

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**İŞ MAKİNELERİ LASTİKLERİNDE NİTROJEN GAZININ  
KULLANILMASI VERİMLİĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HALUK RİFAT KARATAŞ**

**BALIKESİR, MART - 2014**

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**İŞ MAKİNESİ LASTİKLERİNDE NİTROJEN GAZININ**  
**KULLANILMASI VE VERİMLİLİĞİ**

**YÜKSEK LISANS TEZİ**

**HALUK RIFAT KARATAŞ**

**BALIKESİR, MART - 2014**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

**Haluk Rifat KARATAŞ** tarafından hazırlanan “**İŞ MAKİNELERİ LASTİKLERİNDE NİTROJEN GAZININ KULLANILMASI VE VERİMLİĞİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 07.03.2014 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Yrd. Doç.Dr.Hayrettin YÜKSEL

Üye

Yrd. Doç.Dr.Hüray CAN

Üye

Yrd. Doç.Dr. Berna TEKİN



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Cihan ÖZGÜR

.....

## ÖZET

**İŞ MAKİNELERİ LASTİKLERİNDE NİTROJEN GAZININ  
KULLANILMASI VE VERİMLİĞİ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
HALUK RİFAT KARATAŞ  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: YRD.DOÇ.DR. HAYRETTİN YÜKSEL)**

**BALIKESİR, MART - 2014**

Bu çalışmada nitrojen gazının iş makinesi lastiklerinde kullanılabilirliği uygulamalı saha şartlarında incelenmiştir. Tezin birinci bölümünde lastiğin görev ve fonksiyonları, kimyasal özellikleri ve teknik yapısı ikinci bölümde lastiğin ömrü ve çekiş performansını etkileyen faktörler açıklanmıştır. Üçüncü bölümde test materyalleri ve test koşulları anlatılmıştır. Son bölümde test sonuçları çıkartılarak nitrojen gazının pnömatik lastiklerde hava kaçağını önleyici bir etkisinin olup olmadığı, bunun yanında nitrojen gazının pnömatik lastiğin dinamiğinde oluşan ısınmasını önleyip önlemediği konusu araştırılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELER:** pnömatik lastik, nitrojen gazı, hava kaçağı, pnömatik lastiğin ısınması

## **ABSTRACT**

### **THE USE AND EFFICIENCY OF NITROGEN GAS IN EARTH MOVER TYRES**

**MSC THESIS**

**HALUK RİFAT KARATAŞ**

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**MECHANICAL ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: ASSİST.PROF.DR. HAYRETTİN YÜKSEL )**

**BALIKESİR, MARCH 2014**

In this study, usability of nitrogen gas in earth movers' tyres is examined in field conditions. In the first part of the thesis, the functions, the chemical properties and technical structure of the tyre, in the second part, the factors that effect the traction performance of the tyre and the service life of the tyre is explained. In the third part, test materials and test conditions are explained. In the last part, it is examined if nitrogen gas has any effects of preventing air leaks or not in pneumatic tyres. Also it is examined if nitrogen gas can prevent the heating that occurs in tyre dynamic or not.

**KEYWORDS:** Pnömatik tires, nitrogen gas, air leaks, heating of pnömatik tires

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ .....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. LASTİĞİN TANIMI, FONKSİYONLARI VE YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ .....	3
2.1 Lastiğin Tanımı	3
2.2 Lastiğin Görevleri	3
2.3 Lastiğin Kimyasal Yapısı	5
2.3.1 Lastiğin Yapısal Özellikleri .....	5
2.3.2 Lastiğin Hammaddesi (Doğal Kauçuk).....	6
2.4 Lastiğin Fiziksel Yapısı	8
2.4.1 Lastiği Oluşturan Parçalar .....	8
2.4.2 Lastiğin 5 Ana Bölgesinin Fonksiyonları .....	9
2.5 Lastik Çeşitleri	10
2.5.1 Yapılarına Göre Lastik Çeşitleri .....	10
2.5.2 Sırt Desenine Göre Lastik Çeşitleri.....	13
2.5.3 Hava Tutma Biçimine Göre Lastik Çeşitleri.....	16
2.5.4 Araçlara Göre Lastikler .....	17
2.6 Lastiğin Ölçülendirilmesi	18
2.6.1 Lastik Ebadının Okunması ve Anlamı .....	18
2.6.2 Lastik Üzerindeki Diğer Bilgiler ve Lastiğin Üretim Tarihi.....	18
2.6.3 Kamyon, Otobüs ve Traktörlerde Ebat Yazılımları .....	21
2.6.4 Kamyon, Otobüs ve Traktörlerde Ebat Yazılımları .....	22
2.6.5 Lastiğin Yük Taşıma Kapasitesi ve Hız Sınırları.....	22
2.7 Lastik Hız Sembolleri	23
2.8 Lastikte Yük İndeksi	23
3. LASTİK PERFORMANSI VE ÖMRÜNÜ ETKİLEYEN FAKTÖRLER .....	25
3.1 Lastikte Hava Basıncı	25
3.2 Araçlarda Ön Düzen (Mekanik Düzensizlikler) ve Aşınmaya Etkileri	27
3.2.1 Öne Açıklık ( toe-out ) .....	28
3.2.2 Öne Kapalılık ( toe-in ) .....	28
3.2.3 Kaster.....	29
3.2.4 Kamber (Dışa Yatıklık).....	29
3.2.5 Sarkık Akslar:.....	31
3.2.6 Bozuk veya Eskimiş Amortisör: .....	31
3.2.7 Tandem (bağımsız) Tekerlekler .....	32
3.2.8 Eğri Şasiler.....	32
3.2.9 Frenlerdeki Bozukluklar.....	32
3.3 Diğer Faktörler	33
3.3.1 Balans Ayarı.....	33

3.3.2	Hız.....	33
3.3.3	Sert Durma ve Kalkmalar.....	34
3.3.4	Sıcaklık.....	34
3.3.5	Yol Tipi.....	34
3.3.6	Viraj ve Eğim.....	34
3.3.7	Rotasyon.....	35
3.3.8	Diş Derinliği.....	35
3.3.9	Yük Miktarı ve Yükleme Biçimi.....	35
3.3.10	Araç Kullanımına Uygun Lastik ve Jant Seçimi.....	35
3.4	Yoldan Kaynaklanan Hasarlar ve Sebepleri.....	36
3.4.1	Çekme.....	36
3.4.2	Gezme.....	36
3.4.3	Titreşim/ Vibrasyon.....	37
3.4.4	Bir Omuzda Erken Aşınma:.....	37
3.4.5	İki Omuzda Erken Aşınma:.....	38
3.4.6	Taban Merkezinde Çevresel Aşınma:.....	39
3.4.7	Taban Merkezinde ve Sadece Bir Bölgede Aşınma.....	40
3.4.8	Tabanda Çevresel ve Birçok Bölgede Aşınma.....	40
3.4.9	Omuz /Yanak Bölgesinde Şişme (Balon) ve Parçalanma.....	41
3.5	Lastikte Yara Tamiri.....	42
3.6	Lastikte Kaplama Tekniği.....	44
3.6.1	Kaplamanın Güvenliliği ve Gerekliliği.....	44
<b>4.</b>	<b>PNÖMATİK TEKERLEKLERİN MEKANİĞİ.....</b>	<b>46</b>
4.1	Tekerlek Kuvvetleri Ve Momentleri.....	50
4.2	Tekerleklerin Dönme Dirençleri.....	51
4.3	Çekiş (Frenleme) Hareketi ve Boylamsal Kayma (Patinaj).....	62
<b>5.</b>	<b>NİTROJEN GAZININ LASTİK ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN</b>	
	<b>TEORİK AÇIKLAMASI.....</b>	<b>66</b>
<b>6.</b>	<b>TEST MATERYALLERİ VE ÖZELLİKLERİ.....</b>	<b>68</b>
6.1	Lastik.....	68
6.2	Kamyon.....	69
6.3	Lastik Basıncını ve Sıcaklığını İzleme Cihazı.....	69
6.4	Test Çalışma Alanı.....	70
<b>7.</b>	<b>TEST YAPILIŞ YÖNTEMİ.....</b>	<b>73</b>
7.1	Test Kamyonun Belirlenmesi.....	73
7.2	Lastiklere Basınç ve Sıcaklık Okuyucu Sensörlerin Yerleştirilmesi.....	73
7.3	Lastiklerin Kamyona Montajı.....	77
7.4	Kamyonun İşe Verilmesi ve Lastiklerin Basınç Sıcaklık Ölçümünün Yapılması.....	78
7.5	Lastiklerin Hava Kaçaklarının Karşılaştırılması.....	80
7.6	Lastiklerin Sıcaklıklarının Karşılaştırılması.....	82
<b>8.</b>	<b>SONUÇ.....</b>	<b>87</b>
<b>9.</b>	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>89</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1: Lastik üretiminde kullanılan hammaddeler .....	5
Şekil 2.2: 8 atomlu halka şeklindeki kükürt atomu .....	7
Şekil 2.3: Kükürt ile çapraz bağlanmış poli izopren polimeri .....	7
Şekil 2.4: Lastiğin hammaddesi doğal kauçuk ve kimyasal yapısı .....	7
Şekil 2.5: Lastik kesiti .....	9
Şekil 2.6: Lastiğin kısımları .....	10
Şekil 2.7: Konvensiyonel yapı .....	11
Şekil 2.8: Radyal yapı .....	11
Şekil 2.9: Çelik kuşaklarda radyal yapı .....	12
Şekil 2.10: Lastik deseninin sudaki performansı .....	13
Şekil 2.11: Dört mevsim lastik .....	14
Şekil 2.12: Kış lastiği .....	14
Şekil 2.13: Yüksek performans lastikleri .....	15
Şekil 2.14: 4x4 Lastiği .....	16
Şekil 2.15: Tubetype-tubeless lastikler .....	16
Şekil 2.16: Kamyonet minibüs lastikleri .....	17
Şekil 2.17: Otobüs-Kamyon lastikleri .....	17
Şekil 2.18: Traktör ve iş makinesi lastikleri(off the road) .....	17
Şekil 2.19: Lastiğin serisi .....	18
Şekil 2.20: Lastik üzeri bilgiler .....	19
Şekil 2.21: Lastik üzeri ayrıntılı bilgiler .....	20
Şekil 2.22: Lastik üzeri bilgileri (otobüs) .....	21
Şekil 2.23: Lastikte yük taşıma ve hız grafiği .....	22
Şekil 3.1: Az hava .....	26
Şekil 3.2: Fazla hava .....	26
Şekil 3.3: Normal hava .....	27
Şekil 3.4: Öne açıklık .....	28
Şekil 3.5: Öne kapalılık .....	28
Şekil 3.6: Kaster .....	29
Şekil 3.7: Dışa yatıklık .....	30
Şekil 3.8: Sarkık akslar .....	31
Şekil 3.9: Bozuk ve eskimiş amortisörler .....	32
Şekil 3.10: Hız .....	33
Şekil 3.11: Sert durma ve kalkmalar .....	34
Şekil 3.12: Bir omuzda erken aşınma .....	38
Şekil 3.13: İki omuzda erken aşınma .....	38
Şekil 3.14: Aşırı düşük şişirme .....	39
Şekil 3.15: Taban merkezinde çevresel aşınma .....	39
Şekil 3.16: Aşırı yüksek şişirme .....	39
Şekil 3.17: Taban merkezinde ve sadece bir bölgede aşınma .....	40
Şekil 3.18: Taban çevresel ve bir çok bölgede aşınma .....	40
Şekil 3.19: Omuz /Yanak bölgesinde şişme ve parçalanma .....	41
Şekil 3.20: Omuz yanak bölgesinde şişme nedeni .....	41
Şekil 3.21: Omuz/Yanak bölgesinde şişme .....	42
Şekil 3.22: Lastikte tamir edilebilir bölge .....	43



Şekil 3.23: Fitol yamayla tamir edilmesi.....	44
Şekil 3.24: Lastikte kaplama .....	45
Şekil 3.25: Lastikte kaplama .....	45
Şekil 4.1: Lastik yapıları (a)Çapraz yapı (b)Radyal yapı .....	47
Şekil 4.2: Tekerlek eksen sistemi .....	50
Şekil 4.3: Binek araçlarda, çapraz katmanlı ve radyal lastiklerde, .....	53
Şekil 4.4: Belirli bir kondisyona sahip, aynı ölçülerdeki çapraz ve .....	53
Şekil 4.5: İri taneli asfalttan,parlak betona kadar 6 farklı dokuya sahip yol yüzeyi üzerinde tekerlekte görülen dönme direnci karşılaştırması .....	54
Şekil 4.6: Farklı yapılardaki yolların profil yapıları.....	54
Şekil 4.7: Tekerleklere etki eden dönme direncinin şişirme basıncına bağlı olarak değişimi .....	56
Şekil 4.8: Dönme direnç katsayısının, değişik yüzeylerde şişirme basıncı ile değişimi.....	56
Şekil 4.9: Radyal katmanlı, çapraz katmanlı ve çapraz kuşaklı bir tekerlekteki yüzey deformelerine hava basıncının etkisi.....	57
Şekil 4.10: Yüksek hızlardaki duran dalga formu .....	57
Şekil 4.11: Lastik içindeki sıcak havanın,dönme direnç katsayısına etkisi.....	58
Şekil 4.12: Lastik omuz sıcaklığı değişiminin,dönme direnç katsayısına etkisi .....	58
Şekil 4.13: Değişik yüzeylerde,lastik çapının dönme direnç katsayısı üzerindeki etkisi .....	59
Şekil 4.14: Lastikte frenleme ve çekiş gücünün dönme direnç katsayısına etkisi .....	60
Şekil 4.15: Çekiş gücü uygulanmış bir lastiğin davranışı .....	62
Şekil 4.16: Çekiş gücünün boylarlsal kayma ile değişimi .....	64
Şekil 6.1: Testte kullanılan Komatsu 630ES haulpak kamyon.....	69
Şekil 6.2: AVE marka lastik basınç- sıcaklık izleme sensörü .....	70
Şekil 6.3: Eynex panosu genel gösterimi .....	71
Şekil 7.1: Kauçuk yama .....	73
Şekil 7.2: Kauçuk yamaya civata ile bağlanmış sensör .....	74
Şekil 7.3: Sensör yerleştirilecek lastik resmi .....	74
Şekil 7.4: Lastiğin içine civata ile sensör monte edilmiş yama yapıştırılırken.....	75
Şekil 7.5: Lastiğin jantı, montaja hazırlanırken.....	75
Şekil 7.6: Jant çemberi montaja hazırlanırken.....	76
Şekil 7.7: Lastik montajı yapılırken.....	76
Şekil 7.8: Lastiğe nitrojen gazı basılırken .....	77
Şekil 7.9: Lastiklerin kamyon üzerinde dağılımı.....	78
Şekil 7.10: Lastik basınç ve sıcaklık ölçüm sonuçları.....	79
Şekil 7.11: 1 ve 2 no'lu lastiklerin basınç değişim grafiği .....	81
Şekil 7.12: 4 ve 5 no'lu lastiklerin basınç değişim grafiği .....	81
Şekil 7.13: 3 ve 6 no'lu lastiklerin basınç değişim grafiği .....	82
Şekil 7.14: 1 ve 2 no'lu lastiklerin sıcaklık değişimi .....	83
Şekil 7.15: 3 ve 6 no'lu lastiklerin sıcaklık değişimi .....	84
Şekil 7.16: 4 ve 5 no'lu lastiklerin sıcaklık değişimi .....	85

## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Tablo 2.1:</b> Lastiklerde hız sembolleri.....	23
<b>Tablo 2.2:</b> Lastik yük indeksleri.....	24
<b>Tablo 4.1:</b> Dönme direnç katsayısı.....	61
<b>Tablo 5.1:</b> Deniz seviyesindeki havanın bileşeni .....	66
<b>Tablo 6.1:</b> Testte kullanılan lastiklerin teknik özellikleri .....	68
<b>Tablo 6.2:</b> Eynez sahası TKPH hesaplaması.....	72

## ÖNSÖZ

Bu çalışmam boyunca bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen ve bu çalışmanın planlanması, yürütülmesi ve değerlendirmesi aşamalarında yakın ilgi ve desteklerini gördüğüm danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Hayrettin YÜKSEL'e teşekkür ederim.

Sağladığı olanaklarla bu çalışmada en büyük paya sahip, şu an gurula çalışmakta olduğum Türkiye Kömür İşletmelerine bağlı Ege Linyitleri İşletmesine, bize sağladığı özgür çalışma ortamıyla her zaman bir ileriye işaret eden Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü yönetiminde bulunan Müessese Müdürümüz Hakkı DURAN'a, Müdür Yardımcımız Ali ULU'ya, Şube Müdürüm Şevki AKTUN'a ve Baş Mühendisim Hüseyin ORDUKAYA'ya teşekkür ederim.

Bedensel ve fikirsal gücüyle bu çalışmada büyük emeği olan çalışma arkadaşlarım Makine Teknikeri Hüseyin ÇİFTÇİ'ye ve Lastik Tamir Bakım Usta Hasan KALKAN'a teşekkür ederim.

Tez çalışması süresince sabırla bilgi aktaran kamyon şoförleri Kasım ATILGAN ve Muhsin BELLİ'ye teşekkür ederim.

Bu tezin yazımı konusunda büyük yardımları dokunan Bilgisayar Operatörleri Faik Özmen, Sebla ŞAHİN, Emine Kıyak, Derya BAŞAR AYDIN ve Funda DUMAN'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca doğrunun peşinden koşmam gerektiğini öğreten ilk öğretmenin Annem ve Babama çok teşekkür ederim.

Ayrıca, oldukça yoğun bir çalışma temposu içerisinde gerçekleştirilen bu tez çalışması süresince bana desteklerini esirgemeyen çok sevgili Eşim ve Kızlarıma çok teşekkür ederim.

Haluk Rifat KARATAŞ

# 1. GİRİŞ

Uygarlığın ve teknolojinin gelişimine bağlı olarak inşaat ve madencilik sektörü büyük önem kazanmış ve büyümüştür. Bu iki sektörün büyümesi ve gelişmesi makineleşmenin gelişimine bağlı olmakla ülkemizde de genel yatırımların %50'sini inşaat alanındaki yatırımlar oluşturmaktadır. Sektörün sağladığı iş imkânı, iş gücü sayısı ve ekonomide yarattığı katma değer göz önüne alındığında, Türk ekonomisinin lokomotif sektörü olarak değerlendirilmektedir. İş makineleri ise bu sektörde büyük öneme sahiptir, genel inşaat, tarım, ormancılık, madencilik, ağır imalat, taş/kum ve mermer işleri, katı atık gibi birçok iş kolunda kullanılan iş makineleri, ülkemizin imarı ve gelişmesinde önemli bir rol oynamaktadır. İş makineleri, çoğunlukla açık arazide yapı, madencilik, tünel, çevre düzenleme ve ormancılık sektörlerinde değerlendirilmekte, özellikle kazma, itme, koparma, kaldırma, taşıma, düzeltme, sıkıştırma, yükleme, delme yapabilen araçlardan oluşmaktadır. İnşaat projelerinin uygulanmasında ilk aşama toprağın yerinden alınması, nakledilmesi ve arazinin düzenlenmesi işlemleri içermektedir. Bu aşamada geniş ölçüde hafriyat ekipmanı olarak hidrolik, havalı deliciler, dozer, greyder, tünel makineleri gibi araçlar iş makineleri içerisinde en yaygın kullanılanlar arasında yer almakta, taşımada ise kamyon, skreyper ve yükleyiciler kullanılmaktadır.

İş makinelerinde gerçekleşen yenilikler, sektörün gelişmesine doğrudan etkilemekte meydana gelen verimlilik artışları sektörün verimliliğine yansımaktadır. Teknolojik gelişmeler, iş makinelerinin komponentlerini motor, şanzıman, lastik vb. değiştirmekte, gerçekleşen verim artışları bu komponentlerin üzerinden olmaktadır. Değişen ve geliştirilen komponentlerle iş makineleri her geçen gün daha az yakıt yakan, daha fazla yük taşıyan, daha hızlı çalışan makineler haline getirilmiştir. Lastikler de bu gelişimden payını almış önemli komponentlerden biridir. Bu grupta kullanılan lastikler “Yol Dışı Lastikler” olarak tanımlanmaktadır.

Lastikler bir iş makinesinin en önemli parçalarından birisidir. Gelişen teknoloji iş makinelerini gelişmeler makineleri daha güçlü ve daha hızlı yapmıştır. Taşınan yüklerin ve hızlarının artması ancak ve ancak lastiklerin gelişmesine bağlı kalmıştır. Çünkü yükü taşıyan ve hızı ortaya çıkaran lastiklerdir.

Lastiklerin anlık yükü taşıması ve anlık hız artışları çok önemli değildir, önemli olan taşıdıkları ağır yüklere ve yüksek hızlara dayanıklı olmaları ve ömürlerinin uzun olmasıdır. Bu tip büyük lastiklerde tedarikçi sayısının az olması (Dünyada 2 adet büyük çaplı radyal lastik üreticisi vardır. Bridgestone ve Michelin) tedarikçileri tekel durumuna getirmiştir. Bu durum lastik maliyetlerini yükseltmektedir. Firmaları bu itibarla artan maliyetler bakımından arayışlara yönelmektedir.

Bu çalışma lastiklerin ömür artışını desteklemek amacıyla yapılmıştır. Lastik ömrünü etkileyen en önemli faktörlerden biri lastik içindeki havanın aynı ve ideal basınçta kalmasıdır. Lastik içindeki basıncın eksik veya fazla lastik ömrünü düşürmektedir. Aşırı basınç, lastiğin dış etkilere karşı dayanımını zayıflatır ve lastik dayanım katlarının kırılmasına neden olabilir. Düşük basınç ise lastiğin aşırı ısınmasına ve ömrünün kısılmasına neden olur. Ayrıca, uygun olmayan lastik basıncında çalışılması, iş makinesinin çeki verimini olumsuz yönde etkilemektedir. Fiili ortamda yaptığımız bu tez çalışmasında nitrojen gazı basılan lastik ile normal hava basılan lastik arasındaki hava kaçağı oranının karşılaştırılması yapılacaktır. Yapılan test sonucunda nitrojen gazının lastikte jant kenarlarından ve sübap da meydana gelen gaz kaçaklarından dolayı basınç düşmesinin engelleyici bir etkisinin olup olmadığı ve ayrıca lastik içerisindeki nitrojen gazının lastik ısınmasına olan etkisi test edilecektir.

## **2. LASTİĞİN TANIMI, FONKSİYONLARI VE YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Otomobilin yolla temasını sağlayana tek unsur olan lastiklerin önemi göz ardı edilmeyecek kadar büyüktür. Bu nedenledir ki sürüş güvenliği açısından lastikler hayati önem taşımaktadır. Yanlış basınç uygulanmış bir lastik kötü yol tutuşuna ve fren mesafesinin uzamasına neden olacağı gibi, balans bozukluğu bulunan bir lastikte dinamik yol koşullarında yolla olan teması azaltıp hayati tehlikeye neden olabilmektedir.

### **2.1 Lastiğin Tanımı**

İnsan, yük vb. şeyleri taşımak için yolla araç arasına yerleştirilmiş, içinde belirli basınçta hava bulunan esnek bir muhafızdır. Genellikle içinde taşıdığı hava ile yere sürtünerek motorlu ya da motorsuz kara (hava araçları için kalkışta ve inişte) aracının ilk hareketini başlatıp, hızlandırarak ve durmasını sağlar. Lastik; kauçuk, kord bezi ve çelik teller ile çeşitli kimyasal maddelerin birleşiminden oluşan ve aracın yer ile temasını sağlayan tek ve önemli parçasıdır. Amerikalılar lastiği “hava yastığı” olarak adlandırmışlar ve lastik, genel anlamda bir “Hava Muhafazası”dır şeklinde tanımlanmıştır.

### **2.2 Lastiğin Görevleri**

Lastiğin ana görevleri genel olarak şöyledir;

- Yük taşıma kapasitesi
- Esneme kabiliyeti
- Güç aktarımı
- Direksiyon hakimiyeti
- Yola tutunma kabiliyeti

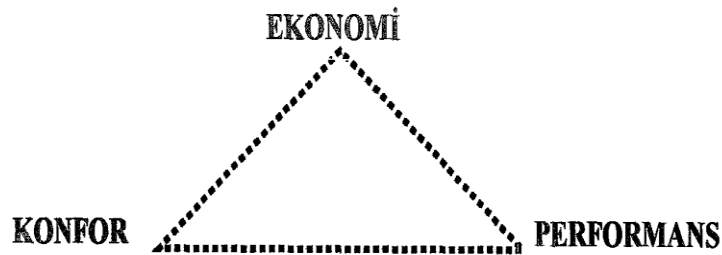
Lastikler, araçların ve yükün ağırlığını taşır ve motorun yarattığı döndürme momentini yola aktararak çekiş kuvvetine dönüştürmektedir. Darbeleri emerek konfora katkıda bulunur. Yavaşlamalarda fren gücünü, viraj dönüşlerindeyse direksiyon kontrolüne gerekli olan yanal kuvveti üretir. Ayrıca kendine özgü darbe emici emiş özellikleri sayesinde sürüşten ve zemin bozukluklarından meydana gelen kuvveti absorbe eder. Yol kaplamasının türü (asfalt, toprak, şose) ve yolun durumu (yağmur, çamur, kar, buz) ne olursa olsun, lastiğin görevi güvenli şekilde yol tutuşu sağlamaktır. Bu özellikler lastiğin tüm ömrü boyunca sabit kalmalıdır. Aynı zamanda lastiğin uzun ömürlü ve emniyetli olması da gerekir.

Sayıdığımız bu ana ölçütlerden başka, gelişen araç teknolojisine paralel olarak diğer bazı hususlar da beklenmektedir. Bunlar;

- Yakıt tasarrufu
- Sessiz çalışma
- Dış açılabilme, tamir edilebilme ve kaplanabilme
- Yüksek süratlere dayanma ve konfordur.

Bilinçli araç kullanıcısı, bir lastikten güvenlik ve konforu yanından başka özellikler de aramaktadır. Modern bir lastiğin daha az titreşim ve gürültü üretmesi, düşük yuvarlanma direncine sahip olması, dolayısıyla daha az yakıt tüketmesi istenmektedir.

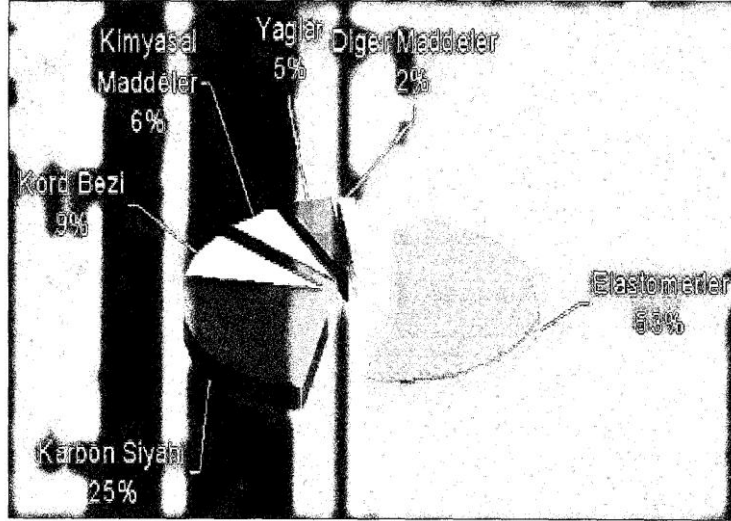
Yukarıda saydığımız tüm bu özelliklerin hepsini aynı andan lastiğin bünyesinde bulundurması hemen hemen imkansız olup, bu özelliklerinden biri sağlanırken diğerlerinden taviz verilmektedir. Konfor, performans, ekonomi üçgeninde hangi özelliğe yaklaşırsanız diğerleri doğal olarak azalacaktır.



## 2.3 Lastiğin Kimyasal Yapısı

Tekerleğin Sümerler tarafından icadından bugüne dek 5000 yıldan fazla zaman geçmiştir. Bugün kullandığımız “lastik tekerleğin” hammaddesi olan kauçuk 19.yy sonundan itibaren kullanılmaya başlanılmıştır. Kullanımı ve geliştirilmesi 20.yy’ da en üst düzeyine ulaşmış ve devamlı olarak gelişmektedir.

Lastik kompleks bir ürün olup, esnek (doğal ve yapay kauçuklar), kuvvetlendirici (iş karası), bağlayıcı (reçine), yumuşatıcı, pişirici (kükürt), hızlandırıcı ve yavaşlatıcı, antioksidan ve antiozonant maddelerle kort bezleri (tekstil veya çelik) ve son olarak çelik teller’ den (damak) oluşmaktadır(şekil2.1).



Şekil 2.1: Lastik üretiminde kullanılan hammaddeler

### 2.3.1 Lastiğin Yapısal Özellikleri

Tekerlek lastiklerinin yapılarında, yüksek mukavemeti karşılamak üzere naylon, rayon, polyester gibi elyaf esas kordlarla, çelik kordlar bulunmaktadır. Topuk dayanımları ise çelik teller yardımıyla sağlanır. Birbirinden farklı karakterdeki bu elemanların bir arada tutulması ve hizmet anında zeminle temasın güvenle sağlanmasıyla, yanaklardaki esneme kabiliyetinin verilmesi görevini lastik karışımı üstlenmektedir. Lastik karışımını doğal ve sentetik kauçuklarla, ana dolgu olarak karbon karaları oluşturur. Bunlara ilave olarak vulkanizasyon elemanları



bulunmaktadır. Karışımın işlenmesi ve homojenliği için kimyasal yağlar kullanılmaktadır.

### **2.3.2 Lastiğin Hammaddesi (Doğal Kauçuk)**

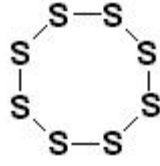
Lastiğin imal sürecinde rol oynayan ana maddeler doğal ve sentetik kauçuktur.

İleri teknoloji geldiği en son noktada bilgisayar destekli tasarım ve üretimin yanında, doğadan elde edilen doğal kauçuğu, lastiğin vazgeçilmez hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Yeri sentetik kauçuk ile doldurulamayan doğal kauçuk, günümüzde halen tropik ormanlarda yetişen özel ağaçların gövdelerinin çizilerek, ağaçların gövdesinden damlalar halinde süzülen sıvılardan (Latex) elde edilmektedir.

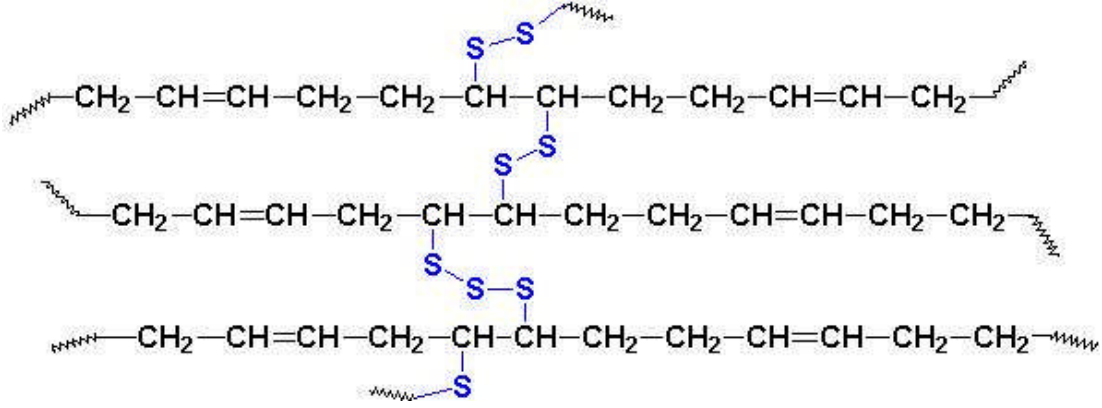
Tabii kauçuğun formülü 1826 yılında Faraday tarafından bulunmuştur. Tabii kauçuğun kimyasal adı cis 1-4 poli izoprenidir. Aşağıdaki molekül formülünde n, bu monomerin (cis 1-4 izopren) defalarca tekrarlandığını ifade eder. Tabii kauçukta bu monomer en az binlerce kez tekrarlanmaktadır.

Tabii kauçuk oldukça düzenli ve % 99 cis yapısında olduğu için yüksek derecede kristallenme özelliğine sahiptir. Yani çok kolaylıkla sertleşir. Yüksek derecede kristallenme özelliğinden dolayı karbon atomlarının hareketi sınırlanmıştır. Bu nedenle kauçuk moleküllerinin mekanik ve kimyasal olarak parçalanmaları gerekir.

Molekül yapısında içerdiği çift bağ ve metil grupları sebebiyle molekül oldukça aktiftir. Aktif çift bağların reaksiyona girme özellikleri oldukça fazladır. Örneğin, kolaylıkla kükürt ile vulkanize olur. Daha önce ifade edildiği gibi vulkanizasyonu ilk defa bulan Charles Good Year'dır. Tabii kauçuk ile kükürdü karıştırıp ısıtığında tabii kauçuğun fiziksel ve kimyasal birçok özelliğinde iyileşmeler olduğunu görmüştür. Kükürt ile yapılan vulkanizasyonda 8 atomlu halka şeklinde olan kükürt molekülü açılır. Kükürt atomları poliisopren zincirlerini birbirlerine bağlar ve çapraz bağlanma gerçekleşmiş olur.

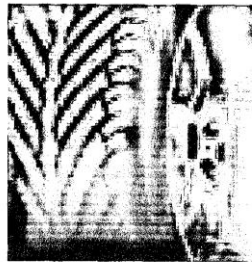
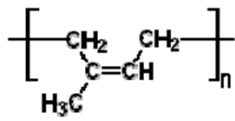
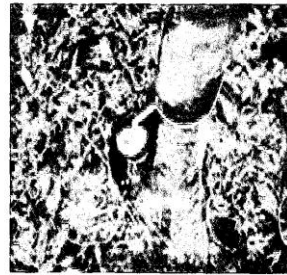


Şekil 2.2 8 atomlu halka şeklindeki kükürt atomu



Şekil 2.3 Kükürt ile çapraz bağlanmış poli izopren polimeri

Doğadan elde edilen bu hammadde uzun işlemlerden sonra araçların altındaki üstün teknolojinin ürünü lastik olarak kullanıma sunulmaktadır.



Şekil 2.4: Lastiğin hammaddesi doğal kauçuk ve kimyasal yapısı

## 2.4 Lastiğin Fiziksel Yapısı

### 2.4.1 Lastiği Oluşturan Parçalar

**Sırt:** Lastiğin yolla temasını sağlayan en üst bölümdür.üzerindeki desen kullanım amacını göstermektedir. Desendeki oluklar yağmur suyunu deşarj etmeye yarar.zemine temas eden dolu bloklarsa çekiş ve fren gücünü ileterek,yanal kuvveti üretmektedir.

**Omuz:** Sırt ile yanağın birleştiği ve kalın kauçuktan yapılmış bölgedir.

**Yanak:** Lastiğin topuk ve omuz bölgesi arasında kalan bölgesidir. Direksiyon kontrol karakteristiğini, taşıma ve konfor estetiğini belirlemektedir. Lastiğe esneklik sağlar,üzerinde markalama ve tanıtıcı bilgiler bulunmaktadır.

**Topuk (damak ):** Lastiğin janta temas eden ve sıkıca bağlanmasını sağlayan bölgesidir.

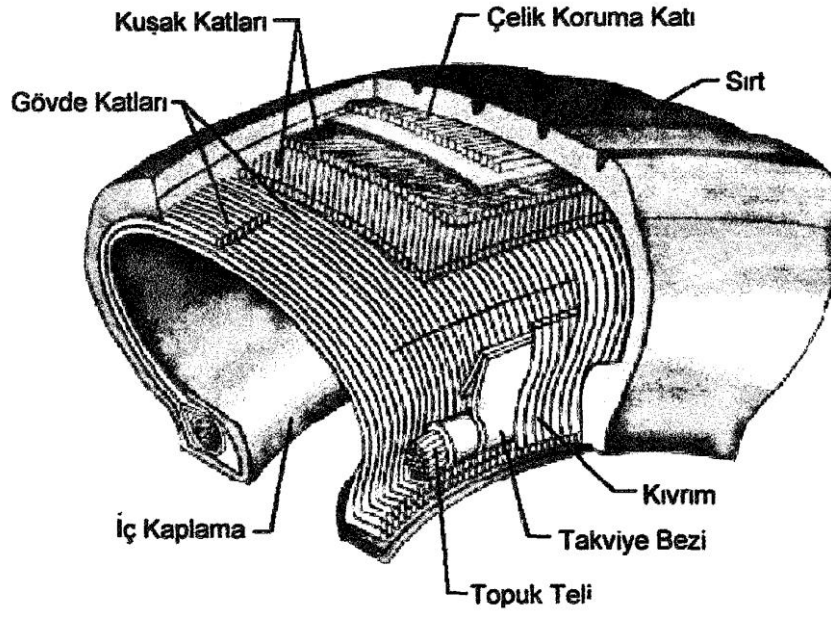
**Damak teli:** Lastiğin jantın etrafında tutan bölgedir. Gerilmeye dayanıklı, uzamayan çelik tellerden üretilmektedir.

**Ceyfir:** Damak telinin dış kısmına yerleştirilir. Karkas yapının jant tarafından aşındırılmasını ve tahrip edilmesini engelleyerek jant ucu üzerinde gerekli olan esnekliği sağlamaktadır.

**Karkas yapı:** Lastiğin alt ucundaki bir damak telinden diğerine uzayan destek bölümüdür. Damak telinin etrafını dolaşarak lastiğe bağlanmaktadır. Polyester kord bezinden üretilen karkas yapıda uzunlamasına lifler yükü taşıırken, yatay lifler de yapıyı bir arada tutmaktadır.

**Kuşaklar:** Lastiğin sırt deseninin altında uzanan dar katmanlara kuşak adı verilmektedir. Çelik ve bez olmak üzere ikiye ayrılan kuşaklar karkas yapıyı sıkıştırır.

**Astar:** Lastiğin iç yüzeyindeki ince bir kauçuk katmanı olan astar hava sızdırmazlığını sağlar. Lastiğin içine sıkıştırılmış basınçlı havanın dışarı kaçmasını önlemektedir.



Şekil 2.5: Lastik kesiti

#### 2.4.2 Lastiğin 5 Ana Bölgesinin Fonksiyonları

##### **Sırt**

- Uzun ömür ( km ) , darbelere karşı dayanıklılık
- Konfor
- Sürüş ( yere tutunma ) ve fren emniyeti
- Soğutma ( ventilasyon )

##### **Omuz**

- Viraj emniyeti

##### **Yanak**

- Süspansiyon, esneklik
- Yanaktan gelecek darbelere dayanıklılık

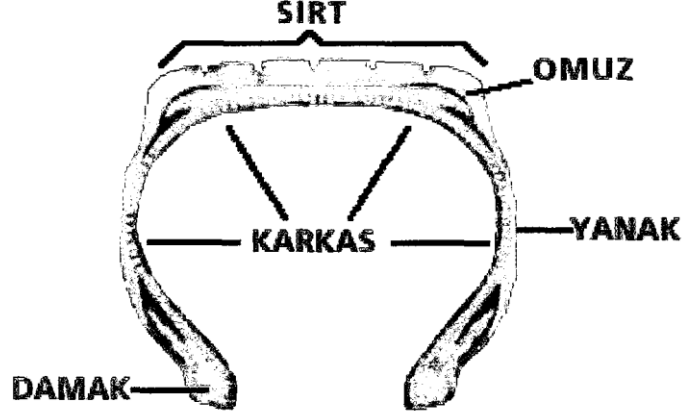
##### **Damak**

- Lastiğin janta tam olarak oturmasını sağlamak

##### **Karkas**

- Diğer bütün parçaları üstünde taşımak
- Basınçlı havayı tutmak

- Darbelere mukavemet
- Yumuşaklık ( flexible ) , esnek olmamak ( no – elastik )



Şekil 2.6: Lastiğin kısımları

## 2.5 Lastik Çeşitleri

Lastikler yapılarına ( kauçuk karışımlarına ),taban desenlerine hava tutma biçimlerine ve kullanım amaçlarına göre sınıflara ayrılır.

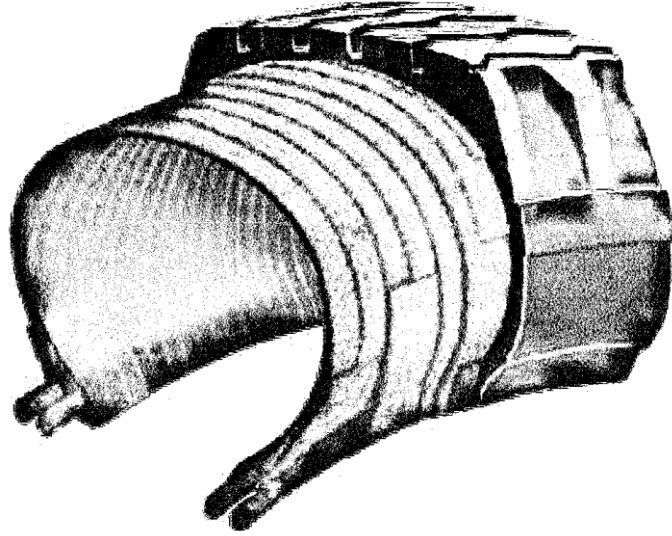
### 2.5.1 Yapılarına Göre Lastik Çeşitleri

Lastiğin karkas yapısında kullanılan kord bezinin geometrisi lastiğin konvansiyonel veya radyal yapıda olmasını belirlemektedir.

#### 2.5.1.1 Diyagonal ( Çapraz Katlı ) Lastikler

Lastik teknolojisinin başlangıcında kullanılan ilk gövde yapısıdır. Diyagonal lastiklerde, lastiğin yapısını meydana getiren kord bezleri 30–40 derecelik açılarda, üst üste ve çapraz biçimde yerleştirilir. Bu nedenle diyagonal lastikler çapraz katlı lastikler olarak da adlandırılır. Ölçü tanımında “-” veya “D” ile belirtilir. Son yıllarda

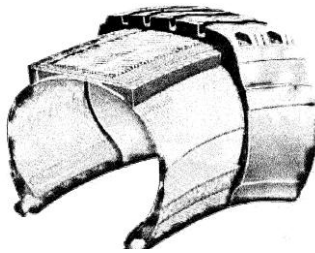
otomatik lastik teknolojisindeki gelişmeler diyagonal lastiklerin terk edilip radyal lastiklerin kullanılmasına yol açmıştır.



Şekil 2.7: Konvensiyonel yapı

### 2.5.1.2 Radyal Lastikler

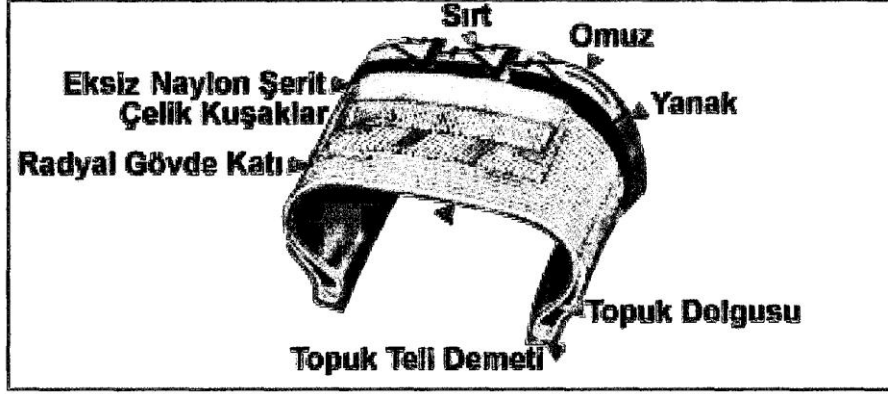
Değişen ve gelişen otomotiv sektörünün, gereksinimlerini karşılamak üzere geliştirilen bir yapıdır. Bu lastiklerde görev yapısı, üstün özellikli rayon, naylon, polyester gibi tekstil esaslı kordların lastiğin dönüş yönüne 90 derecelik açı yapacak şekilde yerleştirilmeleri sonucu oluşan kuşaklarda, belirli açıda çelik kord kuşak katlarının tatbik edilmesi sonucu oluşan yapıdır. Aynı zamanda radyal yapı, sadece tekstil esaslı ve lastiğin dönüş yönüne göre sıfır derece ve belirli açıdaki kordlardan oluşan kuşakların tatbik edilmesiyle de oluşabilir. Ölçü tanımında “R” harfi ile belirtilmektedir.



Şekil 2.8: Radyal yapı

### 2.5.1.3 Çelik ve Bez Kuşaklar

İki tür kuşak bulunur. Birincisi bez dokumadan üretilen ‘tahrik’, diğeri ise tellerden üretilen ‘çelik’ kuşaktır. Çelik kuşağın daha dayanıklı, daha emniyetli ve yüksek hızlarda daha iyi uyum sağlaması, lastik üreticilerinin bu tür lastik üretimine yönelmesine neden olmuştur.



Şekil 2.9: Çelik kuşaklarda radyal yapı

### 2.5.1.4 Radyal Lastiklerin Avantajları

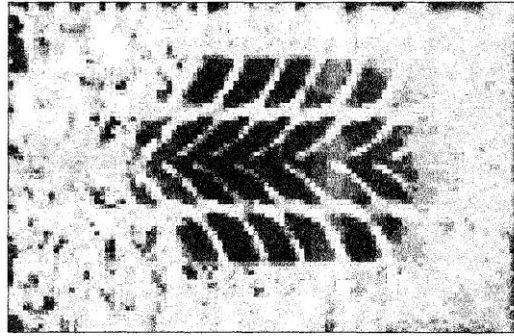
Radyal lastiklerin konvansiyon lastiklere göre en önemli avantajları daha esnek olmaları ve daha az ısınıp daha kolay soğumalarıdır. Bunun dışında radyal lastiklerin yerde bıraktığı taban izi çapraz lastiklerinkinden daha geniştir. Bu avantaj radyal lastiklerin konvansiyonel lastiklere oranla yüzde 20 daha iyi yol tutmasını sağlar. Yola temas eden bölümün daha fazla oluşu nedeniyle çekiş gücü ve fren güvenliği daha yüksektir. Radyal lastiklerde taban sert, yanaklar yumuşaktır; bu da lastiğin yola temas eden bölümünün sürekli olarak aynı genişlikte kalmasını sağlamaktadır. Radyal lastiklerin kat ve sırt ayrılmaları da daha dayanıklıdır. Bu ise yola tutunum başarısını arttırmaktadır.

## 2.5.2 Sırt Desenine Göre Lastik Çeşitleri

Farklı amaçlara hizmet etmek için farklı yapıda, desenlerde ve kauçuk çeşitlerine sahip lastikler üretilmektedir. Otomobil lastiklerini desenlerine göre 5 grupta inceleyebiliriz.

### 2.5.2.1 Standart Lastikler

Standart desenli lastik kuru ve ıslak zeminde iyi çekiş gücüne sahiptir. Çok iyi tasarlanmış yağmur kanallı sırt desenleriyle yeterli antiaquaplaning (suda kızaklamaya karşı hızlı su deşarjı) özelliğine sahiptirler. Bu özellikleri ile de güvenli viraj alma kabiliyetlerine sahip olması istenir. Bunun yanında standart lastiklerin sesiz ve konforlu olması ve düşük yuvarlanma direncine sahip olması gerekmektedir.



Şekil 2.10: Lastik deseninin sudaki performansı

### 2.5.2.2 Dört Mevsim Lastikler

Dört mevsim lastiklerin desenleri ise, ıslak, kuru, karlı, çamurlu zeminlerde güvenli kullanım, frenleme ve yeterli çekiş gücü sağlamak üzere tasarlanır. Her türlü şartta ve zeminde kullanıma uygun olsa da standart lastikler kadar sessiz, kış lastikleri kadar da karda tutucu olamaz.





Şekil 2.11: Dört mevsim lastik

### 2.5.2.3 Kış Lastikleri

Kışın, uzun ve şiddetli olduğu, yolların uzun süre kar ve buzla kaplı olduğu bölgelerde kış lastikleri kullanılmalıdır. Deseniyle olduğu kadar soğuğa dayanıklı kauçuk karışımlarıyla da kar ve buz gibi kaygan koşullarda maksimum çekiş ve fren gücünü zemine itebilen kış lastikleri silika teknolojisiyle üretilmektedir. Bu teknoloji de lastiğin tutunma özelliğini arttırmaktadır. Kış lastiklerinde hız serileri standart lastiklere oranla düşüktür. Otomobilin son sürati yüksek olsa bile lastiğin hız serisi aşılmamalıdır.



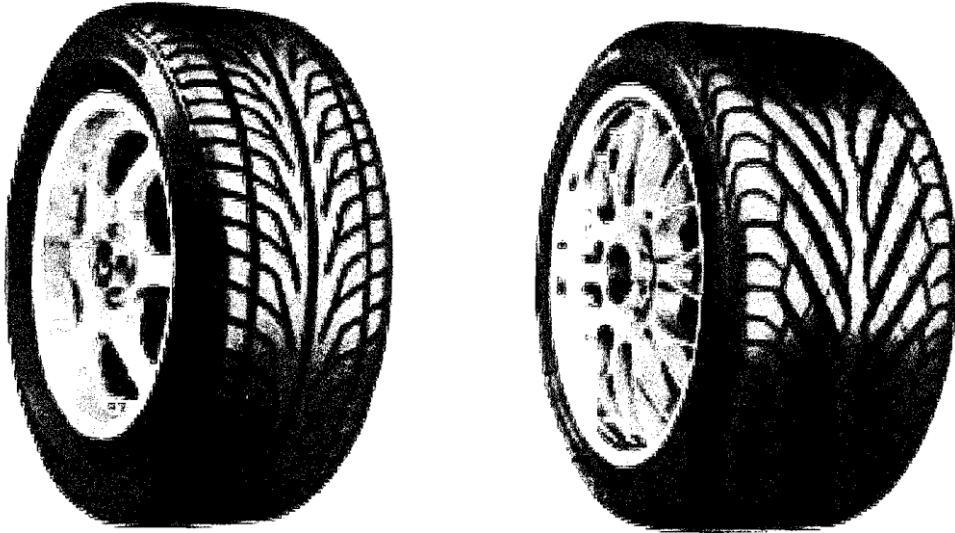
Şekil 2.12: Kış lastiği

Modern ve geniş kesitli yaz lastikleri ıslak zeminde iyi performans göstermekle birlikte “soğuk” iklim koşulları gerçek kış lastikleri kullanılmalıdır. Kış lastiklerinin tercih edilmesi için yolun kaygan olması, ya da yağış türü tek kıstas

olarak alınmalıdır. Kış lastikleri, yaz lastiklerinden farklı bir sırt kauçuk karışımına sahiptirler. 10 C sıcaklığa inildiği andan itibaren yaz lastikleri elastik yapısını kaybetmeye başlar. Sıcaklık düştükçe yaz lastiklerinin yola tutunma özelliğide azalır. Bunun tam tersi olarak kış lastikleri azalan sıcaklıkla birlikte yola daha iyi tutunmaya başlarlar. Bu sebeple de yaz lastiklerine göre kuru yol koşullarında dahi avantajlıdır.

#### 2.5.2.4 Yüksek Performans Lastikleri

Yüksek motor gücüne sahip otomobiller, bu yüksek gücü yere aktarabilmek ve yüksek süratlere çıkabilmek için performans lastiklerine ihtiyaç duyar. Bu tür lastikler V,W,Z gibi daha yüksek hız serisine sahip lastikler. Yüzde 55 veya yüzde 35 gibi basıklık oralarında (alçak profile) sahip yüksek performans lastikleri, yola daha iyi tutunmayı sağlayan özel kauçuk karışımlarına sahiptir. Geniş tabanlı yüksek performans kuru ve ıslak zeminde iyi yol tutması, iyi yol tutması, iyi viraj alması gerekir. Yüksek performans lastiklerinin ömrüyse, standart lastiklere göre (kullanıma bağlı olarak) yüzde 20 daha kısadır.



Şekil 2.13: Yüksek performans lastikleri

### 2.5.2.5 4x4 astikleri

Bu lastiklerin adından da anlaşıldığı gibi 4x4 diye adlandırılan dört çekeli araçlar için özel olarak üretilmektedir. Desenler çok bozuk ve yüksek eğimli zeminlere göredir.

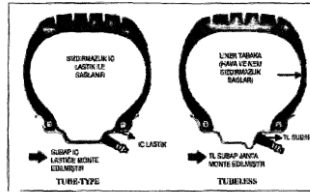


Şekil 2.14: 4x4 Lastiği

### 2.5.3 Hava Tutma Biçimine Göre Lastik Çeşitleri

Araçlarda yüke karşılık gelen tepki kuvvetini karşılayan lastiklerde jant arasına sıkıştırılan hava basıncıdır. Lastikler sadece hava basıncının sıkıştırıldığı kılıflardır. Sıkıştırılmış hava basıncının tutulması, iç lastiklere veya dış lastiklerin iç kısmına tatbik edilen ve sızdırmazlık sağlayan liner tabaka yardımıyla sağlanır.

- İç lastikler(tube-type):İç lastikli kullanılan dış lastiklere Tube type denir.
- İç lastiksizler (tubeless): İç lastiksiz kullanılan dış lastiklere Tubeless lastik denir.



Şekil 2.15: Tubetype-tubeless lastikler

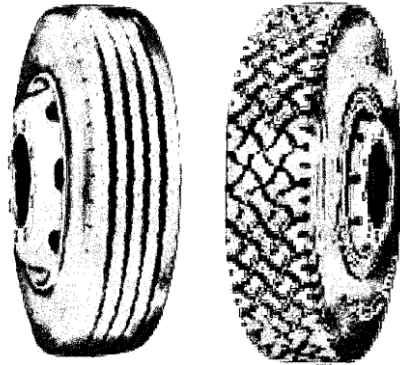
#### 2.5.4 Araçlara Göre Lastikler

Araçlara göre lastik çeşitlerini 4 grupta inceleyebiliriz:

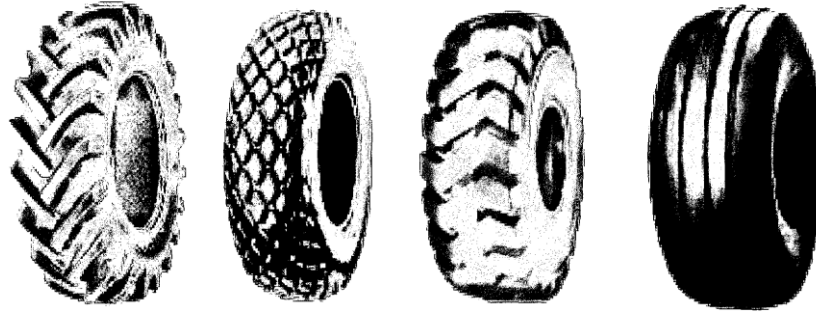
- Binek araç lastikleri
- Kamyonet minibüs lastikleri
- Otobüs ve Kamyon lastikleri
- Traktör ve İş makineleri (yol dışı )



Şekil 2.16: Kamyonet minibüs lastikleri



Şekil 2.17: Otobüs-Kamyon lastikleri

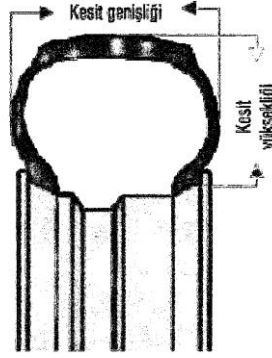


Şekil 2.18: Traktör ve iş makinesi lastikleri(off the road)

## 2.6 Lastiğin Ölçülendirilmesi

### 2.6.1 Lastik Ebadının Okunması ve Anlamı

Lastiğin yanağında, üretim tarihinden kauçuk karışımının cinsine kadar pek çok bilgi bulunmaktadır. Örneğin, yanağında 175 / 70 R 13 82T B330 TL yazan bir lastikte ki rakamlar sırasıyla milimetre cinsinden lastiğin kesit genişliğini, balonluk, yüzde olarak lastiğin profilini büyük harfler lastiğin gövde yapısını daha sonra gelen rakam inç cinsinden jantın çapını son rakam yük endeksini son harf hız sembolünü ifade etmektedir. B330 lastiğe üretici tarafından verilmiş özel desen kodunu; TL ise lastiğin tubeless yanı iç lastiksiz olduğunu belirtmektedir.



Şekil 2.19: Lastiğin serisi

- 175 : Kesit genişliği (mm)
- 70 : Lastiğin serisi (Lastik kesit yüksekliğinin genişliğine %'si )
- R : Lastik gövde yapısı
- 13 : Jant çapı ( inç (1 inç=2.54 mm) )
- 82 : Yük endeksi
- T : Hız limiti
- B330 : Lastiğe üretici tarafından verilmiş özel desen kodu
- TL :Tubeless

### 2.6.2 Lastik Üzerindeki Diğer Bilgiler ve Lastiğin Üretim Tarihi

Yukarıda saydığımız bilgilere ilave olarak lastik üzerinde bulunan diğer önemli bilgilere örnek olarak;

P: Passenger = yolcu anlamına gelen kelimenin baş harfi olup bu tip lastikler binek otoları içindir.

C: Commercial = Ticari kelimesinin baş harfi olup ticari iş yapan kamyonet ve minibüs lastikleridir.

M+S: Çamur ve Kar kelimeleri olan Mud and Snow'un baş harflerinden oluşmuştur ve "Kar Lastikleri" demektir.

Ayrıca, her zaman kullanabilen ve üzerlerinde All Season (Her Mevsim) ve ya All Weather (Her Hava) yazan Dört Mevsim lastikleri de vardır.



Şekil 2.20: Lastik üzeri bilgiler

Lastikler de üretim tarihi ise;

DOT XJ J3 XJXX 208 ifadesinde

DOT : Amerika Birleşik devletleri ve Kanada onay sembolü

XJ : Lastiği üreten firma ve üretildiği fabrika kodu

J3 : Lastik ölçüsünü belirten kod

XJXX : Lastik belirten kod

208 :Üretim tarihi, lastiğin 1998'in 20.haftasında üretildiğini göstermektedir.

2000'li yıllarda dot işaretlenmesi:

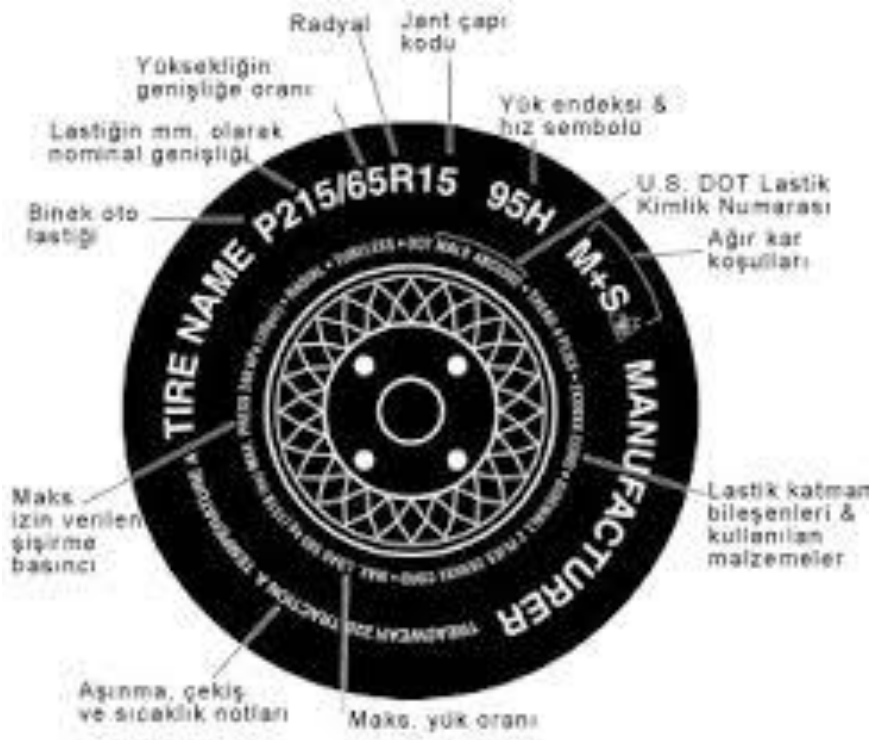
2000 yılından itibaren DOT numaralarında dört haneli bir sisteme geçilmektedir. Son iki hane içinde bulunan rakamlar üretim yılını, ilk iki hanede yer alan rakamlar ise üretim haftasını göstermektedir.

Örnek:

0100 = 01. Hafta 2000

1601 = 16. Hafta 2001

0303 = 03. Hafta 2003



Şekil 2.21: Lastik üzeri ayrıntılı bilgiler

### 2.6.3 Kamyon, Otobüs ve Traktörlerde Ebat Yazılımları

12 R 22.5 152/148 M M711 TL

A B C D E F G

- A. BALONLUK : (KESİT GENİŞLİĞİ), İNÇ Normal basınçla şişirilmiş ve 24 saat bekletilmiş bir lastiğin, şekil ve yazılar hariç olmak üzere, yanakları arasındaki dıştan dışa uzaklığıdır.
- B. RADIAL YAPI
- C. JANT YAPI (inç cinsinden)
- D. YÜK ENDEKSİ (TEK/ÇİFT LASTİK BAŞINA DÜŞEN YÜK)
- E. HIZ ENDEKSİ
- F. TİCARİ DESEN ADI
- G. TL (İç lastiksiz, tubeless)



Şekil 2.22: Lastik üzeri bilgileri (otobüs)



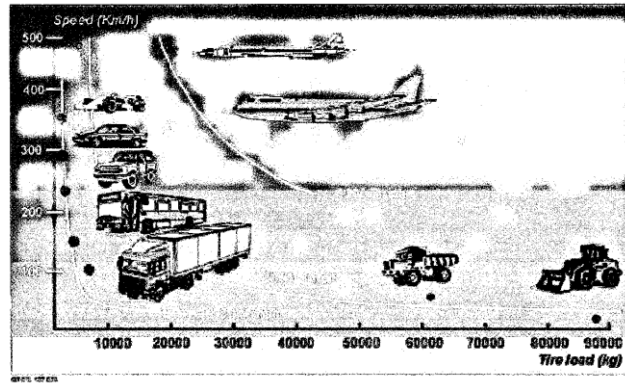
#### 2.6.4 Kamyon, Otobüs ve Traktörlerde Ebat Yazılımları

12	R	22.5	152/148	M	M711	TL
A	B	C	D	E	F	G

- A. BALONLUK : (KESİT GENİŞLİĞİ), İNÇ Normal basınçla şişirilmiş ve 24 saat bekletilmiş bir lastiğin, şekil ve yazılar hariç olmak üzere, yanakları arasındaki dıştan dışa uzaklığıdır.
- B. RADIAL YAPI
- C. JANT YAPI (inç cinsinden)
- D. YÜK ENDEKSİ (TEK/ÇİFT LASTİK BAŞINA DÜŞEN YÜK)
- E. HIZ ENDEKSİ
- F. TİCARİ DESEN ADI
- G. TL (İç lastiksiz, tubeless)

#### 2.6.5 Lastiğin Yük Taşıma Kapasitesi ve Hız Sınırları

Lastik üzerindeki hız limitinden daha yüksek hızlarda kullanılırsa lastik ömrü azalacaktır. Eğer bir lastik taşıyacağından daha fazla ağırlığa maruz kalırsa patlayacaktır. Hız ve yük ilişkisi lastik ömrü için çok önemlidir.



Şekil 2.23: Lastikte yük taşıma ve hız grafiği

## 2.7 Lastik Hız Sembolleri

Hız sembolü, bir lastiğin yük indeksi ile belirtilen azami yükte yapabileceği maksimum hızı ifade eden bir kodlamadır. Hız sembolleri çizelgesinde ise harflerin belirttiği maksimum hızlar verilmiştir.

Tablo 2.1: Lastiklerde hız sembolleri

Hız sembolü	Azami hız kapasitesi (km/saat)	Hız sembolü	Azami hız kapasitesi (km/saat)
<b>L</b>	120	<b>S</b>	180
<b>M</b>	130	<b>T</b>	190
<b>N</b>	140	<b>U</b>	200
<b>P</b>	150	<b>H</b>	210
<b>Q</b>	160	<b>V</b>	240
<b>R</b>	170	<b>W</b>	270
		<b>Z</b>	240+

## 2.8 Lastikte Yük İndeksi

Yük indeksi, bir lastiğin hız sembolü ile belirtilen en yüksek hızda taşınabileceği azami yükü belirten bir kodlamadır. Yük indeksleri çizelgesinde, farklı yük indekslerine tekabül eden, lastik başına taşınabilecek azami yük miktarları kg cinsinden verilmiştir.

Tablo 2.2: Lastik yük indeksleri

<b>Yük İndeksi</b>	<b>Lastik başına yük (kg)</b>	<b>Yük İndeksi</b>	<b>Lastik başına yük (kg)</b>	<b>Yük İndeksi</b>	<b>Lastik başına yük (kg)</b>
60	250	79	437	98	750
61	257	80	450	99	775
62	265	81	462	100	800
63	272	82	475	101	825
64	280	83	487	102	850
65	290	84	500	103	875
66	300	85	515	104	900
67	307	86	530	105	925
68	315	87	545	106	950
69	325	88	560	107	975
70	335	89	580	108	1000
71	345	90	600	109	1030
72	355	91	615	110	1060
73	365	92	630	111	1090
74	375	93	650	112	1120
75	387	94	670	113	1150
76	400	95	690	114	1180
77	412	96	710	115	1215
78	425	97	730	116	

### **3. LASTİK PERFORMANSI VE ÖMRÜNÜ ETKİLEYEN FAKTÖRLER**

Lastik ile ilgili Bölüm 2’de yer alan teknik bilgilerden sonra, taşıtlarda lastik kullanımında en yüksek verimi ve sürüş güvenliğini sağlamak amacıyla, çalışma şartları, taşıtın ön düzen sistemleri ve diğer faktörler bu bölümde incelenmiştir.

Bir lastikten beklenen en önemli görevler; yük taşıma kapasitesi, esneme kabiliyeti, güç aktarımı, direksiyon hakimiyeti ve yola tutturma kabiliyetidir. Gelişen araç teknolojisine paralel olarak saydığımız bu özelliklerden başka, yakıt tasarrufu, sessiz çalışma, kaplanabilme, yüksek sürütlere dayanma ve konfor gibi diğer bazı hususlar da aranmaktadır. Bu özelliklerin lastiğin tüm ömrü boyunca sabit kalması, aynı zamanda uzun ömürlü ve emniyetli olması ancak kullanımında-bakım-onarımında gösterilen hassasiyetle gerçekleştirilebilmektedir.

Güvenli bir sürüş iyi frenleme ve kullanımında maksimum verimin sağlanabilmesi için lastik performansını ve ömrünü etkileyen faktörler aşağıda incelenmiştir.

#### **3.1 Lastikte Hava Basıncı**

Yerle sürekli temas halinde olan lastiklerin hava basıncının normal ölçülerde olmaması önemli teknik aksaklıklara yol açmaktadır. Bu nedenle lastiklerde hava basıncı araç üreticisinin belirlediği değerlerde olmalıdır.

Hava basıncının gerekenden az ya da çok olması, tamiri mümkün olamayacak hasarlara yol açılabileceği gibi lastiğin düzensiz ve erken aşınmasına neden olur. Hava basıncı, lastik soğuk olduğu zaman, aracın en az 3 saat park halinde kalmasından sonra kontrol edilmelidir. Çünkü sürüş esnasında lastiğin hava basıncının ısıya bağlı olarak yüksek olması normaldir. Sıcak bir lastikten hava boşaltılması, soğuduğunda basınç düşüklüğüne neden olacaktır. Bu nedenlerden dolayı, lastiklerin basınç kontrolleri uygun koşullarda ve kaliteli bir basınç saati ile yapılmalı, göz hassasiyetine bırakılmamalıdır.

Lastik hava basıncının az, fazla ve normal değerlerde olma durumları Şekil 3.1-3.2-3.3'de görülmektedir.

**Az Hava:** Hava basıncı az olan lastik aşırı bir esnemeye sebep olmaktadır. Lastik tabanının omuzları yerle daha önce temas edeceğinden lastiklerin omuz kısımları hızla aşınmaktadır. Dolayısıyla oluşan fazla ısı, lastiğin arızalanmasına yol açmakta ve aynı zamanda tabanın dış kenarlarında fazla miktarlarda aşınma oluşturmaktadır. Ayrıca lastik hava basınçlarının az olması, fazla yakıt sarfiyatına da neden olmaktadır.



Şekil 3.1: Az hava

**Fazla Hava:** Hava basıncı fazlalığı lastiğin yol arızalarına direncini azaltmaktadır. Yerle temas azaldığından sürüşü rahatlatmakta ancak taban ortasında aşırı aşınmaya neden olurken, aynı zamanda lastiğin esneme özelliğini de azaltmaktadır.



Şekil 3.2: Fazla hava

**Normal Hava:** Hava basıncı standart ölçülerde ise lastik tabanı yola tam olarak uyum sağlamaktadır.



Şekil 3.3: Normal hava

### **Şişirme Yapılırken;**

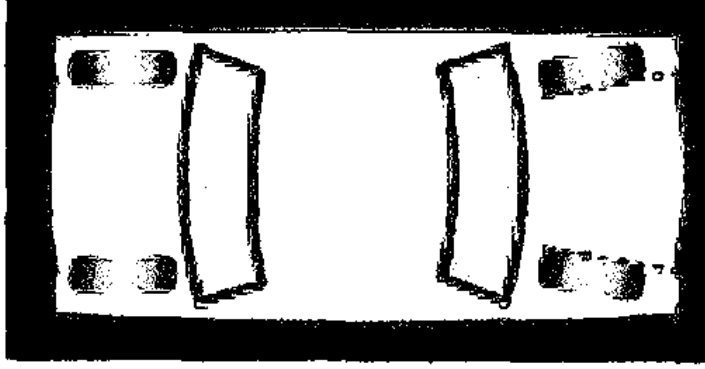
- Manometresi (hava saati) olmayan bir hortumla lastiğe hava basılmamalı,
- Merkezleme çizgisinden topuğu tam oturmadığı görülen bir lastiği aşırı şişirmeye çalışarak, topuklarını kasıtlı oturtmaya çalışılmamalı,
- Isınmış lastiğin şişirme basıncı fazla ölçüleceğinden kontrol edilmemeli,
- Supap kapaklarına gereken önem verilmeli ve sürekli kontrol edilmeli, kapak yoksa supap bünyesine toz, toprak, nem girerek supap iğnesini/yayını paslandırır. Paslanan iğne supabın hava kaçırmasına neden olur. Lastik contalı supap kapaklarını tercih edilmelidir.

### **3.2 Araçlarda Ön Düzen (Mekanik Düzensizlikler) ve Aşınmaya Etkileri**

Aracın mekanik ve süspansiyon sisteminden kaynaklanan aksaklıkların nedeni ile direksiyon ve araç yönü aynı olmayabilir. Ön düzen bozukluğu sadece lastiklerdeki ekonomik kayba neden olmakla kalmaz aynı zamanda aracın süspansiyon ve döner aksamına da zarar vererek zaman içerisinde yüksek bir mekanik tamir ve bakım masrafına yol açmaktadır.

### 3.2.1 Öne Açıklık ( toe-out )

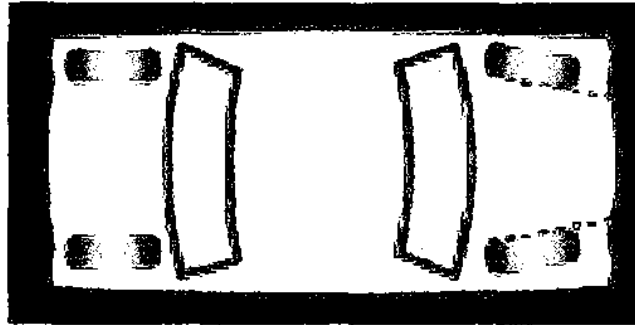
Normal düzeni toe-out şeklinde olan araçlarda aynı dingil üzerindeki tekerleklerin ön tarafı arka taraflara oranla normalden daha açık olması, lastik tabanının dış kenarlarında tüylenme biçiminde aşınmalara neden olmaktadır.



Şekil 3.4: Öne açıklık

### 3.2.2 Öne Kapalılık ( toe-in )

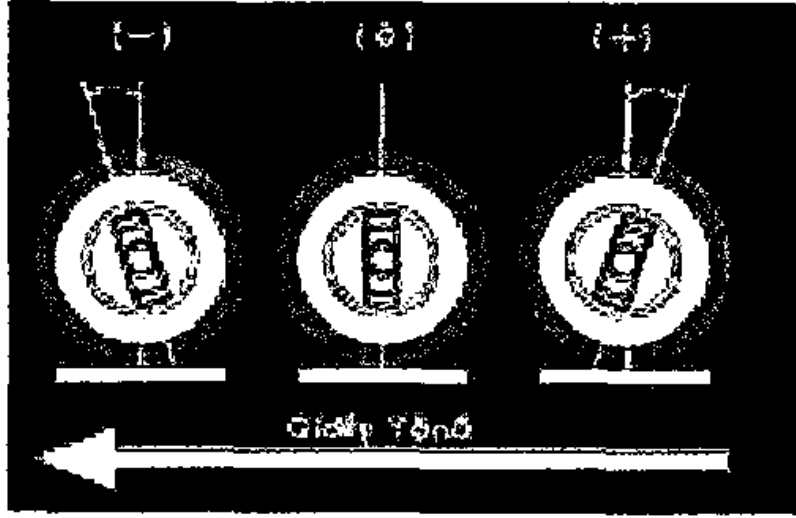
Normal düzeni toe-in şeklinde olan araçlarda aynı dingil üzerindeki tekerleklerin ön tarafı arka tarafına oranla normalden fazla kapanık olması, lastik tabanının iç kenarlarında tüylenme biçiminde aşınmaları oluşturmaktadır.



Şekil 3.5: Öne kapalılık

### 3.2.3 Kaster

Araca yandan bakıldığında dingil piminin tekerlek düşey ekseni ile öne veya arkaya yaptığı açıya kaster denir. Öne eğikse negatif kaster, arkaya eğikse pozitif kaster olarak adlandırılmaktadır. Kaster araçta düzgün bir sürüş sağlamaktadır. Kaster açısının normalden farklı olması aracın gezinmesine, lastikle düzensiz ve çabuk aşınmalara sebep olmaktadır.

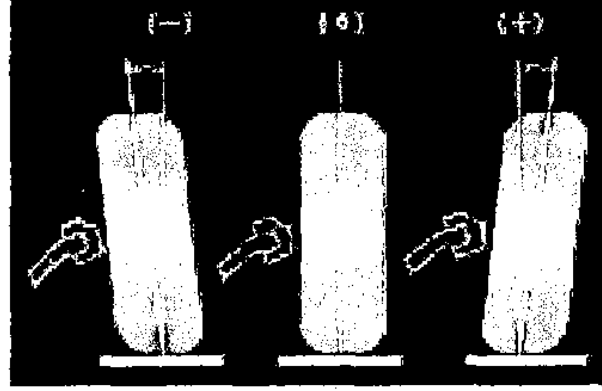


Şekil 3.6: Kaster

### 3.2.4 Kamber (Dışa Yatıklık)

Kamber, direksiyonda konfor ve kolaylık sağlamak amacıyla lastiklerin yere basan alt kısmının, üst kısmına göre daha açık ( negatif kamber ) veya kapalı ( pozitif kamber) olmasıdır. Aşırı derecede pozitif veya negatif kamber, direksiyona müdahale edildiği halde, aracın sağa ya da sola gitmesine neden olur.





Şekil 3.7: Dışa yatıklık

Kamber ve toe'nun ön tekerlek aşınıları üzerindeki etkilerini Mc Norton Deneysel olarak araştırmıştır. Kamber ve toe'nun ön tekerlek aşınıları üzerindeki etkileri 31 araç üzerinde yapılan deneylerle araştırılmıştır. Deneyler için  $-3/4$ ,  $+1/4$ ,  $+3/4$  derece kamber açıları kullanılmış,  $+2$  derece sol,  $1/4$  derece sağ tekerlek kamber açılarının etkileri gözlenmiştir. daha sonra Toe'nun değerleri  $+0,140''$ ,  $0,040''$  ve  $+0,060''$  olarak değiştirilerek testler yapılmıştır.

Tekerlek aşını değeri yaklaşık iki yıllık bir zaman periyodu içerisinde toplanmış ve bağlı lastik aşınıları, kamber ve toe'nun fonksiyonu olarak gösterilmiştir.

Lastik aşınısını meydana getiren etkilerden biri de tekerlekteki, radyal sapmalardır. Johnson ve Jones tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmada, tekerlek-lastik kompleksinin üniform hareketi incelenmiştir. Deneyler, çok sayıda kamyon ve bunlara ait tekerlekler üzerinde, uzun süreli olarak gerçekleştirilmiştir. Tekerleklerdeki radyal sapmalar ölçülerek, bu önemli parametrenin araç kararlılığı ve lastik aşınıları üzerinde etkileri ortaya konulmuştur. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucu aracın yapım özelliğinden kaynaklanan hassasiyetin yanı sıra, tekerlek montajının uygunluğunun da, kararlı bir hareket için çok önemli olduğu vurgulanmıştır. Deney metodu sonuçlar ayrıca, üretici firmaların belirleyici, özellikle radyal tekerlek hareket değişimleri için limitleri belirlemede kaynak veri niteliğindedir.

### 3.2.5 Sarkık Akslar:

Bu tür arıza yükün lastik üzerine dengesiz dağılımına sebep olur. İç taraftaki lastikleri yükün daha büyük bir bölümünü taşımak zorunda kalır.



Şekil 3.8: Sarkık akslar

### 3.2.6 Bozuk veya Eskimiş Amortisör:

Amortisör aracın süspansiyon tertibatını teşkil eden tekerlekler, yaylar, makaslar, salıncaklar, dingil ve denge kollarından oluşan düzenin bir parçasıdır. Aracın süspansiyon sisteminin bir parçası olan amortisörler, emniyet ve konfor için hayati önem taşımaktadır.

Aşınmış amortisörler;

- Fren mesafesinde artma,
- Yol tutuşunda azalma,
- Islak zeminde kayma riskinin artması,
- Gece görüşünde azalma,
- Sürücü yorgunluğu,

gibi tehlikeli sonuçlara sebebiyet vermektedirler.

Kötü durumdaki amortisörler için aracın;

- Aks bilyaları,
- Helezon
- Diferansiyel,
- Direksiyon kutusu,
- Kauçuk burçlar,
- Süspansiyon,
- Şaft istavrozu,

- Rotil,
- Dişli kutusu,
- Lastik,

gibi parçaların aşınmasını arttırır. Bu yüzden amortisörlerin 50.000 km de değiştirilmesi tavsiye edilmektedir.



Şekil 3.9: Bozuk ve eskimiş amortisörler

### 3.2.7 Tandem (bağımsız) Tekerlekler

Bu tekerlekler virajlarda yol yüzeyine ve dönüş açısına uyamadıklarından dolayı aşırı ve düzensiz aşınmaları meydana getirmektedir.

### 3.2.8 Eğri Şasiler

Ön ve arka tekerlekler arasındaki mesafelerin her iki yanda farklı olması ya da tekerlek eksenlerinin merkezden kaçık olması durumunda düzensiz ve çabuk aşınmalar meydana gelmektedir.

### 3.2.9 Frenlerdeki Bozukluklar

Fren kampanalarındaki bozukluklar lastikte belli bir noktayı aşındırırken ayarsız frenler de düzensiz aşınmalar yol açmaktadır.

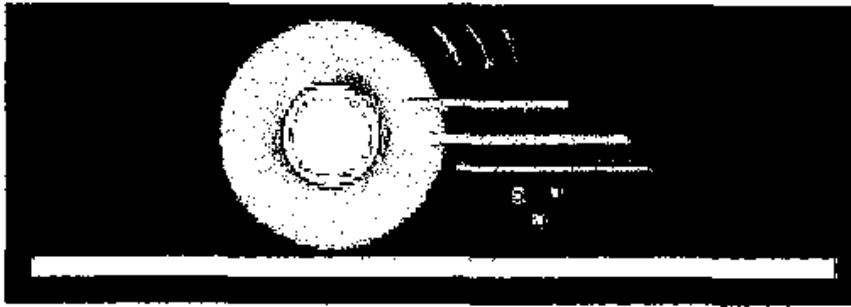
### 3.3 Diğer Faktörler

#### 3.3.1 Balans Ayarı

Lastiğin yön açısı anlamına gelen rot ayarıyla lastikteki merkezkaçı önlemek için ağırlığın her noktada eşit dağılımı amacıyla yapılan dengelemeye de, balans ayarı denir. Jant lastiğin kütle dağılımına uygun olarak dengede tutulmalıdır. Aksi takdirde özellikle hızlı sürüşte, zıplama, yalpalama gibi rahatsızlıklar ile konforu etkileyerek, lastiklerde düzensiz aşınmalara neden olmaktadır. Özellikle, kasislerden geçen çukurlara düşen, kaldırımlara çıkan, bozuk satırlarda yol almak zorunda kalan ve patinaj yaparak hareket ettirilen araçlarda, lastiklerin dişleri bozulmaktadır. Böylece bozulan lastiklerin getireceği dengesizliği ortadan kaldırmak ve aracın sağlıklı biçimde yol alabilmesini sağlamak için rot-balans ayarının kullanım yeri ve durumuna göre 5 ile 10 bin kilometrede bir yapılması gerekmektedir.

#### 3.3.2 Hız

Araçlarda kullanım hızı arttıkça lastik sıcaklığının yükselmesi sebebiyle sırt kauçuğu normale göre daha çok aşınma göstermekte ve lastiğin ömrü azalmaktadır. Bu nedenle yüksek hız lastikler için her zaman zararlı olmuştur.



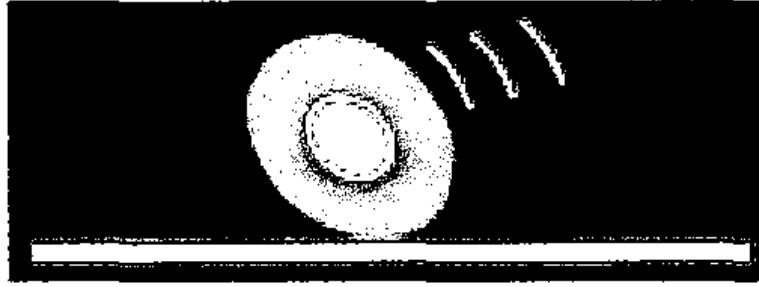
Şekil 3.10: Hız

Lastiklerin üzerinde yer alan H,V,Z gibi harflerle ifade edilen hız değerleri; lastiğin normal şartlar altında uygun bir basınçla ve aşırı yüklenmeden çok uzun süreli olmamak şartıyla ne kadarlık biz hıza dayanıklı olduğunu göstermektedir.

Genel olarak bir lastiğin hız değeri ne kadar büyükse, yüksek hızlarda oluşan ısınmaya karşı o kadar dayanıklıdır.

### 3.3.3 Sert Durma ve Kalkmalar

Sert kalkış ve duruşlar lastik aşınmasını hızlandırmaktadır. Aynı zamanda lastik üzerinde bazı alanlarda yer yer anormal aşınmalar da neden olmaktadır.



Şekil 3.11: Sert durma ve kalkmalar

### 3.3.4 Sıcaklık

Sürekli olarak sıcak iklimde kullanılan lastiğin ömrü ile sürekli olarak soğuk iklimde kullanılan lastiğin ömrü karşılaştırıldığında, sıcak iklimdekinin ömrünün kısa olduğu görülmektedir.

### 3.3.5 Yol Tipi

Pürüzlü zeminden lastik daha fazla olumsuz etkilenirken, düzgün yüzeyde aşınma oranı daha azdır.

### 3.3.6 Viraj ve Eğim

Kullanılan yol güzergahının çok virajlı veya inişli-çıkışlı olması, lastiklerde hızlı aşınmalara neden olmakta ve ömrünü kısaltmaktadır.

### **3.3.7 Rotasyon**

Lastikler araçta takılı oldukları her ayrı pozisyonda değişik aşınma özellikleri göstermektedir. Bu nedenle lastiklerin ömrünü uzatmak ve daha etkin kullanımının sağlanması için lastik yerleri periyodik olarak değiştirilmelidir.

### **3.3.8 Diş Derinliği**

Binek lastiklerin sırt derinlikleri 8–9 mm'dir. Prensip olarak sırt derinlikleri 2 mm altında kalan lastikler eskimiş kabul edilmektedir. Gelişmiş ülkelerde ise bu limit 1,6 mm olarak belirlenmiştir. Lastiklerin omuzlarındaki TWI Tead Wear Indicator = Sırt Aşınma Göstergesi bölümü, lastiklerin aşınma hududuna gelip gelmediği hakkında bilgi vermektedir. Çünkü bu bölüm sırtta çıkıntı olup, örneğin diş derinliği diğer yerlere oranla burada 9 mm yerine 7 mm'dir. Lastiklerin 7mm aşındığında sırtın o bölgesi desensiz, düz bir hat şeklinde ortaya çıkmakta ve bu durumda aşınma hususunda uyarı seviyesine ulaşılmaktadır. Kış mevsiminde ise diş derinliklerinin en az 3 mm olmasına dikkat edilmelidir.

### **3.3.9 Yük Miktarı ve Yükleme Biçimi**

Araç üreticisinin belirlediği, araç taşıma kapasitesi ( istiap haddi) üzerinde yüklemeler; lastiğin çabuk aşınmasına; yanak, omuz ve topuk bölgelerinde arıza vermesine ve hızlı aşınmasına neden olmaktadır. Dengesiz yüklemeler de lastik ömrü üzerinde etki yapmaktadır.

### **3.3.10 Araç Kullanımına Uygun Lastik ve Jant Seçimi**

Araç el kitabında belirtilen ebat ve kat muadilindeki lastikler kullanılmalıdır. Aracın tüm lastiklerinin aynı yapıda olması gerekmektedir. Aynı aks üzerinde farklı

yapıda, desen ve aşınmada lastik takılması halinde araç performansı olumsuz etkilendiği gibi lastik düzensiz ve hızlı aşınmasına neden olmaktadır.

Tubeless lastiklerde kenarları düzgün tubeless jant kullanılmaktadır. Her lastik ebadı için tavsiye edilen bir jant eni vardır. Bir de kullanılabilir jant enleri bulunmaktadır. Lastik eşdeğer tablosundaya uygun jantların enleri verilir.185/70 R 13 lastikte tavsiye edilen jant eni 5.0 inçtir. Ama bunun bir altı ve ya bir üstü olan 5 ve 5.5 inçlik jantlarda kullanılabilir.

### **3.4 Yoldan Kaynaklanan Hasarlar ve Sebepleri**

#### **3.4.1 Çekme**

Araçlarda çekme; direksiyona müdahale edilmediği halde, aracın sürekli sağ ve sol tarafa gitmek istemesi durumudur. Bu durumun meydana gelmesindeki sebepleri şöyle sıralayabiliriz:

- Aynı akstaki lastik şişirme basınçları farklı,
- Aynı akstaki lastiklerin dış derinlikleri veya desenleri farklı,
- Fren sistemi hatalı,
- Amortisörler eşit oranda çalışmıyor,
- Araç üreticisi firma toleransları dışında Kamber açısı,
- Araç üreticisi firma toleransları dışında Kaster açısı,
- Araç üreticisi firma toleransları dışında Toe açısı,
- Set- back hatalı,
- Thrust- line ( tahrik çizgisi) hatalı,
- Yolun eğimi,

#### **3.4.2 Gezme**

Direksiyona müdahale edilmeden, aracın belirli bir hızdan sonra sürekli olarak, bir sağ tarafa, bir sol tarafa doğru salınım yapmasıdır.

- Lastik şişirme basınçları, araç üreticisi firma değerlerinden düşük olması,
- Direksiyon sistemindeki parçaların çok sıkı veya çok gevşek monte edilmesi,
- Rulman boşluk olması,
- Araç üreticisi firma toleransları dışında Kaster açısı,
- Amortisörler eşit oranda çalışmaması,
- Yolun eğimi,

Gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır.

### **3.4.3 Titreşim/ Vibrasyon**

Araç kullanırken direksiyonda dikey ve yatay düzlemde hissedilen titreşimler ve vuruntulardır.

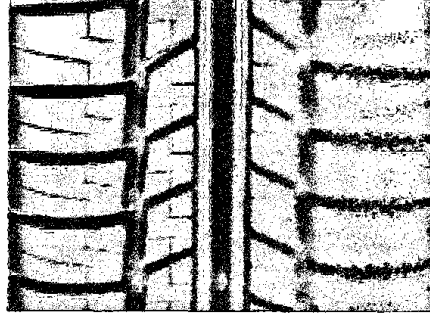
#### **Sebepler:**

- Lastik şişirme basınçları, araç üreticisi firma değerlerinden aşırı yüksek olması,
- Araç üreticisi firma toleransları dışındaki kaster açısı (yüksek),
- Deforme olmuş (darbeli, eğilmiş)janta takılı lastik,
- Üretici firmanın önerisi dışında modifiye edilmiş süspansiyon istemi (sert amortisör, helezon yaylarını kısaltma)
- Tam merkezlemeden araca sabitlenmiş, jant, kampana, göbek,
- Panik frenleme sonucu, taban ortasında bir yerde bölgesel aşınmış lastik,
- Hiç hareket ettirilmeden uzun süreli park eden aracın altındaki lastiğin tabanında oluşan geçici düzleşme (flat spotting, lastik ısıdıktan sonra kaybolur)

### **3.4.4 Bir Omuzda Erken Aşınma:**

Aracın üretici firma toleransları dışında kamber veya teo açısından bu aşınmaya sebep olmaktadır. Aşınma; bir omuzdan diğerine doğru azalmaktadır.

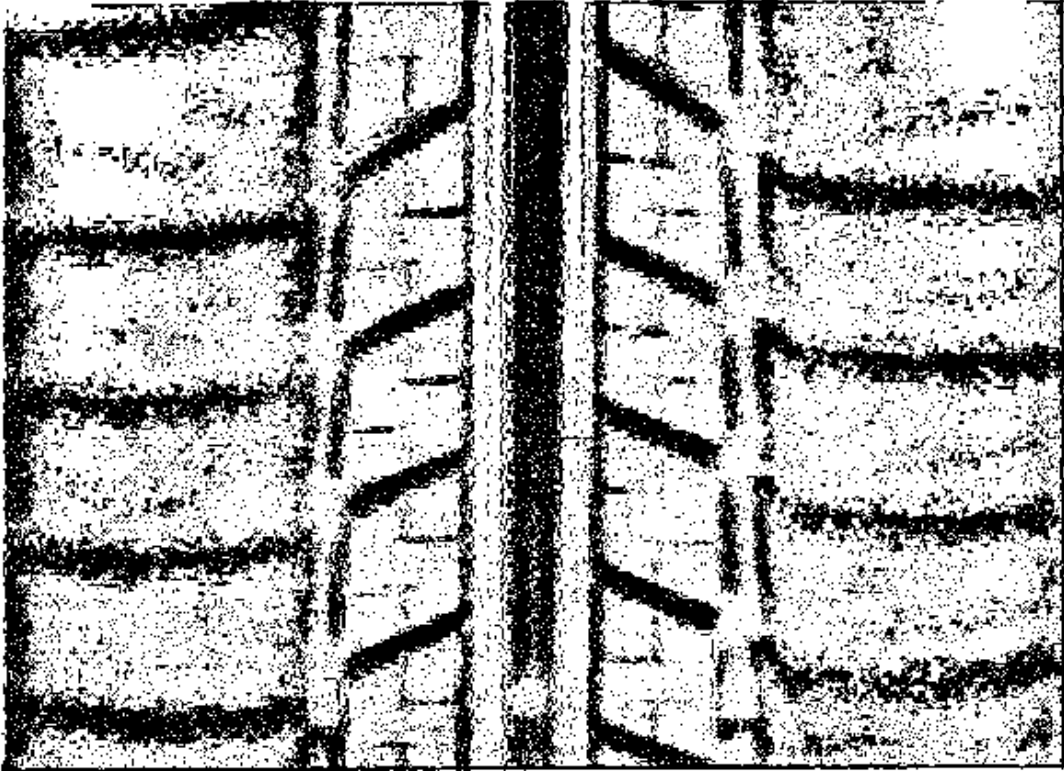




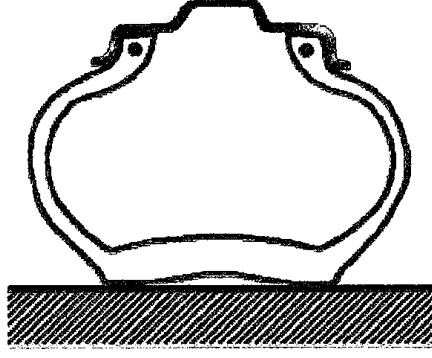
Şekil 3.12: Bir omuzda erken aşınma

### 3.4.5 İki Omuzda Erken Aşınma:

Aşırı düşük şişirme (şekil 3.15) basıncı nedeniyle yükün sadece lastiğin iki omzunda taşınmasıdır.



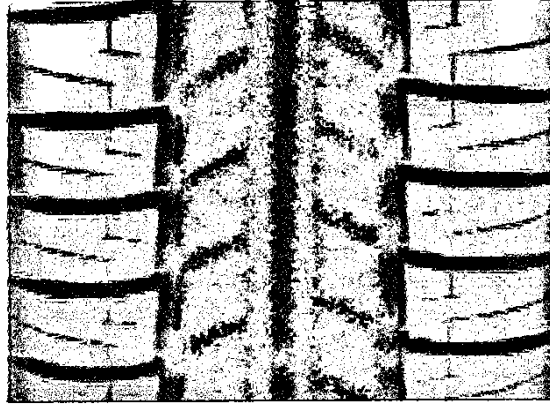
Şekil 3.13: İki omuzda erken aşınma



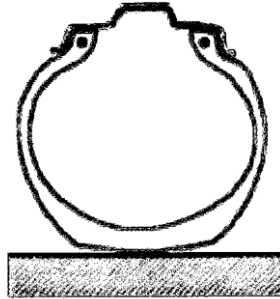
Şekil 3.14: Aşırı düşük şişirme

### 3.4.6 Taban Merkezinde Çevresel Aşınma:

Aşırı yüksek şişirme basıncı nedeniyle yükün sadece lastiğin taban ortasında taşınmasıdır.

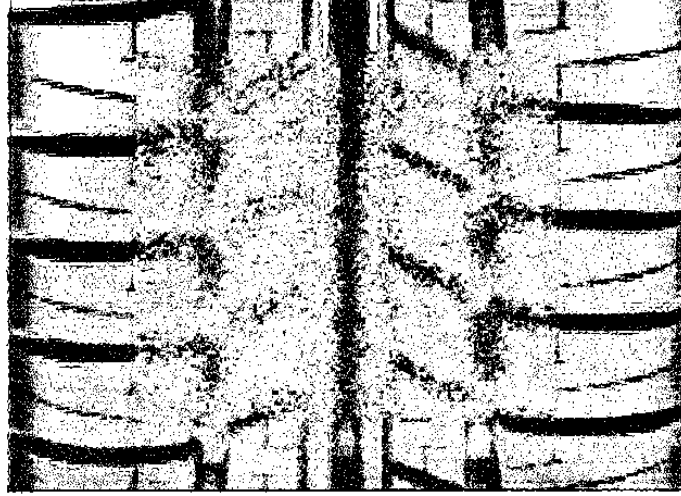


Şekil 3.15: Taban merkezinde çevresel aşınma



Şekil 3.16: Aşırı yüksek şişirme

### 3.4.7 Taban Merkezinde ve Sadece Bir Bölgede Aşınma

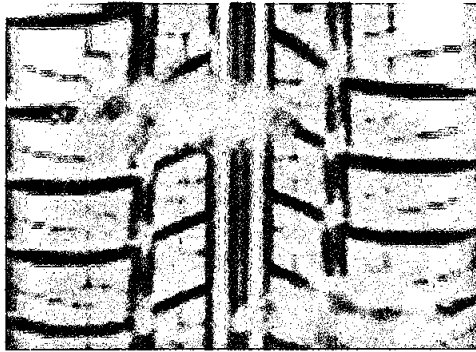


Şekil 3.17: Taban merkezinde ve sadece bir bölgede aşınma

Sebepler:

- Yüksek hızda, panik frenleme sonucu fren kilitlemesi,
- Park edilen alanda, kauçuğa zarar veren petrol türevi veya kimyasallarla (mazot,yağ,akü asidi...) lastiğin tabanın uzun süreli teması,
- Ayarsız fren sistemi nedeniyle, fren pedalına her basışta frenlemenin aynı bölgede gerçekleşmesi.

### 3.4.8 Tabanda Çevresel ve Birçok Bölgede Aşınma

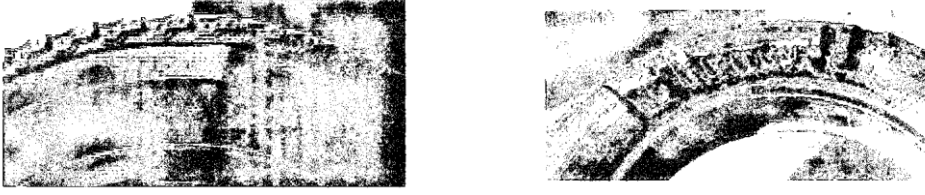


Şekil 3.18: Taban çevresel ve bir çok bölgede aşınma

Sebepler:

- Patlak veya bozuk amortisör.
- Rulmanlarda boşluk olması.

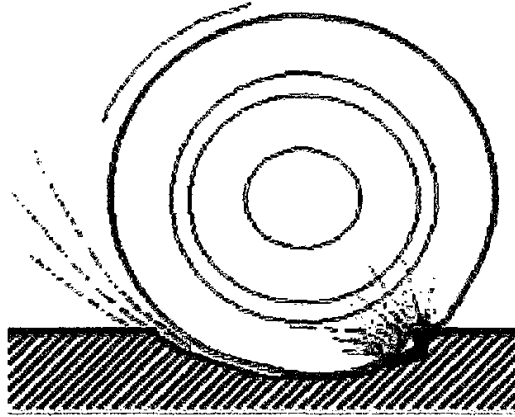
**3.4.9 Omuz /Yanak Bölgesinde Şişme (Balon) ve Parçalanma.**



Şekil 3.19: Omuz /Yanak bölgesinde şişme ve parçalanma

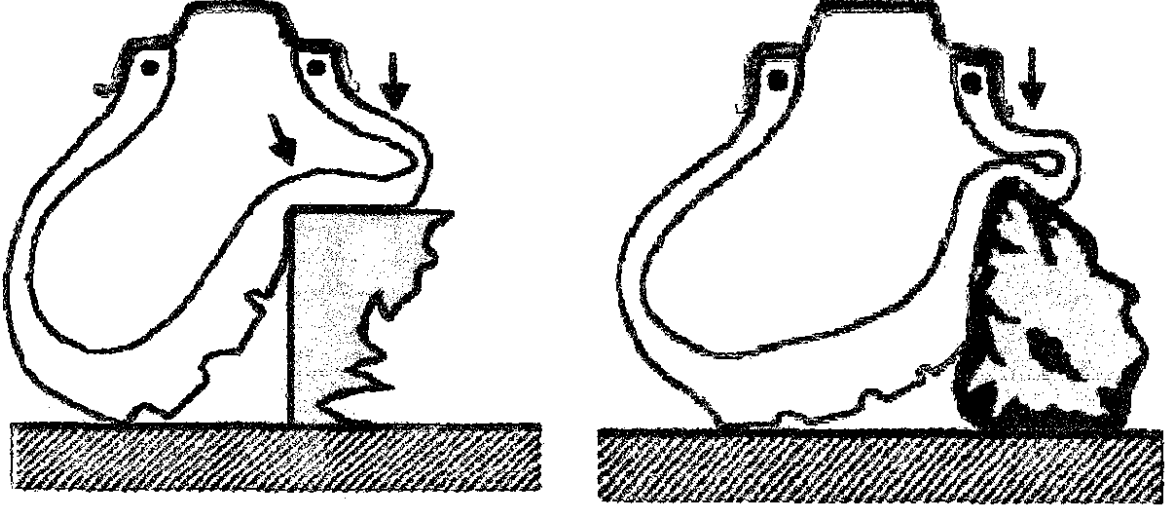
Sebepler:

- Araç seyir halindeyken, fren yapılarak keskin kenarlı çukura hızla girilmesi sonucu(şekil 3.21) lastiğin karkasındaki kordlardan bir veya daha fazlasının kopması.



Şekil 3.20: Omuz yanak bölgesinde şişme nedeni

- Düşük şişirme basıncındaki lastiğin keskin kenarlı kaldırım taşlarına veya keskin kenarlı taş veya benzeri sert bir cisme çarpması,



Şekil 3.21: Omuz/Yanak bölgesinde şişme

### 3.5 Lastikte Yara Tamiri

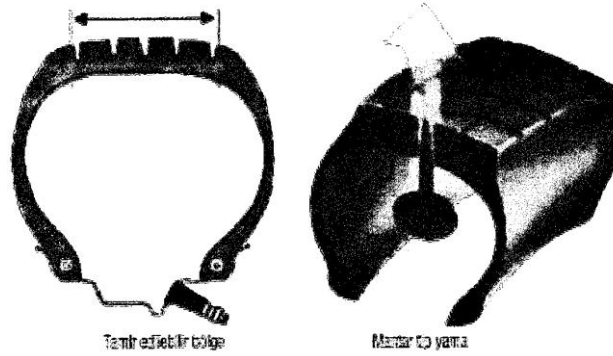
Pratikte, tubeless otomobil lastiklerinin tamiri değişik malzemelerin kullanıldığı iki farklı yöntemle yapılır. Bunlar; her biri için farklı tipte malzeme ve teçhizat kullanılan, yara tamirinde en uygun ve tavsiye edilen bir yöntem olan Mantar Yama ( PRP ) ile lastiğin yara alan bölgesinin kuşingam adı verilen dolgu maddesiyle doldurulup pişirilmesi ve içeriye get konulması yöntemiyle yapılan Takviyeli Yara tamiridir.

Harici bir darbe sonucu yara almış/delinmiş lastiklerin incelenmesi, uygun alet ve ekipmanla tamirinin yapılması, sadece bu işlemi yapan kişinin sorumluluğundadır. Tamir işlemi; bu konuda eğitilmiş kişilerce yapılmalıdır. Lastikteki delinme, tabanda belirtilen bölgede ise mantar yama ile takviyesiz yara tamiri yapılabilir.

Lastik hızı sembolü “H” (210 km/saat) ve altı ise delik çapı azami 6 mm. Ve lastik daha önce tamir edilmemiş ise tamir edilebilir . 240 km/saat ve üstü hız sembollü lastiklerin tamir edilmesi sakıncalıdır .

Liner tabakada çatlama ve kesilme, kırılma ve aşırı deformasyon varsa, tamir yapılmamalı ve lastik kesinlikle yenisiyle değiştirilmelidir.

Tamirde temizlik çok önemlidir. Yara tamir malzemesi, sadece temiz yüzeye yapışır. Yara bölgesinin içten dıştan konik bir zımpara taşıyla iyice temizlenmesi ve yara içindeki serbest kalan çelik kuşak tel uçlarının, elmas uçlu bir matkapla alınması gerekir. Bu işlem iyi yapılmazsa, ilerde çelik kuşak uçları çalışma yaparak paslanabilir ve yara tamir malzemesine hasar vererek, lastiği hizmet dışı bırakabilir.



Şekil 3.22: Lastikte tamir edilebilir bölge

Tamir malzemesini kullanılacağı yerdeki kauçukla kesinlikle benzer özellikler taşıması gerekmektedir. Eğer kullanılan malzeme kauçuk esaslı değilse esnemesi, gerilmesi ve lastik bünyesinde oluşan ısıya tepki özelliği farklı olacağından, ayrılmaya neden olacaktır.

Yara tamirinin yüksek sıcaklığa sahip ütülerle yapılması, lastikte istenmeyen sorunları oluşturmaktadır. Ütünün temas ettiği alanda ki kauçuk yeniden pişerek, orijinal özelliklerinde bir bölümünü yitirir. Kuşaklarda açılmalara ve lastik tabanında şekil bozukluklarına neden olmaktadır.

Hasarlı lastik janttan çıkarılmalı ve iç kısmı dikkatlice incelenmelidir. Çok kısa süre de olsa, havasız lastik üzerinde yürüme, karkastaki kordlara zarar vermektedir. Liner'de ( tubeless lastiklerde olan ve hava sızdırmazlığı sağlayan tabaka ) çatlamlar oluşmaktadır. Lastiğin yara almış bölgesinin, fitil yamayla tamir edilmesi, ilerde sorun çıkarabileceğinden sakıncalıdır.



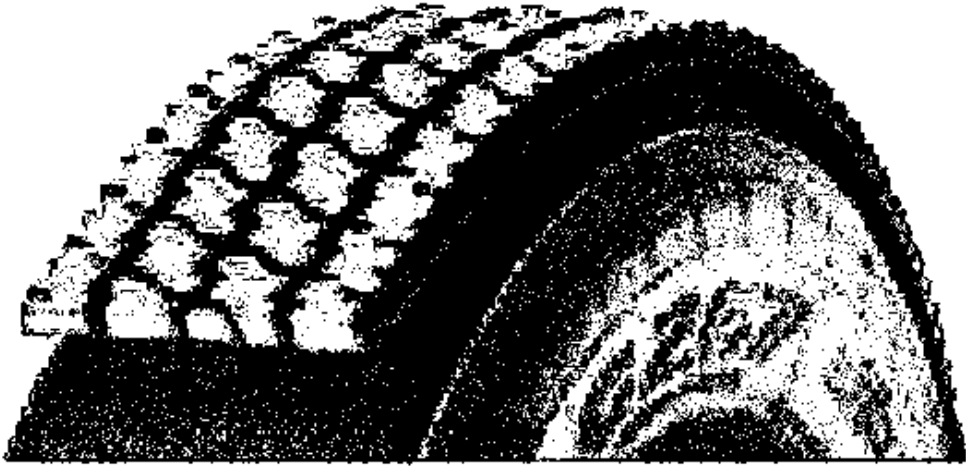
Şekil 3.23: Fitol yamayla tamir edilmesi

### **3.6 Lastikte Kaplama Tekniği**

Kaplama, aşınmış (genelde otobüs - kamyon ) lastiğin yenilenmesi olayıdır. Yani yetkili servis kaplamacılarında kaplanan her bir lastik yeni lastik gibi performans göstermenin yanında, yeni lastiğin taşıdığı tonajları taşıyabilmekte, aynı hızlarda, çeker ve dingilde rahatlıkla kullanılabilir. Mevcut teknolojilerle üretilen lastiklerin gövdeleri uygun şartlarda kullanıldığında defalarca kaplanabilecek şekilde üretilmektedir. Özellikle kamyon lastiklerinde lastiğin kaplanabilirliğini artırabilmek için gövde özel olarak takviye edilmiştir.

#### **3.6.1 Kaplamanın Güvenliliği ve Gerekliliği**

Günümüzde ticari ve askeri uçakların büyük bir bölümünde kaplama lastik kullanılmaktadır. Uygun teknoloji, kaliteli malzeme ile uzman kişilerce kaplanan lastikler son derece güvenlidir.



Şekil 3.24: Lastikte kaplama

Lastik kaplamanın faydaları:

- Kaplama, lastiği en az bir ömür daha kullanımda tutarak hurda lastik dağlarının oluşmasını geciktirmekte, böylece çevrenin daha az kirlenmesini sağlamaktadır.
- Kaplama, araçta işletme giderlerini kilometre başına maliyeti aşağı çekerek önemli ölçüde düşürmektedir. Ayrıca kaplama bir lastik, yeni lastiğin yaklaşık %40 fiyatına mal olmaktadır ve aynı performansı sağlamaktadır. Böylece işletmelere ayrıca önemli bir finansal kaynak sağlanmaktadır.
- Kaplamalarda, yeni lastiğe göre daha az (1/3) doğal kaynak kullanılmaktadır. Bu ise ülke ekonomisine ve global ekonomiye önemli bir katkı yaratmaktadır.



Şekil 3.25: Lastikte kaplama



## 4. PNÖMATİK TEKERLEKLERİN MEKANİĞİ

Aerodinamik ve yerçekimi kuvvetleri bir yana bırakılırsa, bir kara aracının hareketini etkileyen diğer bütün kuvvet ve momentler, çalışmakta olan dişli-yer temasından dolayı ortaya çıkar. Çalışan dişli ile yer arasındaki etkileşimin temel karakteristik özelliklerini anlamanın yanı sıra, performansın karakteristik özelliklerini, biniş kalitesini ve kara araçlarının temel davranışlarını anlamak için çalışmak esastır.

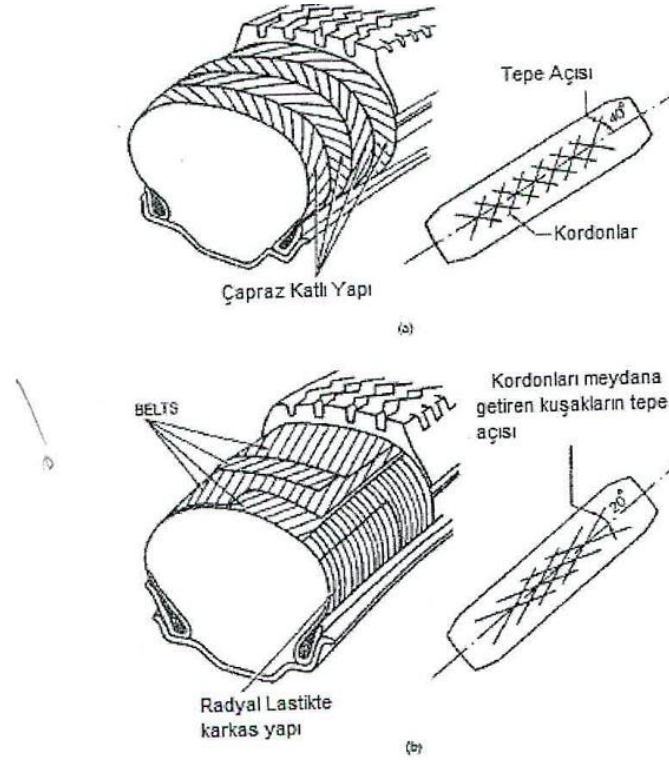
Bir kara aracının çalışan dişlisi genel olarak aşağıdaki fonksiyonları yerine getirebilmelidir.

- Aracın ağırlığına dayanmalı
- Yer yüzeyindeki bozukluklara karşı araca gelen zararı azaltmalı
- Hareket ve frenleme için yeterli çekiş gücünü sağlamalı
- Yönel dengeyi ve yeterli sürüş kontrolünü sağlamalı

Pnömatik tekerlekler bu fonksiyonları etkili ve verimli bir şekilde yerine getirebilir. Bu sayede de kara araçlarında dünya çapında kullanılmaktadırlar. Ayrıca off-road araçlarında da yaygın şekilde kullanılmaktadır. Kara araçlarının karakteristik özelliklerini ve performansını anlamak adına pnömatik tekerleklerin mekaniğini çalışmak temel anlamda önemlidir. Araç mühendislerini ilgilendiren ve tekerleklerde görülen iki temel mekanik problem vardır. Bu problemlerden biri sert yüzeylerdeki tekerlek mekaniğidir ve kara araçlarının karakteristik özelliklerini çalışmak adına önemlidir. Diğer problem ise hazırlanmamış topraklardaki deforme olabilecek yüzeyde çalışan tekerleklerdeki mekanik sorunlardır ve bu problem off-road araçlarının performansına çalışmak adına birincil önemdedir.

Hava ile dolu bir pnömatik tekerlek, esnek yapıdaki çembersel (toroid) bir şekle sahiptir. Tekerleğin en önemli yapısal bileşeni karkas diye tabir edilen iskelet kısmıdır. İskelet Şekil 3.1’de gösterildiği gibi düşük modüllü kauçuk bileşenlerden oluşan bir yapının kapladığı, yüksek modüllü esnek kordonlardan meydana gelen birkaç katmandan yapılmıştır. Bu kardanlar doğal, sentetik veya metalik bileşenlerden meydana gelen kumaşlardan yapılır. Bu kumaşlar, yüksek gerilim

mukavemetine sahip çelik tellerden üretilen çember etrafına yerleştirilir. Bu çember,iskeletin önemli bir bileşeni olmakla beraber, tekerleğin jant üzerine yeterince yerleşmesini sağlamaktadır.



**Şekil 4.1:** Lastik yapıları (a)Çapraz yapı (b)Radyal yapı

Kauçuk bileşenlerin malzemeleri, farklı özelliklere sahip tekerleklerin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde seçilmelidir. Tekerlek yanakları genellikle,yorgunluk ve sürtünmeye karşı yüksek dirence sahip kauçuk bileşenlerinden üretilir.En fazla kullanılan bileşen "stiren-bütadien" bileşenidir. Örneğin, ağır yük taşıyan kamyon tekerleklerinde oluşan yüksek yoğunluklu yükler, tekerleklerde oluşabilecek aşınma, yarıлма ve çatlak genişlemelerine karşı yüksek dirence sahip bileşenlerin kullanımını gerektirmiştir. Bu bileşenlerin, yanak içinde daha az ısınma oluşmasına ve patlamalara karşı direnç göstermesine yardımcı olması da gerekir. Sonuç olarak söylemek gerekirse kamyon tekerleklerinde doğal kauçuk bileşenler daha yaygın bir şekilde kullanılmasına rağmen, özellikle ıslak zeminlerde yol tutuş katsayısında düşük değerler vermesi nedeni ile yarış ve yolcu taşıyan araçlarda sentetik kauçuk bileşenleri kullanımı yaygındır. Yaygın olarak kullanılan tüpsüz (iç lastiği olmayan) tekerlekler için, tekerlek iskeletinin iç yüzeyine temas eden havaya karşı yüksek sızdırmazlık sağlayacak ince kauçuk katmanlar tercih edilir.Yük taşıyan bir pnömomatik tekerlek, bir bisiklet tekerleği ile benzerlik

gösterir. Jantın üstüne sıralı takılan teller merkezdeki göbekte birleşir ve tekerlek döndükçe sırasıyla yer tarafından desteklenir. Şişirilmiş bir pnömatik tekerlek için şişkinlik sağlayan havanın basıncı, tekerlek iskeletini meydana getiren kardanlar üzerinde gerilime neden olur. Tekerlek jantı boyunca uygulanan yük öncelikle çember etrafındaki yanakları oluşturan kardanlar tarafından karşılanır.

İskeletin tasarım ve yapısını belirlemek, tekerleğin karakteristik özelliklerini belirlemek açısından büyük bir kapsama sahiptir. Çeşitli tasarım parametreleri arasında, kauçuk kaplı kardanların oluşturduğu katmanların geometrik planlaması ve özellikle de yönsel pozisyonları, tekerlek davranışı konusunda önemli bir faktördür. Kardanların yönü, genel olarak tepe açısı ile belirlenmektedir ve bu tepe açısı Şekil 4.1'de gösterildiği gibi, tekerlek çevresindeki merkez çizgi ile kordon yönü arasında kalan açı olarak tanımlanır. Kardanlar küçük bir tepe açısına sahip olduğu zaman, sert zeminlerde olmamak kaydı ile tekerlek iyi bir dönüş karakteristiğine sahip olur. Diğer yandan, kardanlar tekerleğin ilerleme yönündeki merkez çizgisine doğru bir açı ile yerleştirilirse, tekerlek iyi bir sürüş yeteneğine sahip olur ancak zayıf bir kullanım performansı gösterir.

Çapraz katlı bir tekerlekte kardanlar, bir çemberden diğerine diagonal olarak çaprazlamasına, yaklaşık olarak da Şekil 4.1(a)'da gösterildiği gibi 40°'lik bir açıyla uzanır. Çapraz katlı bir tekerlekte iki katman (hafif yüklü tekerlek için) veya daha fazla katman (ağır yüklü tekerleklerde 20 kata kadar) bulunur. Bitişik katlarda bulunan kardanlar, karşıt yönlerde iş görürler. Bu sayede, kardanlar elmas kesitli bir kalıp içinde uzatılır. Çalışma esnasında bu çapraz katlar esner ve kauçuk, elmas kesitli bileşenlerle kauçuk dolgulu bir yapı kazanır. Bu esneme hareketi, yer ile tekerleğin yere temas eden kısmı arasında bir sürtünme meydana getirir. Yüksek dönüş sırasında tekerlekte meydana gelen direnç ve aşınmaların temel nedeni de budur.

Diğer yandan radyal katlı tekerlekler, çapraz katlı tekerleklere göre çok daha zor bir konstrüksiyona sahiptir. Bu tekerlekler ilk defa 1948 yılında Michelin firması tarafından tanıtılmıştır. Günümüzde de yolcu araçları ve kamyonlarda yaygın olarak kullanılmakta, toprak taşıma için kullanılan ağır vasıtalarda da kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Ancak çapraz kata sahip tekerlekler bisiklet, motosiklet, tarım araçları ve bazı ordu ekipmanları gibi belirli alanlarda hala kullanılmaktadır. Radyal

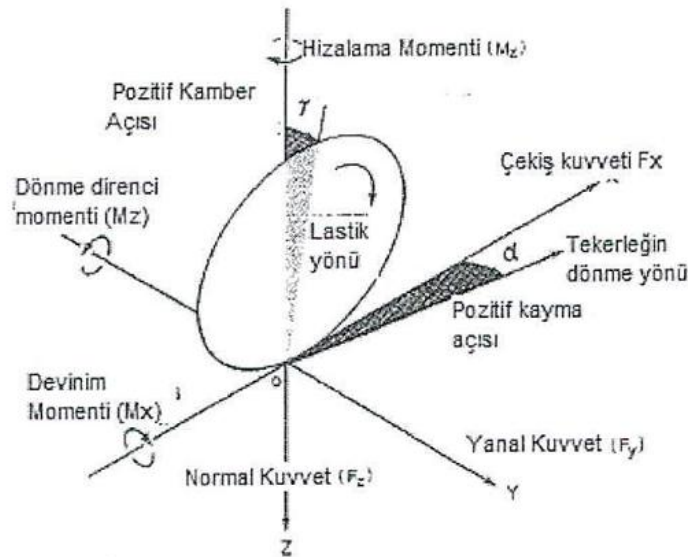
kata sahip tekerleklerde, iskelet üzerine sarılan bir veya daha fazla kordon katı vardır. Bu katlar çemberden çembere radyal olarak uzanırlar ve Şekil 4.1(b)'de gösterildiği gibi 90 derecelik bir tepe açısı meydana getirirler. Yüksek elastikiyet değerlerine sahip (genellikle çelik veya diğer yüksek mukavemetli materyaller) kordonlardan meydana gelen birkaç katmanın oluşturduğu kuşaklar Şekil 4.1(b)'de gösterildiği gibi dış katmanın hemen altına yerleştirilir. Kuşak içine yerleşmiş kordonlar, yaklaşık 20 derecelik bir tepe açısı yapacak şekilde uzanır. Bu kuşağın, radyal katmanlı tekerlekler için uygun bir fonksiyon taşıması esastır. Aksi halde radyal katmanlı bir iskelet, tekerlek çevresine dengesiz bir şekilde yerleşir, tekerlek şişirildiği zaman da kordonlar arasındaki oluşabilecek düzensiz boşluklar, bir takım sorunların ortaya çıkmasına neden olur. Yolcu araçlarında kullanılan tekerlekler için genellikle, rayon ve polyester gibi sentetik malzemelerden yapılmış iskelet üzerinde iki radyal katman bulunur. Bu tekerleklerin kuşakları üzerinde de çelik kordonlardan meydana gelmiş iki katman ile naylon benzeri sentetik malzemelerden imal edilmiş kordonlardan oluşan iki katman bulunur. Kamyonlarda kullanılan tekerleklerde ise iskelet üzerinde bir adet radyal çelik katman ile kuşak üzerinde dört adet çelik katman bulunur. Radyal katmanlı tekerleklerde iskeletin esnekliği, kuşak üzerinde form kazanmış kordonların çok küçük bağıl hareketlerine izin verir. Yol ile tekerlek arasında bir aşınmaya neden olacak bir hareketin olmaması durumunda, radyal katmanlı tekerlekteki güç dağılımı, benzer koşullarda bulunması şartıyla çapraz katmanlı tekerleklere kıyasla %60 gibi bir düşüklüğe sahiptir. Böylelikle radyal katmanlı tekerlekler, eşit şartlar altında olmak kaydıyla çapraz katmanlı tekerleklere kıyasla daha uzun ömürlüdür. Bir radyal katmanlı tekerlekte, bütün temas yüzeyi üzerinde nispeten eş değerde bir zemin basıncı vardır. Bunun aksine çapraz katmanlı tekerlekler üzerinde oluşan zemin basıncı, karmaşık aşınma hareketleri altında tekerlek üzerindeki bir noktadan diğer noktaya büyük değişimler gösterebilir.

Her iki tekerlek için de çapraz katmanlı kuşak yapısı geçerlidir. Bu tipteki tekerlekler genel olarak çapraz kuşaklı tekerlek olarak isimlendirilir. Kuşak içindeki kardanlar, çapraz katmanlı içindeki kardanlara kıyasla daha yüksek elastikiyet değerlerine sahiptirler. Tekerlek kuşağı, bükülmelere karşı yüksek bükülmezlik sağlarken aynı zamanda geleneksel çapraz katmanlı tekerleklerle kıyaslandığında, tekerlek aşınmalarını ve dönmeye karşı oluşan dirençleri azaltır. Genel olarak çapraz kuşaklı tekerlekler, radyal katmanlı ve çapraz katmanlı tekerleklerin arasında

ortalama bir karakteristik özelliğe sahiptir. Pnömatik tekerleklerin yapılarında bir tipten diğer tipe farklılıklar olmasına rağmen, temel problemlerde farklılık içermez. ilerleyen bölümlerde, bütün tekerlek tiplerinin mekaniği üzerinde durulacak, farklı tip tekerleklerde görülen farklı karakteristik özellikler tanımlanacaktır.

#### 4.1 Tekerlek Kuvvetleri Ve Momentleri

Tekerleklerin karakteristik özelliklerini ve onun üzerindeki kuvvet ile momentleri tanımlamak için, çeşitli parametreleri belirlemek adına bir referans olarak kullanılan bir eksen sistemi tanımlamak gereklidir. Bu eksen sistemi için genel olarak Otomotiv Mühendisleri Derneği tarafından tavsiye edilen ve Şekil 4.2'de de gösterildiği üzere bir eksen sistemi kullanılmaktadır. Bu eksen sisteminin orijini, tekerleğin temas merkezindedir. X eksenini, tekerlek düzlemi ile zemin düzlemi kesişiminde ve ileri yönde pozitif doğrultuda bulunur. Z eksenini, zemin düzlemine dik ve aşağı yönde pozitif doğrultuda bulunur. Y eksenini ise zemin düzlemine paraleldir ve diğer eksenlere dik doğrultuda bulunur.



Şekil 4.2: Tekerlek eksen sistemi

Zeminden tekerleğe etki eden 3 kuvvet ve 3 moment vardır. Çekiş kuvveti  $F_x$  (veya boylamsal kuvvet), zemin tarafından tekerleğe uygulanan ve X eksenini yönünde uygulanan bir kuvvettir. Y eksenini yönünde uygulanan kuvvet yanal yönlü

Fy kuvvetidir. Z eksenini yönünde uygulanan diğeri normal kuvvet ise Fz kuvvetidir. Zemin tarafından x eksenini doğrudusunda tekerleğe uygulanan ve devinime sebep olan momente Mx momenti denir. Y eksenini doğrudusunda tekerleğe uygulanan ve dönmeye karşı dirence sebep olan My momentidir. Z eksenini doğrudusunda uygulanan ve tekerleğin hizalanmasını sağlayan da Mz momentidir.

Bu eksen sistemleri ile tekerlek hakkındaki birçok performans parametresi uygun bir şekilde tanımlanabilir. Örneğin, normal basınç merkezindeki boylamsal bir değişim, standart yük altında tekerleğin dönmeye karşı direnç gösteren momentin oranı ile tanımlanabilir. Standart basıncın merkezindeki yanal değişim, normal yük altında oluşan dönme momentinin oranı ile açıklanabilir. Tekerleğin zemine temas eden yüzeyi üzerinde boylamsal kesme kuvvetlerinin birleşmesi, çekme ve frenleme kuvvetlerini temsil eder. Tekerleğin dönme eksenini üzerinde oluşan hareketlenme sağlayan tork, aracın hızlanmasını ve yavaşlamasını sağlayan bir kuvvet üretir. Dönen bir tekerlek ile alakalı olarak kayma ve eğilme açısı denen 2 önemli açı söz konusudur. Kayma açısı, zemin ile tekerleğin kesişiminde, tekerlek hareket doğrudusu ile ilerleme doğrudusu arasında oluşur ve "cr" ile gösterilir. Eğilme açısı ise tekerlek düzlemi ile xz düzlemi arasında oluşur ve "y" ile gösterilir. Tekerlek ile zemin arasındaki yanal kuvvet, hem kayma hem de eğilme açısı üzerinde etkilidir.

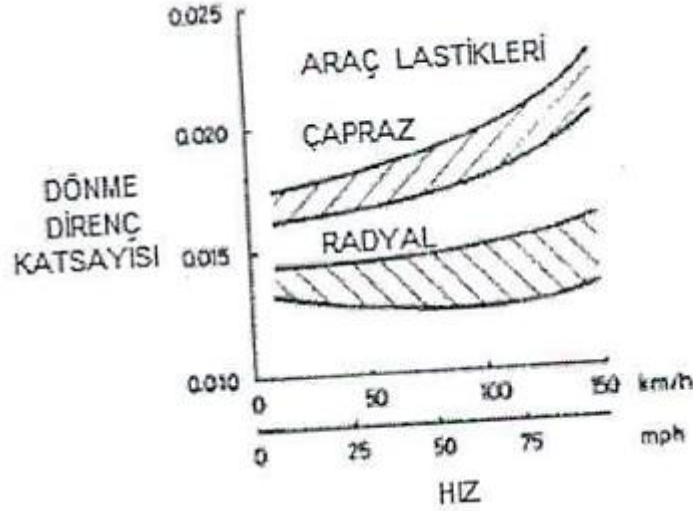
## 4.2 Tekerleklerin Dönme Dirençleri

Sert zemin üzerinde tekerleklerin dönme direncini en çok, iskeleti meydana getiren materyallerin dönme esnasında kesiklik göstermesidir. Tekerlek kayması nedeniyle oluşan tekerlek ile zemin arasındaki sürtünme, tekerlek içindeki havanın sirküle olmasına neden olur. Tekerlek dönüşü de hava içinde fan etkisi yaratır ve tekerleğin dönüşüne karşı direnç oluşmasına neden olur. Ancak bu etkiler ikinci derecede önem taşır. Uygulanmış deneysel sonuçlar, 128-152 km/h (80-95mph) hızlarda dönen tekerlekteki bozulmalar, % 90-95 oranında tekerleğin dahili yapısal sorunlarından, %2-10 oranında tekerlek ile zemin arasındaki sürtünmeden ve %1.5-3.5 oranında dönen tekerleğe uygulanan hava direnci nedeniyle meydana gelir. Tekerlek yapısı içindeki toplam enerji kayıpları, bir radyal katmanlı kamyon tekerleği için ortaya konulmuştur; tekerleğin temas yüzeyi ile kuşağı içindeki

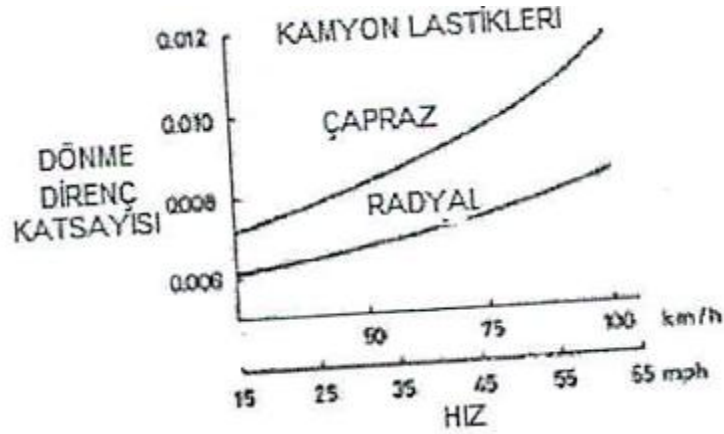
bozulmalarda %73, tekerlek yanaklarında %13, genellikle omuz bölgesi olarak bilinen temas yüzeyi ile yanaklar arasındaki bölgede %12 ve çemberlerde %2'dir.

Bir tekerlek döndüğü zaman iskelet, tekerlek temas bölgesinde bükülür. Tekerlek çarpıklığının bir sonucu olarak, temas eden yüzeyde meydana gelen basınç, boşta kalan diğer kısımdan daha fazladır. oluşan bu basınç merkezi, tekerleğin dönme istikametini değiştirir. Bu değişim, tekerleğin dönme eksenini etrafında bir moment oluşmasına neden olur. Bu moment, dönme direnç momentidir. Boşta dönen bir tekerlekte, uygulanan tekerlek torku sıfırdır. Bu nedenle, tekerlek-zemin temas yüzeyinde dengeyi sağlama adına yatay bir kuvvet bulunmalıdır. Ortaya çıkan bu yatay kuvvet, genel olarak dönme direnci olarak bilinir. Normal bir yük altındaki tekerlekte oluşan dönme direncinin oranı, dönme direnç katsayısı olarak tanımlanır.

Pnömatik bir tekerlekte dönme direncine etki eden birkaç etken vardır. Bu etkenler, tekerleğin yapısına (konstrüksiyon ve materyaller) ve çalışma verimine (yüzey kondisyonu, havanın şişirme basıncı, hız, sıcaklık, vs.) bağlıdır. Tekerlek yapısı, onun dönme direnci üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Farklı hızlar altında dönme direnç katsayısı Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Bunun için düz bir yolda şişkin haldeki hem radyal hem de çapraz katmanlı yolcu araç tekerlekleri kullanılmıştır. Belirli bir kondisyona sahip ve aynı ölçülere sahip radyal ve çapraz kamyon tekerlekleri arasındaki dönme direnç katsayısı değerlerindeki değişim Şekil 4.4'te gösterilmiştir. İskeleti oluşturan katmanların sayısı ile yüzey ve yanak kalınlıklarının artırılması, dönme direncini artırır. Bunun nedeni daha büyük çaptaki sürtünme kayıplarıdır. Sentetik kauçuk bileşenlerden yapılmış olan tekerlekler, doğal kauçuk olanlara kıyasla genel olarak daha yüksek dönme direncine sahiptir. Daha fazla yol tutuş ve çekiş gücü sağlayan bütül kauçuk bileşenlerden yapılmış tekerlekler, geleneksel kauçuk bileşenlerden yapılmış olan tekerlere kıyasla daha yüksek dönme direnci göstermektedirler. Bütül kauçuk bileşenlerinden yapılmış sentetik bileşenli tekerleklere kıyasla doğal kauçuk bileşenli tekerleklerin dönme direnci yaklaşık olarak sırasıyla 1.06 ve 1.35 olarak bulunmuştur.



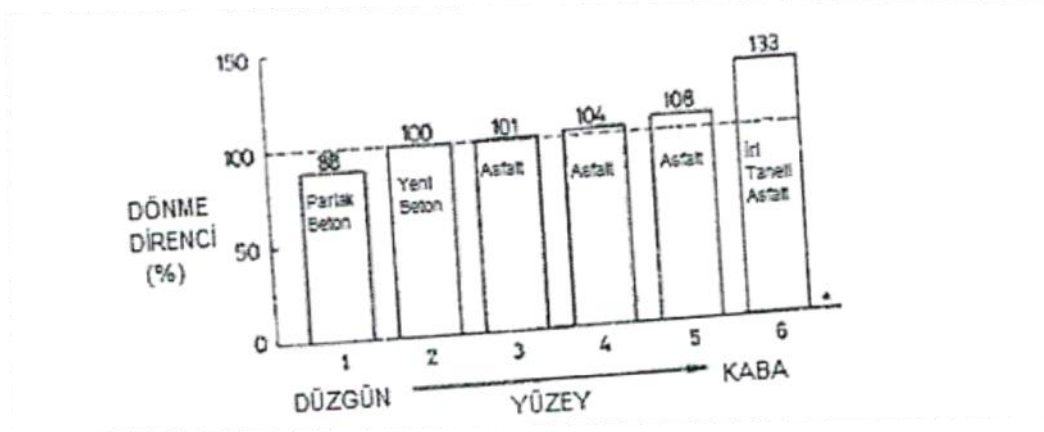
Şekil 4.3: Binek araçlarda, çapraz katmanlı ve radyal lastiklerde, farklı hızlarda dönme direnç katsayısının değişimi



Şekil 4.4: Belirli bir kondisyona sahip, aynı ölçülerdeki çapraz radyal kamyon tekerlekleri arasındaki dönme direnç katsayısının değişimi

Zemin yüzeyinin yapısı da dönme direncine etki eder. Sert ve düz yüzeylerde dönme direnci, pürüzlü yüzeye kıyasla dikkate değer bir şekilde daha düşüktür. Islak yüzeylerdeki dönme direnci, genel olarak gözlemlenen kadarıyla kuru yüzeylerde görülen dirençten daha yüksektir. iri taneli asfalttan parlak betona kadar 6 farklı dokuya sahip yol yüzeyi üzerinde, bir yolcu araç tekerleğinde görülen dönme direnci, karşılaştırmalı olarak Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Bu 6 farklı yolun profil yapısı Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Şekil 4.5'te 6 numaralı gösterilen iri taneli asfalt yüzeydeki tekerlek dönme direnci, 2 numaralı gösterilen yeni beton yüzeydeki dirence kıyasla %33 daha fazladır. Şekil üzerinde I numaralı gösterilen parlak beton yüzeydeki tekerlek dönme direnci, 2 numaralı gösterilen yeni beton yüzeydeki dirence kıyasla % 12 daha azdır.





Şekil 4.5: İri taneli asfalttan,parlak betona kadar 6 farklı dokuya sahip yol yüzeyi üzerinde tekerlekte görülen dönme direnci karşılaştırması

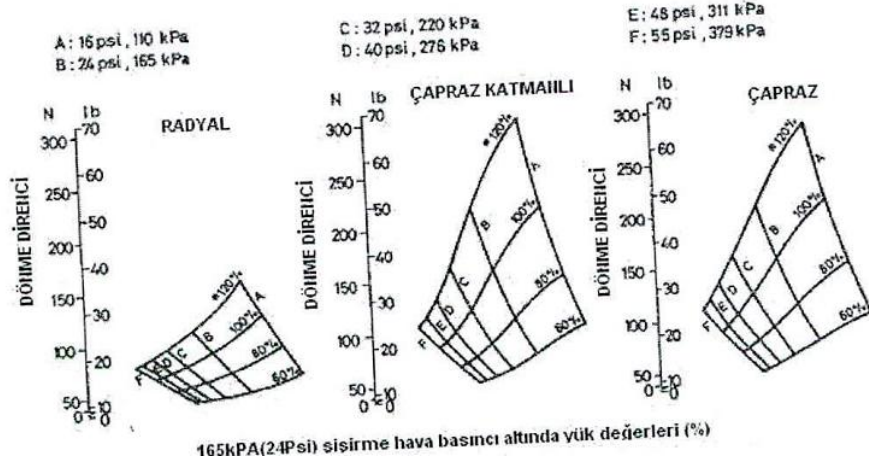


Şekil 4.6: Farklı yapılarıdaki yolların profil yapıları

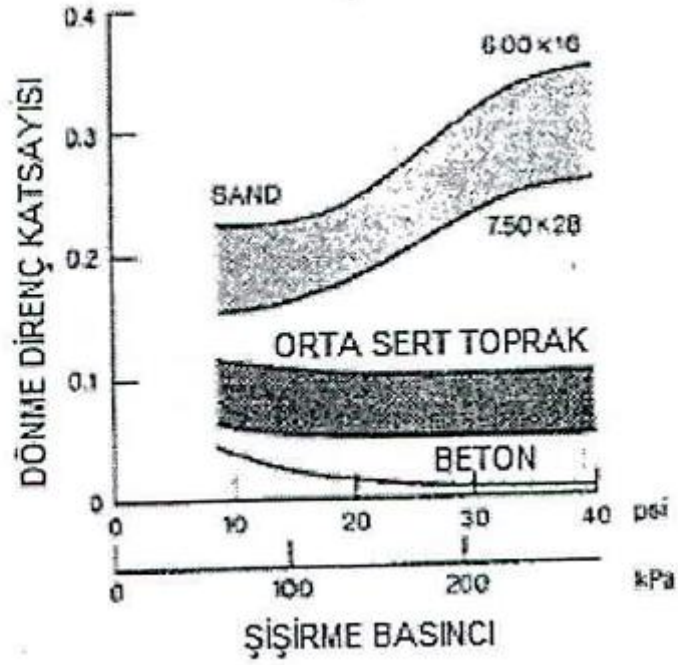
Tekerleği şişiren havanın basıncı, tekerleğin esnekliğine etki eder. Zeminin deformasyon miktarına bağlı olarak bu hava basıncı, tekerlek dönme direncine farklı şekillerde etkiler. Sert yüzeylerde, hava basıncının artması genellikle dönme direncini artırır. Bunun nedeni yüksek hava basıncının, tekerleğin dönmesi esnasında sapmaları arttırmasıdır. Radyal katmanlı bir tekerlekte (OR78-15), çapraz katmanlı ve çapraz kuşaklı bir tekerlekte (her iki için de 078-15), farklı nominal yükler altında, yük değerleri yüzde değerlerle gösterilen, 165 kPa (24 psi) şişirme hava basıncı altında, tekerleklere etki eden dönme direncinin şişirme basıncına bağlı olarak nasıl değiştiği Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Testler boyunca tekerleklerdeki hava basıncı kontrol edilmiş ve belirli seviyede tutulmuştur. Hava basıncındaki değişimin,

radyal katmanlı tekerleklere kıyasla çapraz katmanlı ve çapraz kuşaklı tekerlelerdeki dönme direncine daha fazla etki ettiği görülmektedir. Kum gibi deforme olmaya yatkın yüzeylerde, yüksek hava basıncı tekerleğin zemine daha fazla etki etmesine neden olur ve Şekil 3.8'de gösterildiği gibi daha yüksek dönme direnci ortaya çıkarır. Diğer taraftan düşük hava basıncı, yüzeyde daha az deformasyona sebep olurken, tekerlek sıçramasına neden olduğundan dolayı dahili yapısal kayıplar meydana getirir. Onun için optimum hava basıncı değeri, deforme olmaya müsait bir zemin üzerinde belirli bir tekerlek için toplam zemin deforme miktarını ve dahili yapısal bozulmaları minimize eder.

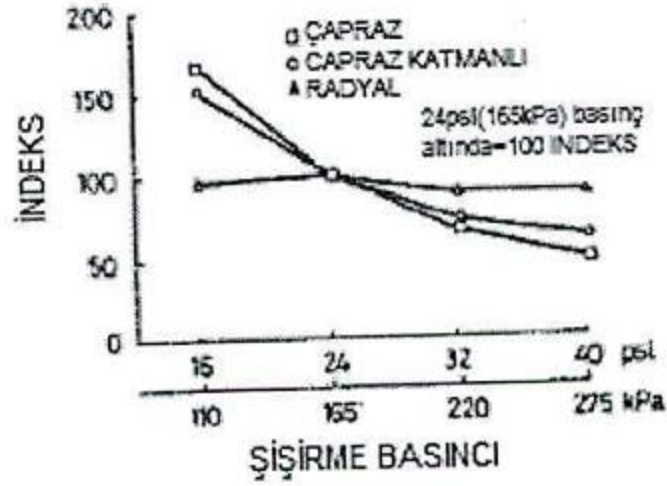
Hava basıncı sadece tekerlek dönme direncine etki etmez, tekerlek yüzey yapısına da etki eder. Radyal katmanlı, çapraz katmanlı ve çapraz kuşaklı bir tekerlekteki yüzey deformelerine hava basıncının etkisi Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Tekerlek yüzeyindeki aşınma oranı, 165 kPa (24 psi) hava basıncı altında karşılaştırma adına bir referans olarak kullanılmıştır. Şekil üzerinde hava basıncı değerinin radyal katmanlı tekerleklere kıyasla çapraz katmanlı ve çapraz kuşaklı tekerlekler üzerinde daha etkili olduğu görülmektedir. Dönme direnci sürüş hızını da etkiler. Bunun nedeni, hızın artması ile tekerlekteki deformasyon ve vibrasyon miktarının da artmasıdır. çapraz ve radyal katmanlı yolcu araç ve kamyon tekerlekleri üzerinde, hızın dönme direncine etkisi sırasıyla Şekil 4.3 ve 4.4'te gösterilmiştir. Belirli bir kullanım durumu altında verilen bir tekerlek için bir eşik değerdeki hız altında, popüler olarak duran dalga olarak isimlendirilen ve Şekil 4.10'da görülebilen bir tekerlek formu meydana gelir. Bu eşik değeri tekerlek üzerindeki çevresel direnç kuvveti, Pt değeri ise tekerlek yüzeyindeki birim alana düşen malzeme yoğunluğudur. Hızla dönen tekerlek üzerinde meydana gelen duran dalga formu, hızdan dolayı tekerleğin normal formuna gelemmez ve tekerlek aynı hızda döndüğü sürece aynı form kalıcı şekilde gözlemlenebilir. Duran dalga formunun genişliği, tekerlek yüzeyinin zeminden ayrılmasından hemen sonrasına en büyük halde bulunur. Duran dalga genişliği tekerlek çevresinde giderek azalır ve yok olur. Duran dalga formu enerji kayıplarında büyük artış gösterir. Meydana gelen ısı değişimleri de tekerlek bünyesinde bozulmalara neden olur. Bu durum, tekerleklerin çalışma hızlarında güvenli bir üst limit belirlenmesine yardımcı olur.



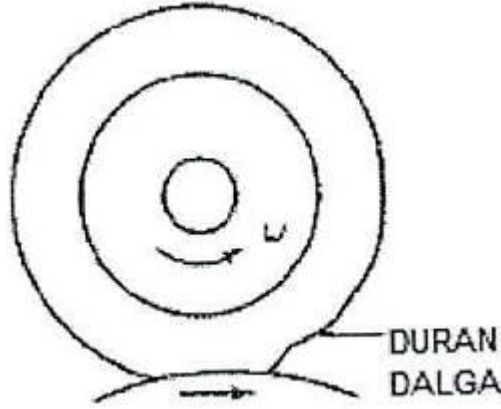
Şekil 4.7: Tekerleklerle etki eden dönme direncinin şişirme basıncına bağlı olarak değişimi



Şekil 4.8: Dönme direnç katsayısının, değişik yüzeylerde şişirme basıncı ile değişimi



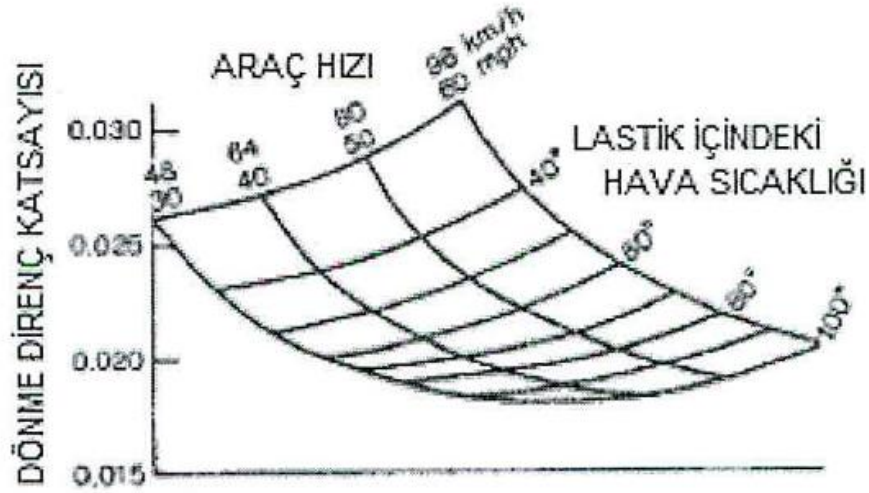
Şekil 4.9: Radyal katmanlı, çapraz katmanlı ve çapraz kuşaklı bir tekerlekteki yüzey deformelerine hava basıncının etkisi



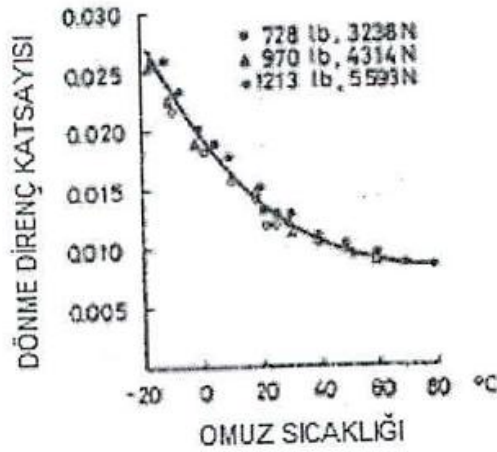
Şekil 4.10: Yüksek hızlardaki duran dalga formu

Çalışma sıcaklığı, tekerlek çapı ve çekiş gücü, bir tekerleğin dönme direnci üstünde etkiye sahiptir. Çalışma sıcaklığının dönme direncine olan etkisi iki şekilde olur. Birinci etki, tekerlek boşluğunu dolduran havanın sıcaklığındaki değişimden kaynaklı olarak şişkinlik sağlayan havanın basıncında değişim meydana gelmesidir. İkinci etki, tekerleğin yapısındaki kauçuk malzemenin sertlik ve elastikiyetindeki değişimdir. Bir otomobil tekerleğini şişiren havanın sıcaklığının, dönme direncine olan etkisi Şekil 4. 11'de gösterilmiştir. Radyal katmanlı bir yolcu araç tekerleğinin omuz kısmındaki sıcaklık değişiminin dönme direnç katsayısındaki etkisi Şekil 4.12'de gösterilmiştir. Burada, söz konusu tekerlek için omuz kısmında oluşan sıcaklık değişimi  $10^\circ$  değerinden  $60^\circ$  değerine gelince, tekerleğin dönme direnci değeri 2.3 kat azalır. Ayrıca tekerleğin dönme direnç katsayısındaki değişimi

etkileyen omuz sıcaklığının ortam sıcaklığı ile aynı olmadığı da görülmüştür. Tekerlek çapındaki değişimin dönme direnç katsayısına olan etkisi de Şekil 4.13'de gösterilmiştir. Burada, beton üzerinde çalışan tekerleğin dönme direncine olan çap değişim etkisi ihmal edilebilir değerdedir ancak yumuşak zemindeki çap değişim etkisi ihmal edilebilecek bir değerde değildir. Şekil 4.14'de tekerleğin dönme direncine olan çekiş ve frenleme etkisi gösterilmiştir.



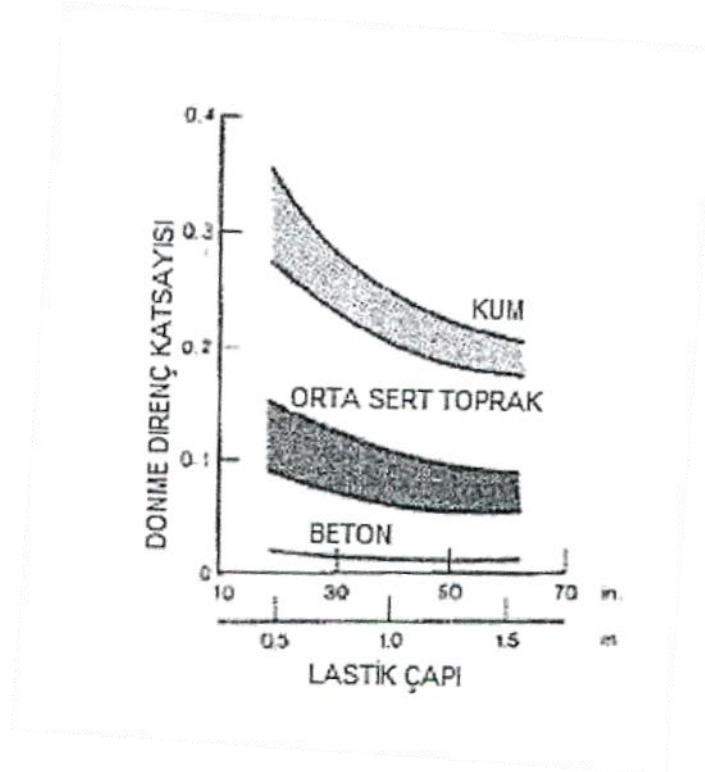
Şekil 4.11: Lastik içindeki sıcak havanın, dönme direnç katsayısına etkisi



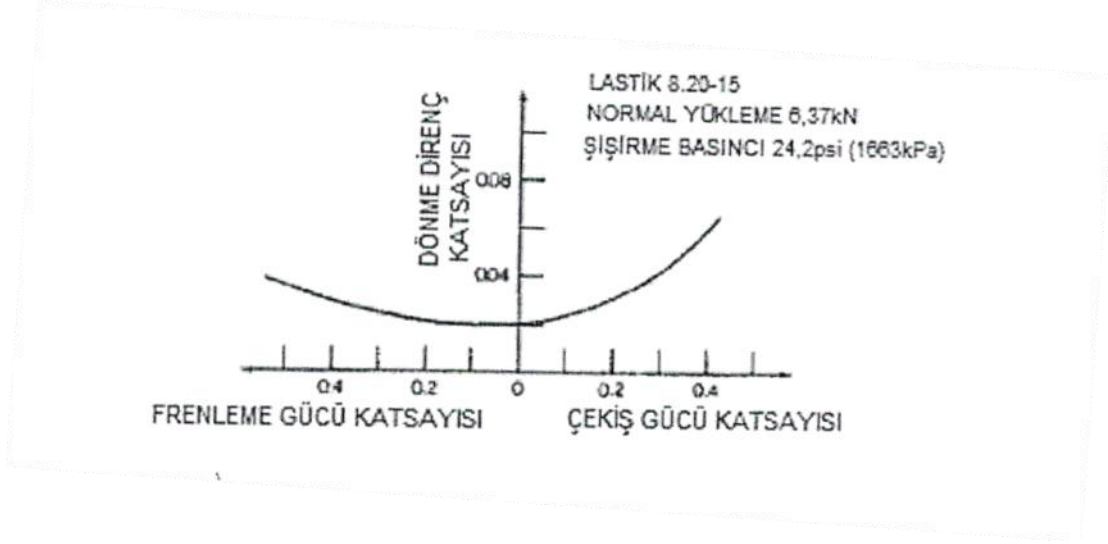
Şekil 4.12: Lastik omuz sıcaklığı değişiminin, dönme direnç katsayısına etkisi

Bir tekerleğin dönme direncine etki eden malzeme, konstrüksiyon ve tasarım parametreleri göz önünde tutulduğu zaman, araç ile ona takılı tekerlekleri bir bütün olarak ele almak, bunun karakteristik özelliklerine ve tekerleklerdeki enerji kayıplarına uygun bir bakış açısıyla bakmak gerekli hale gelmektedir. Mümkün

olduğunca tekerlek dönme direncini düşük tutmak, istenen bir durum olsa da diğer performans etkileyici parametreleri değerlendirmek ve karar vermek zorunludur. Bu performans parametreleri; tekerleğin dayanıklılık ve kullanım ömrü, çekiş ve dönüş direncine olan bakış açısı, sentetik kauçuk bileşenlerine kıyasla doğal kauçuk özellikleri, yol tutma özelliği ve maliyeti gibi parametrelerdir. Örneğin dönme bileşenlerinde daha az uygun durumdadır. Bunun maliyet avantajları, kullanım ömrü, ıslak yol tutuşu, popülerite gibi nedenleri vardır. Özellikle de yolcu araç tekerleklerinin yola temas eden kısımlarında kullanılan kauçuk düşünüldüğü zaman daha yerinde bir karar olacaktır. Yüksek performanslı araçlarda, bütül kauçuk malzemeler kullanılan tekerlekler bazı avantajlar sağlar. Bunun nedeni, bu kauçuk cinsinin, yıpranmaya müsait olmasına rağmen çekiş, yol tutuş, sessiz çalışma ve konfor gibi özellikleri tercih nedenidir.



Şekil 4.13: Değişik yüzeylerde, lastik çapının dönme direnç katsayısı üzerindeki etkisi



Şekil 4.14: Lastikte frenleme ve çekiş gücünün dönme direnç katsayısına etkisi

Tekerleğin tasarım ve çalışma parametreleri ile dönme direnci arasındaki son derece karmaşık ilişkileri, eğer analitik bir metot olmadan açıklamak gerçekten zordur. Dönme direncini belirlemek neredeyse tamamen deneysel verilere dayanır. Bu deneysel verileri toplamak adına üniform bir yöntem sağlamak için Otomotiv Mühendisleri Derneği "SAE Handbook" kitabında, farklı tip yüzey tipleri üzerinde farklı tekerlekler için dönme direnci verileri elde etmeyi tavsiye eder.

Deneysel verilerin temelinde, sert yüzey üzerinde çalışan tekerleklerin dönme direncini hesaplayan deneysel formüller temel alınır. Örneğin Şekil 4.3'te gösterilen deneysel veriler, düz bir yol üzerinde belirli bir yük altında çalışan radyal katmanlı yolcu araç tekerleği için, dönme direnç katsayısı  $f_r$  ile hız  $V$  (150 km/h veya 93mph değere kadar) aşağıdaki formülle ifade edilir;

$$f_r = 0.0136 + 0.40 \times 10^{-7} V^2 \quad (4.1)$$

Çapraz katmanlı yolcu araç tekerlekleri için de aşağıdaki formül geçerlidir;

$$f_r = 0.0169 + 0.19 \times 10^{-6} V^2 \quad (4.2)$$

Bu formüllerde  $V$  ile belirtilen hız değerleri km/h cinsinden verilmiştir.



Şekil 4.4'te verilen deneysel veriler, belirli bir yük altında hava basınçlı radyal katmanlı kamyon tekerleklerindeki dönme direnç katsayısı  $f_r$  ile hız  $V$  (100 km/h veya 62 mph değere kadar) arasındaki ilişkiyi gösterir;

$$f_r = 0.006 + 0.23 \times 10^{-6} V^2 \quad (4.3)$$

Çapraz katmanlı kamyon tekerlekleri için de aşağıdaki formül geçerlidir;

$$f_r = 0.007 + 0.45 \times 10^{-6} V^2 \quad (4.4)$$

Bu formüllerde  $V$  ile belirtilen hız değerleri km/h cinsinden verilmiştir.

Kamyon tekerleklerinin dönme direnç katsayısı, benzer zemin üzerinde çalışan yolcu araç tekerleklerinin dönme direnç katsayısından genelde daha düşüktür. Bunun temel nedeni kamyon tekerleklerindeki hava basıncının yolcu araç tekerleklerine kıyasla daha yüksek olmasıdır (kamyondakilerde basınç genellikle 620- 827 kPa veya 90-120 psi değerinde iken yolcu araç tekerleklerindeki basınç 193-248 kPa veya 28-36 psi değerindedir).

İlk performans hesaplamalarında, tekerleğin hız değeri göz ardı edildi ve belirli bir çalışma performansı için ortalama bir değeri  $J_r$  kullanıldı. Farklı tipteki tekerlekler için ortalama değerleri, farklı yüzey tipleri için Tablo 4.1'de özetlenmiştir.

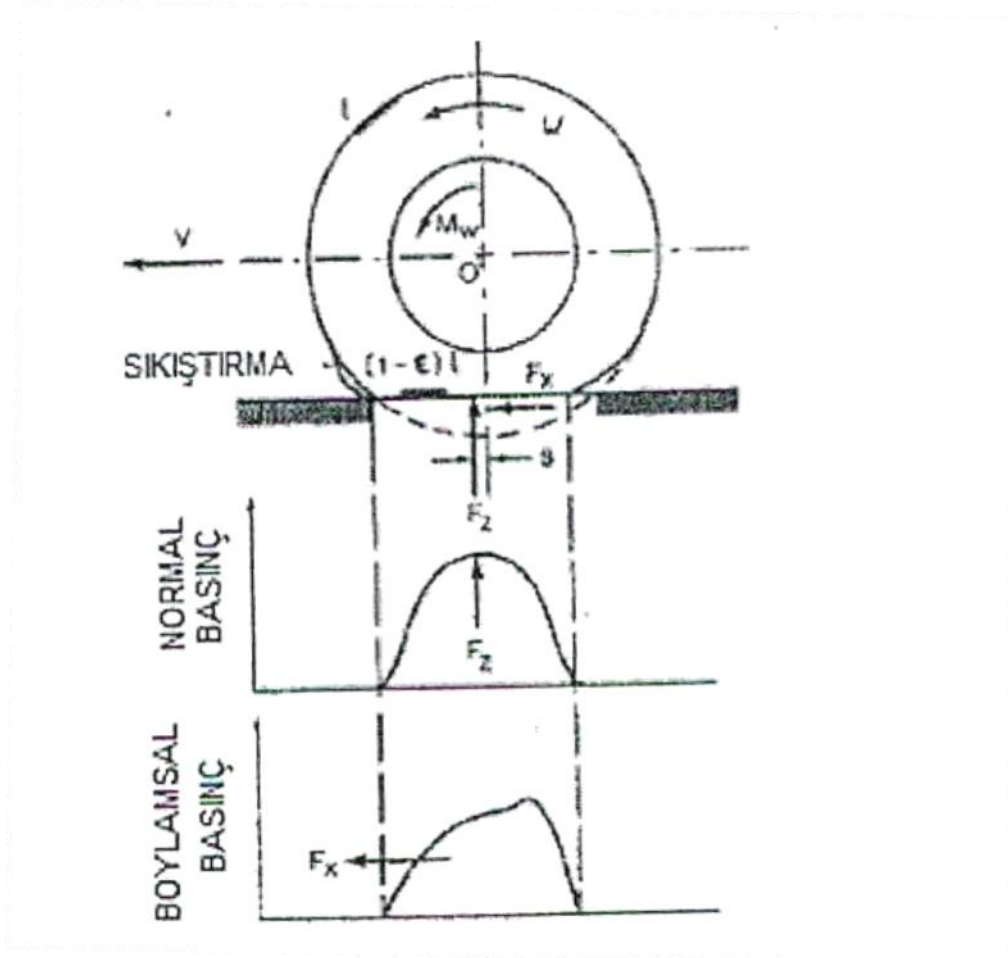
Tablo 4.1: Dönme direnç katsayısı

Lastik Tipi	Yüzey		
	Beton	Orta Sert Toprak	Kum
Binek Araç	0.015	0.08	0.30
Kamyon	0.010	0.06	0.25
Traktör	0.02	0.04	0.20



### 4.3 Çekiş (Frenleme) Hareketi ve Boylamsal Kayma (Patinaj)

Pnömatik bir tekerleğe bir hareket torku uygulandığı zaman, Şekil 4.15'te de gösterildiği gibi tekerlek ile zemin temas yüzeyinde bir çekiş gücü ortaya çıkar. Aynı zamanda, tekerlek dış yüzeyinin temas bölgesindeki kısmı da sıkışmaya meyillidir. Tekerlek yanaklarında da aynı derecede bir deformasyon ortaya çıkar.



Şekil 4.15: Çekiş gücü uygulanmış bir lastiğin davranışı

Temas bölgesinin başlangıcından hemen önceki tekerlek dış yüzeyinin bileşenlerinde sıkışmaya meydana gelir ve bu durum, tekerleğin boşa dönme durumundan daha az hareket torku uygulanmasını gerektirir. Buna genellikle boylamsal kayma olarak değer verilir. Aracın çalışan dişlisindeki boylamsal kayma değeri, hareket torku uygulandığı zaman genellikle aşağıda verilen formülle elde edilir;

$$i = \left(1 - \frac{V}{r_w}\right) x(\%100) = \left(1 - \frac{r_e}{r}\right) x(\%100) \quad (4.5)$$

Formülde verilen V değeri tekerlek merkezinin lineer hızıdır. W değeri tekerleğin açısal hızıdır. r değeri boşta dönen tekerleğin yarıçapıdır. re değeri yük altında dönen tekerleğin yarıçapıdır ve tekerlek merkezinin lineer hızının açısal hızına olan oranıdır.

Bir hareket torku uygulandığı zaman, eşdeğerde bir ilerleme olmadan tekerlek dönmeye başlar. Bu nedenle  $r_w > V$  denkliği vardır ve kayma durumlarında pozitif değerdedir. Eğer bir tekerlek belirli bir açısal hızda dönüyorsa ve merkezdeki lineer hız da sıfır ise bu durumda 4.5 numaralı denklem geçerli olur ve tekerleğin boylamsal kaymaları %100 olacaktır. Bu durum çoğu zaman buzlu zeminlerde gözlemlenir. Böyle durumlarda tork uygulanan tekerlekler yüksek açısal hızlarda dönmeye başlar fakat ileriye hareket gerçekleşmez. 4.5 numaralı denklemde verilen boylamsal kayma hesaplaması, bu çalışmada anlatılan tekerlek mekaniğinin analiz edilmesinde kullanılmıştır.

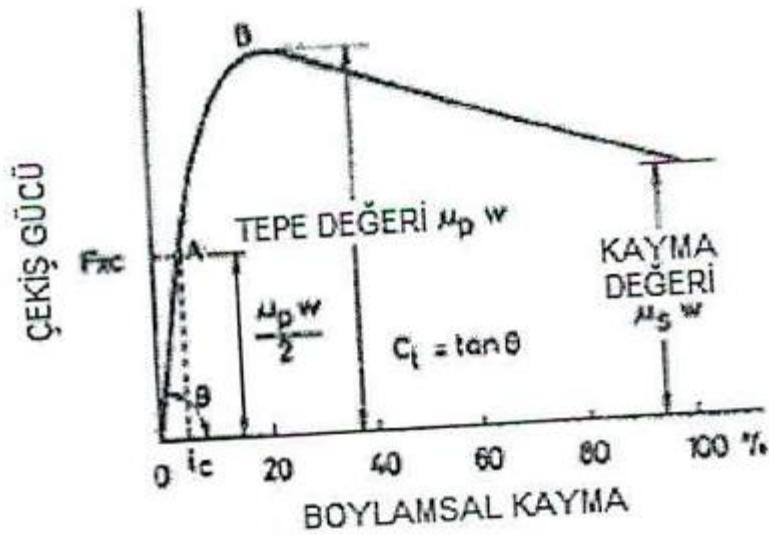
Birkaç yayında verilen ve 4.5 numaralı boylamsal kayma hesaplama denkleminde farklı tanımlar olabilir. Örneğin "SAE Handbook Supplement, Vehicle Dynamics Terminology J670e" kitabında boylamsal kayma, boşta dönen bir tekerleğin hızının dönme hızına oranı yüzde bir değer olacak şekilde oransal olarak tanımlanmıştır. Boylamsal dönme hızı, boşta dönen bir tekerlek ile frenleme yapan bir tekerleğin arasındaki hız farkı olarak tanımlanır. Her iki dönme hızı da tekerlek merkezinde x doğrultusunda benzer lineer hız dahilinde ölçülür (Şekil 4.2). Hareket torkundan kaynaklı olarak bir pozitif değerli kayma meydana gelir. Aslında boylamsal kayma değeri SAE tarafından aşağıdaki formülle tanımlanmıştır;

$$i = \left(\frac{r_w}{V} - 1\right) x(\%100) = \left(\frac{r}{r_e} - 1\right) x(\%100) \quad (4.6)$$

Buradaki V, w, r ve re değerleri, 4.5 numaralı eşitlik ile aynı tanımdadır. Tekerlek merkezinin lineer hızı sıfır iken belirli bir açısal hızda dönen tekerleğin boylamsal kaymanın, SAE tarafından tavsiye edilen değerinin sonsuz olduğu not edilmelidir.

Çekiş gücü, sabit bir değer altında tekerleklere uygulanan hareket torkunun bir sonucu olarak ortaya çıkar ve orantılı olarak değer alır. Kayma olayı da çekiş

hareketinin bir fonksiyonudur. Genel olarak ifade edilene bakarsak, hareket torku ve çekiş gücü kayma ile beraber lineer olarak artar. Çünkü kaymanın başlangıçta, tekerlek yüzeyinin elastik deformasyonundan kaynaklandığını söylemiştik. Şekil 4.16 üzerinde OA bölgesinde görülen eğri buna karşılık gelmektedir. Çekiş gücünün ve hareket torkunun daha fazla artması, tekerlek yüzeyinin zemin üzerinde kaymasına neden olur. Bu koşullar altında çekiş gücü ile kayma arasında ilişki lineer değildir. Bu durum da Şekil 4.16 üzerinde AB bölgesindeki eğri ile ifade edilmiştir. Mevcut deneysel veriler göz önünde tutulursa, sert zemin üzerindeki pnömomatik bir tekerleğin maksimum çekiş gücü genellikle %15 ile %20 arasında bir kaymaya neden olur. Şekil 4.16'da görülebileceği gibi çekiş gücünün en üst değerden ( $u_{sW}$ ) daha az bir değere ( $u_{pW}$ ) düşmesi de kaymanın artmasına neden olmaktadır. Burada W değeri tekerlek üzerindeki yükü,  $u_p$  ve  $u_s$  değerleri de kayma miktarlarını göstermektedir.



Şekil 4.16: Çekiş gücünün boylamsal kayma ile değişimi

Sert bir zemin üzerinde pnömomatik bir tekerlekteki çekiş gücü ile boylamsal kayma arasındaki ilişkiyi tam olarak açıklayabilecek bir genel teori henüz geliştirilememiştir. Ancak söz konusu durumun fiziksel olarak doğasını anlama adına birkaç teori halihazırda mevcuttur. Pnömomatik bir tekerleğin çekiş gücü ile boylamsal kayması arasındaki ilişkiyi teorik olarak ilk defa açıklayan Julien'dir.

Julien'in teorisinde, tekerlek yüzeyi elastik bir bant olarak, tekerlek zemin temas yüzeyi de üniform olarak dağılmış normal bir yük altında kare şeklinde kabul edilir. Bu temas yüzeyini kayan ve tutunan yüzey olarak ikiye ayırmak mümkündür. Tutunma bölgesinde, tekerleklerin elastik özelliklerinden kaynaklı farklı kuvvetler

görülürken kayma bölgesinde, tekerlek zemin temas yüzeyinin özelliklerinden kaynaklı farklı kuvvetler görülür. Bir tekerleğe dönme torku uygulandığı zaman, tekerlek zemin temas yüzeyinin ön kısmında dönme torkundan kaynaklı boylamsal gerilme  $E$  meydana gelir. Temas yüzeyindeki tutunma bölgesi sabit tutulursa, tekerlek ile zemin arasında kayma meydana gelmez. Tekerlek ile zemin arasındaki temas yüzeyi üzerinde tekerlek yüzeyinin boylamsal deformasyonuna  $e_0$  ve temas yüzeyinin başlama noktasından  $x$  kadarlık bir arka mesafedeki boylamsal deformasyon  $e$  ile gösterilirse;

$$e = e_0 + xe \quad (4.7)$$

Burada  $e_0$  ile  $e$  değerlerini orantılı ve  $e_0$  ile  $\lambda_e$  değerleri eşit alınırsa;

$$e = (\lambda + x)e \quad (4.8)$$

Tekerlek ile zemin arasındaki tutunma bölgesinde, temas yüzeyindeki kayma sıfır kabul edilirse, tekerlek temas yüzeyindeki deformasyon miktarı, çekiş gücünü direkt olarak etkiler. Bu durumda aşağıdaki denklem yazılabilir;

$$\frac{dF_x}{dx} = k_t e = k_t (\lambda + x)E \quad (4.9)$$

Burada  $k_t$  değeri tekerlek yüzeyinin teğet sertlik değeridir.  $F_x$  değeri tekerleğe uygulanan çekiş kuvvetidir. Belirli bir yük ve şişirme basıncı altında örnek bir kamyon tekerleğindeki deneysel veriler göz önünde tutulursa, dar bir bölge içinde de  $k_t$  değeri, radyal katmanlı bir tekerlek için yaklaşık olarak  $3930 \text{ kN/m}^2$  ( $570 \text{ lb/in.}^2$ ) iken çapraz katmanlı bir tekerlek için yaklaşık olarak  $4206 \text{ kN/m}^2$  ( $610 \text{ lb/in.}^2$ ) olur.

## 5. NİTROJEN GAZININ LASTİK ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN TEORİK AÇIKLAMASI.

Tablo 5.1: Deniz seviyesindeki havanın bileşeni

GAZLAR	HACİMCE %
N <sub>2</sub>	78.084
O <sub>2</sub>	20.946
Ar	0.934
CO <sub>2</sub>	0.035
<b>Diğer soy gazlar</b>	<b>0,002428</b>
CH <sub>4</sub>	0,00015
H <sub>2</sub>	0,00005
NO	0,0000251
CO	0,00001
O <sub>3</sub>	0,000002
SO <sub>2</sub>	0,00000002
Su buhar ve toz havada değişik oranlarda bulunur	

Lastik içerisine basılan normal havanın içeriğinde % 78,084 oranında nitrojen gazı, %20,946 oranında oksijen, %0,006 oranında ise diğer gazlar (CO<sub>2</sub>, Ar. vb) bulunmaktadır. Lastik çalışırken veya dururken jant kenarlarından, sübap o-ringlerinden hava kaçırarak basıncı düşer. Lastik basıncının düşmesiyle lastiğin yola basma yüzeyi azalır, aracın lastiklerine düşen yük dağılımı değişerek lastik ömrü düşer. Buna bağlı olarak frenleme kapasitesi azalarak frenleme mesafesi uzar.

Lastiklerde nitrojen gazının kullanım sebebi bu sorun temelinde oluşmuştur. Oksijen molekülleri azot moleküllerine oranla daha küçük olduklarından difüzyon hızları, azot moleküllerine oranla 30–40 kat daha yüksektir. Bu nedenle normal havayla doldurulan lastik, azot ile doldurulan lastiğe oranla 3 kat daha hızlı hava kaybına uğrar. Lastiğe nitrojen gazı basıldığında bu hava kaçağı oranı düşerek lastik daha uzun süre sabit havada kalacaktır.

İşte bu teori çerçevesinde piyasada binek otomobil lastiklerine nitrojen gazı basılmaya başlanmıştır. Ayrıca nitrojen gazının lastiği daha soğuk tutarak lastiğin ısınmasını önlediği ve ısınmaya bağlı ömür düşüşlerini azalttığı düşüncesi halk

arasında hızlı bir şekilde yayılmış olup, nitrojen gazı yaygın bir şekilde halen kullanılmaktadır.

Nitrojen gazının lastiklere basılması fikri, 2005 ile 2008 yıllarında iş makinesi lastiklerinde yaşanan lastik krizi ile birlikte bu sektöre atlamıştır. O günden bu yana iş makinesi lastiklerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yıllarda yaşanan lastik krizinde firmalar lastik bulamamış, çoğu iş makinesi lastiksizlik sebebiyle çalıştırılmamıştır. Yaşanan kriz firmaları kullandıkları lastikleri daha çok kullanma arayışına yöneltmiş, bunun sonucunda birçok inşaat ve madencilik firmaları lastiklerde nitrojen gazı kullanmaya başlamıştır.

Bizde bu çalışmada teorik olarak doğru olan bu fikrin, pratikte geçerliliği olup olmadığını saha şartlarında test ettik ve sonuçları ortaya çıkardık.

## 6. TEST MATERYALLERİ VE ÖZELLİKLERİ

- Lastik
- Kamyon
- Lastik basıncını ve sıcaklığını izleme sistemi
- Lastiğin çalıştığı yol ve saha şartları

### 6.1 Lastik

Bu çalışmada 3600 R 51 ölçülerinde Bridgestone marka E4 tipi 6 adet lastik kullanılmıştır. Kullanılan 6 adet lastiğin özellikleri aşağıdaki tabloda detaylı şekilde verilmiştir.

Tablo 6.1: Testte kullanılan lastiklerin teknik özellikleri

SIRA NO	MARKASI	EBADI	TENİK ÖZELLİĞİ	SERİ NO	Lastik TKPH @ 38C
1	BRİDEGESTONE	3600R51	VRLSA E3A	S3L000505	927
2				S3L000150	927
3				S3L001012	927
4				S3L000503	927
5				S3L001011	927
6				S3L000683	927

Yukarıdaki bilgiler ışığında, TKPH değerinin ne demek olduğunu açıklamakta yarar vardır. TKPH değeri saatteki yapılan işin ton-kilometre olarak ifadesidir. Fiili TKPH değeri hesaplanırken kaya kamyonun taşıdığı yük, taşıdığı hız, taşıdığı mesafe ve çalışma saati değerleri belirlenerek bir hesap sonucunda fiili TKPH değeri bulunur. Bu fiili TKPH değerinin, lastik üreticisinin belirlediği teorik TKPH değerinin altında olması gerekir. Eğer üzerinde ise lastiğin gümleme ihtimali çok yüksektir. Bu durumda ya lastik değiştirilerek daha büyük teorik TKPH'a sahip

lastik kullanılmalıdır, ya da yukarıda belirttiğimiz değerlerinden (çalışma saati, taşınan yük, taşıma hızı, taşıma mesafesi) herhangi biri düşürülerek fiili TKPH azaltılmalıdır. Test yapılacak sahanın fiili TKPH değeri aşağıda geniş bir şekilde açıklanacaktır.

## 6.2 Kamyon

Testte Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi müdürlüğüne ait Komatsu marka 630 ES Haulpak model 154 ton kapasiteli elektrikli kaya kamyonu kullanılmıştır. Kullanılan kaya kamyonun teknik özellikleri aşağıdaki tabloda detaylı şekilde verilmiştir.



Şekil 6.1: Testte kullanılan Komatsu 630ES haulpak kamyon

## 6.3 Lastik Basıncını ve Sıcaklığını İzleme Cihazı

Lastik basıncını ve sıcaklığını görebilmek için 6 sensörlü AVE marka cihaz kullandık. AVE marka cihaz 6 adet sensörden ve bir adet ekrandan oluşmaktadır. Lastiğin içine yerleştirilen bu sensörler belli aralıklarla lastik basıncını ve sıcaklığını ekrana gönderiyor.





Şekil 6.2: AVE marka lastik basınç- sıcaklık izleme sensörü

#### 6.4 Test Çalışma Alanı

Test çalışma alanı olarak Türkiye Kömür İşletmelerine(TKİ) bağlı Ege Linyitleri İşletmesi(ELİ) Müessese Müdürlüğü Eynez panosu seçilmiştir. Eynez panosu seçilmesinin sebebi test için kullanılan kamyonun daha öncede bu sahada çalışıyor olmasındandır.

Eynez panosu ELİ'nin açık ocak şeklinde çalışan önemli kömür sahalarından biridir. Şu anda Eynez panosunda 25 adet kaya kamyonu ve 35 Adet iş makinesi çalışmakta olup yılda 1 milyon m3 dekupaj yapmakta ve bir yılda 300 bin ton kömür üretimi yapılmaktadır. Toplam harman mesafesi 4,8 km. olup günde 2 vardiya olmak kaydıyla 16 saat çalışılmaktadır. Çalışma saatleri 08:00 ile 16:00 arası gündüz vardiyası, 17:00 ile 01:00 saatleri arası gece vardiyası şeklinde ayarlanmıştır. Eynez panosunda 12'si yönetici olmak kaydıyla toplam 125 kişi çalışmaktadır.



**Şekil 6.3:** Eynez panosu genel gösterimi

Saha da test için kullanılan kamyonu bağlanan GPRS cihazıyla yapılan TKPH ölçümünde sahanın fiili TKPH değeri bulunmuştur. Yapılan ölçüm sonucunda test kamyonun ön lastiklerinde oluşan fiili TKPH değeri 991, arka lastiklerinde oluşan fiili TKPH değeri 821 olduğu tespit edilmiştir. Bu test sahamızı ziyarete gelen Bridgestone firması teknik ekibi tarafından yapılmıştır.

Tablo 6.2: Eynez sahası TKPH hesaplaması

**TUR ZAMANI & TKPH**

	<b>Güzergah</b>	Maden(1)-Boşaltma	
A	Çalışma saati/vardiya	8	
B	Efektif saat /vardiya	7	
C	Mesafe/tur (km)	9,66	
D	Tur zamanı (dakika)	22,5	
E	Tur zamanı (saat)	0,375	. =D/60
F	Sefer/vardiya	18,7	
G	Vardiya km	180,3	. =B/E
H	Ort. çalışma vardiya hızı (AWSS)	25,8	. =G/B

**Makina:**

Model	<b>Kom 630ES</b>
Lastik ebadı	36.00R51 2*
Standart lastik yük kapasitesi(kg)	46.250

**Makine ağırlığı :**

Boş (ağırlık)	124.028
Taşınan yük	161.000
Yüklü (ağırlık)	285.028

<b>Eğim :</b>	<b>2-3%</b>		<b>Yüklü</b>	
Aks yükü :(Kg)	Boş	Yüklü	<b>Yük/lastik</b>	
Ön	58.169	95.769	47.885	104%
Arka	65.859	189.259	47.315	102%

Ort. Lastik yükü :

Ön	Arka
38,48	31,89

Operation Lastik TKPH:

Ön	Arka
991	821

Lastik (teorik) TKPH @ 38C

<b>VRLS</b>
927

	<b>E3A</b>
<b>Ön</b>	107%
<b>Arka</b>	89%



VRLS

## 7. TEST YAPILIŞ YÖNTEMİ.

### 7.1 Test Kamyonun Belirlenmesi

Test yapılacak olan kamyon belirlendi. Test yapılacak kamyon belirlenirken kamyonun verimliliği göz önünde bulunduruldu. Çünkü çok arıza yapan bir kamyon seçilse idi test aşamasında yapacağı herhangi bir uzun süreli arıza testi sıkıntıya sokabilirdi. Bunun yanında test yapılacak kamyonun operatörleri dikkate alındı. Çünkü test sırasında devamlı olarak iletişim halinde olacak, yaşadığı problemleri bize aktarması gerekecekti. Ayrıca test sırasında lastik verilerini bize doğru şekilde bize aktaracak ve yapılan teste vakıf olması gerekecekti. Bu bilgiler ışığında 555 kapı numaralı kamyon test kamyonu olarak belirlendi.

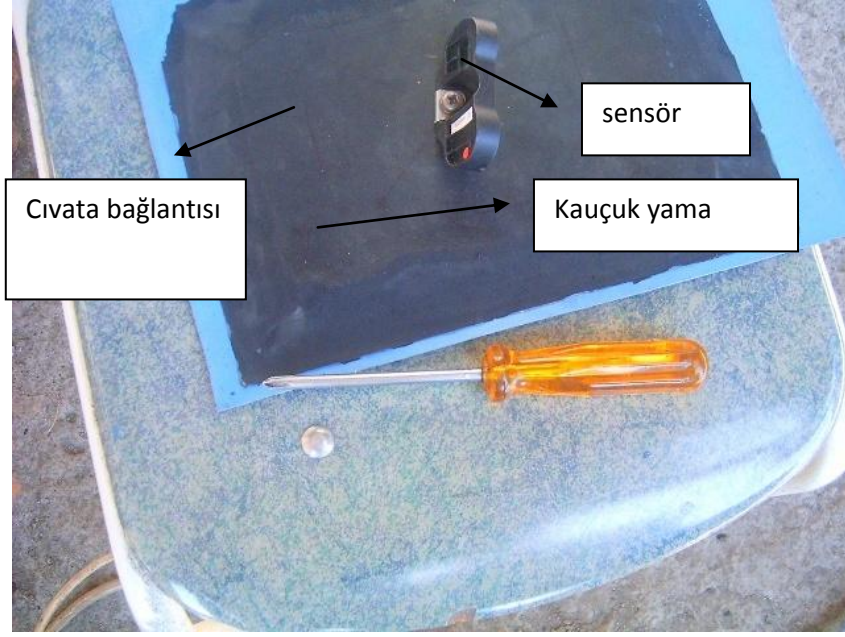
### 7.2 Lastiklere Basınç ve Sıcaklık Okuyucu Sensörlerin Yerleştirilmesi

6 adet yeni hiç kullanılmamış (yukarıda teknik özellikleri verilmiş) lastik test için hazırlandı. Bu lastiklerin içine yapıştırmak için, içine metal levha yerleştirilmiş 6 adet kauçuk yama hazırlandı.



Şekil 7.1: Kauçuk yama

Bu kauçuk yamalara AVE Marka lastik basınç ve sıcaklık izleme sensörü civata ile bağlandı.



Şekil 7.2: Kauçuk yamaya civata ile bağlanmış sensör

Oluşturulan bu 6 adet yama 6 adet lastiğin tabanına yama yapıştırıcısı ile yapıştırıldı. Yamalar lastiğe yapıştırılmadan önce yapıştıracak olduğumuz lastik tabanı ince zımpara ile zımparalanmıştır. Zımparalama esnasında liner tabakaya (lastik içerisindeki havanın kauçuk içine kaçmasını engelleyen tabaka) çok zarar verilmemesine dikkat edilmiştir. Eğer liner tabaka zarar görürse lastik içerisindeki hava liner tabakadan içeriye kaçarak lastikte kat ayrışmasına sebep olabilirdi.



Şekil 7.3: Sensör yerleştirilecek lastik resmi





Şekil 7.4: Lastiğin içine civata ile sensör monte edilmiş yama yapıştırılırken  
Lastiğin içine sensörler yapıştırıldıktan sonra, aşağıdaki resimlerde  
görülebileceği şekilde lastik toplanmıştır.



Şekil 7.5: Lastiğin jantı, montaja hazırlanırken



Şekil 7.6: Jant çemberi montaja hazırlanırken



Şekil 7.7: Lastik montajı yapılırken



Lastik montajı yapıldıktan sonra lastiklerden 3 tanesine saf nitrojen gazı basıldı.

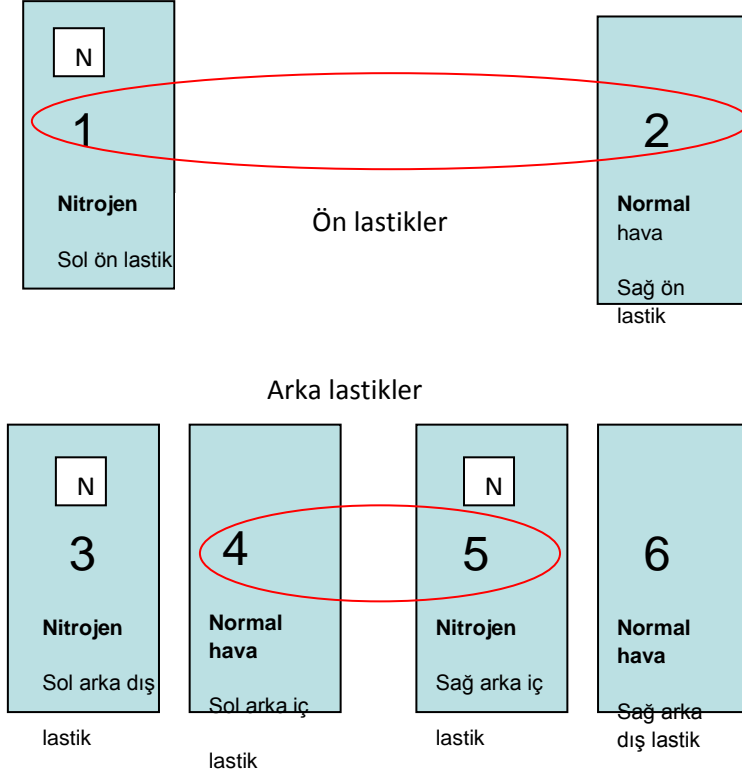


Şekil 7.8: Lastiğe nitrojen gazı basılırken

### 7.3 Lastiklerin Kamyonu Montajı

Lastiklere sensörler bağlandıktan sonra 3 adedine nitrojen gazı basıldı. Nitrojen gazının verimliliğini karşılaştırmak için ise diğer 3 adedine normal hava basıldı. Karşılaştırmanın sağlıklı olabilmesi için kamyon üzerine lastikler eşit şekilde aşağıdaki gibi dağıtıldı.





Şekil 7.9: Lastiklerin kamyon üzerinde dağılımı

Lastikler bağlanırken lastiklerin eşit dağıtılmasına dikkat edildi. Eşit dağıtılmasının anlamı şudur. Ön lastiklerden bir tanesi nitrojen gazı, diğeri ise normal hava doludur. Arka lastiklerden sağ dış lastik nitrojen gazı dolu iken, sol dış lastik normal hava doludur. İç lastiklerden sol iç lastik nitrojen dolu iken sağ iç lastik normal hava doludur. Test aşamasında aynı zorlamaya maruz kalan lastikler karşılaştırılacaktır. Örneğin ön lastikler kendi aralarında karşılaştırılacaklardır. Arka iç lastiklerde kendi aralarında karşılaştırılacaklardır.

#### 7.4 Kamyonun İşe Verilmesi ve Lastiklerin Basınç Sıcaklık Ölçümünün Yapılması

Kamyona, lastikleri bağlandıktan sonra kamyon işe verilmiştir. Kamyonun çalışması esnasında günün belli saatlerinde, lastik basınç değerleri kaydedilerek yaklaşık 3 ay takip edilmiştir. Normalde ilk ölçümden sonra 3 ay sonra tek ölçüm ile basınç kontrolü yapılarak test yapılabilirdi. Biz çalışma esnasında da lastik ısınma

değerlerini ölçmek amacıyla belli aralıklarla devamlı olarak ölçümler yaparak kaydettik ve aşağıdaki sonuçlara ulaştık.

LASTİK NUMARASI														
tarih	dış hava sic.	saat	1(nitrojen)		2(normal)		3(nitrojen)		4(normal)		5(nitrojen)		6(normal)	
			psi	C	psi	C	psi	C	psi	C	psi	C	psi	C
04.10.2013	15( başlangıç)	10:30	110	9	113	9	110	6	112	9	112	6	111	8
07.10.2013	6	08:00	119	31	122	31	120	29	124	35	123	31	120	28
08.10.2013	24,5	09:45	127	47	130	47	125	39	129	46	128	41	125	28
09.10.2013	24,5	09:30	126	44	131	45	126	39	127	44	128	42	126	38
10.10.2013	12	08:50	125	43	129	43	126	39	130	46	129	42	126	39
11.10.2013	29	09:25	126	45	128	45	126	40	130	47	128	42	126	39
12.10.2013	32	09:45	128	50	131	51	129	46	132	52	132	48	129	46
21.10.2013	17	08:15	119	36	123	33	126	37	126	38	125	34	127	38
22.10.2013	22	15:45	132	60	135	61	131	51	133	56	132	51	131	51
24.10.2013	17	09:55	127	49	130	44	127	42	128	48	129	44	125	42
24.10.2013	20	15:35	134	65	139	70	133	57	136	63	135	58	133	58
25.10.2013	12	09:00	119	34	123	34	122	30	124	44	125	33	121	33
25.10.2013	18	15:44	134	63	137	64	131	53	133	56	133	51	131	51
27.10.2013	18	14:00	127	49	127	50	127	41	129	47	124	42	127	42
27.10.2013	19	15:44	132	61	135	62	131	54	132	57	132	52	131	53
30.10.2013	24	08:38	113	17	116	16	113	14	115	18	113	16	114	16
31.10.2013	23	10:00	127	49	130	48	127	43	129	50	129	44	126	42
31.10.2013	18	15:45	135	66	139	62	134	59	135	63	135	58	133	57
01.11.2013		08:20	119	32	122	31	121	30	123	37	124	33	120	28
04.11.2013	18	15:31	132	61	136	62	132	53	134	58	133	53	131	53
05.11.2013	18	15:00	131	58	132	58	131	51	132	55	132	50	130	49
07.11.2013	22	09:00	113	18	116	16	113	14	114	17	115	14	113	15
11.11.2013	18	15:10	131	61	135	62	131	54	132	58	132	53	131	52
12.11.2013	18	15:13	131	59	135	61	131	53	131	57	132	51	130	51
18.11.2013		08:45	119	33	124	34	120	29	122	36	124	31	119	28
28.11.2013	9	08:55	119	33	122	31	119	28	120	34	123	30	119	28
29.11.2013	15	15:35	131	58	132	59	127	47	129	52	130	47	127	47
13.12.2013	0	19:45	127	51	128	51	125	44	127	50	126	44	125	42
16.12.2013	0	08:15	116	27	119	26	116	23	119	30	120	25	116	23
16.12.2013		15:25	129	57	133	60	127	50	129	54	131	50	128	49
17.12.2013		08:15	115	23	117	20	114	18	116	23	117	19	113	19
18.12.2013	3	08:15	118	29	120	28	117	24	119	32	120	25	117	24
19.12.2013	0	08:15	117	28	119	28	117	25	119	31	121	28	116	24
19.12.2013	12	15:30	127	50	129	51	125	43	127	48	128	44	125	44
20.12.2013	0	08:25	117	30	119	28	117	24	119	32	121	27	116	25
20.12.2013	15	15:35	132	61	134	61	131	51	131	56	132	52	128	50
23.12.2013	-2	08:20	107	8	109	5	109	7	110	10	111	6	109	7

Şekil 7.10: Lastik basınç ve sıcaklık ölçüm sonuçları

Sonuçlar incelenirken aynı yönde çalışan lastikler karşılaştırılarak incelenecektir. Örneğin 1 no'lu lastikle 2 no'lu lastik karşılaştırılacak, 3 no'lu lastikle 6 no'lu lastik karşılaştırılacak ve 4 no'lu lastikle 5 no'lu lastik karşılaştırılacaktır. Çünkü bu lastikler aynı zorlamalara ve yüklere maruz kalmaktadır.

Lastik ölçüm sonuçlarını incelediğimizde iki konu hakkında sonuca ulaşabileceğimizi düşünüyoruz. Biricisi normal hava basılmış lastiklerin, nitrojen gazı basılmış lastiklere göre daha çok hava kaçırıp kaçırmadığıdır. Bu konu araştırılırken dikkat edilecek husus lastiğin içindeki basıncın değişimi değildir. Karşılaştırılacak olan iki lastiğin arasında fark basıncının değişimidir. Örneğin başlangıçta, lastik soğuk iken yapılan ölçümde 1 ve 2 no'lu lastik basınçları arasındaki fark 3 PSI ise ve bu fark devamlı olarak korunmuş ise iki lastiğinde hava kaçırmadığını ya da aynı oranda hava kaçırdığını kabul edebiliriz. Eğer lastikler arasındaki basınç farkı yükselmişse lastiklerden bir tanesi hava kaçırmış olduğu sonucuna varırız. Lastik soğuk iken basınçlar kontrol edilirse, hangi lastiğin basıncı, başlangıç basıncına göre düşmüş ise o lastik hava kaçırmıştır. Örneğin 2,4 ve 6 numaralı lastikler hava kaçırmışsa diğer lastikler hava kaçırmamışsa normal havalı lastiklerin hava kaçırdığı kanısına varabiliriz.

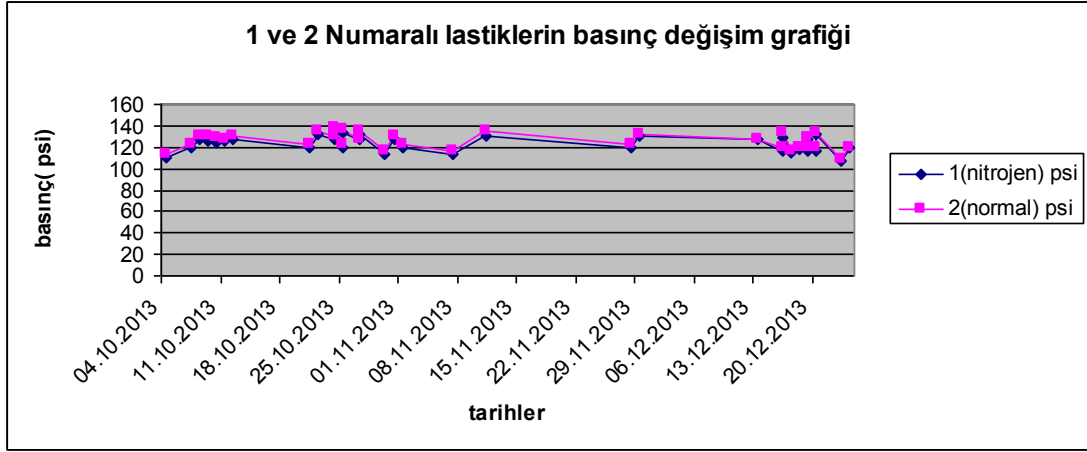
Varabileceğimiz sonuçlardan ikincisi ise nitrojen gazlı lastiklerin ısısının düşük olup olmadığıdır. Bu konu araştırılırken lastiklerin çalışma esnasındaki sıcaklıklarına bakmak gerekir. Ayrıca karşılaştırma yapılırken aynı yönlü lastikler birbirleriyle karşılaştırılması gerekmektedir. Basınç karşılaştırması nasıl aynı zorlamaya maruz lastikler üzerinde yapılıyorsa, burada da aynı karşılaştırma yapılmalıdır. Yani sıcaklıklar hususunda 1 no'lu lastikle 2 no'lu lastik karşılaştırılacak; 3 no'lu lastikle 6 no'lu lastik karşılaştırılacak ve 4 no'lu lastikle 5 no'lu lastik karşılaştırılacaktır. Eğer normal havalı lastiklerin diğer lastiklere göre daha fazla ısındığı tespit edilirse, nitrojen gazının normal havalı lastiğe göre daha az ısındığı ve lastiği soğuk tuttuğu kanısına varabiliriz.

## **7.5 Lastiklerin Hava Kaçaklarının Karşılaştırılması**

Yukarıda anlattığımız bilgiler ışığında tabloyu inceleyeceğiz. 1 ve 2 no'lu lastikler incelendiğinde, lastiğin ilk bağlandığı 04/10/2013 tarihinde ve lastiğin

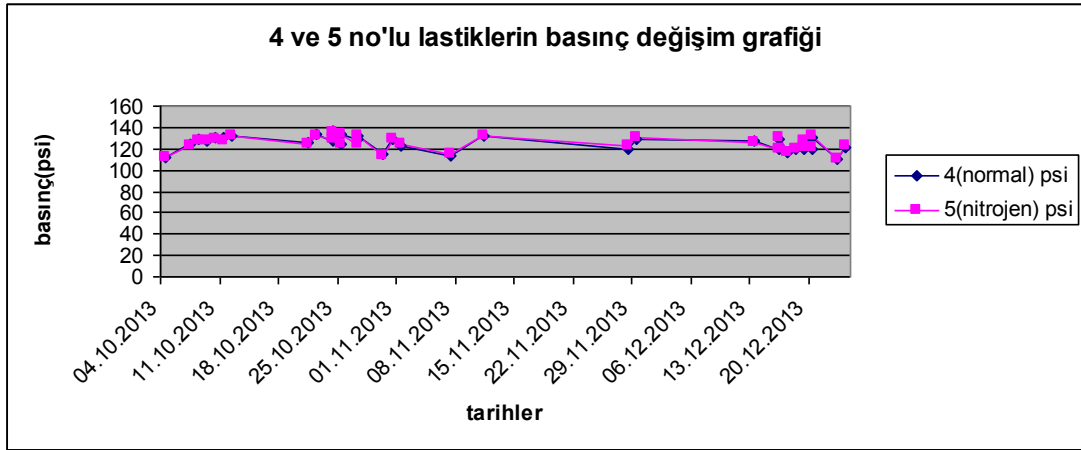
soğuk iken yapılan basınç ölçümünde 2 no'lu lastiğin 1 no'lu lastiğe göre 3 PSI daha fazla havası olduğu tespit edilmiştir.

Aynı lastiklerin 16/12/2013 tarihindeki lastiğin soğuk ölçümleri incelendiğinde ise farkın değişmediği görülmektedir. İki lastiğinde 2,5 aylık bir çalışma süresinde hava kaçırmadığı görülmektedir.



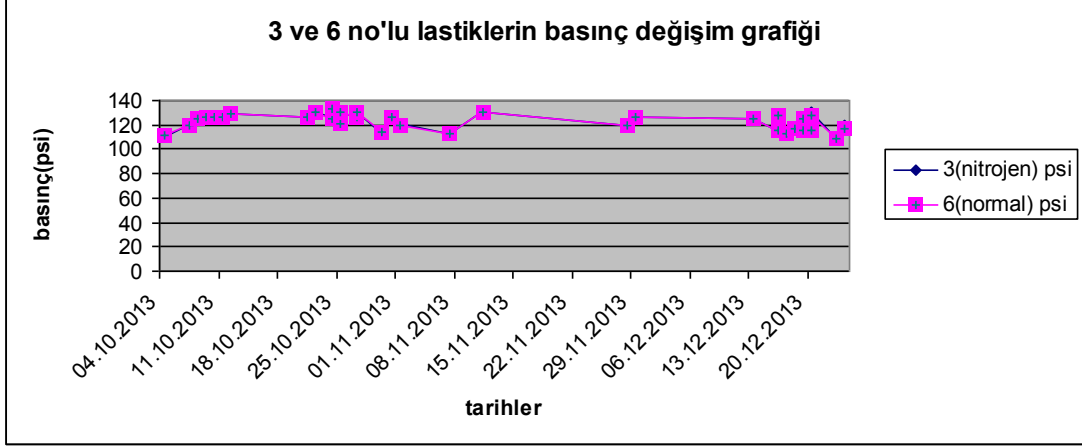
Şekil 7.11: 1 ve 2 no'lu lastiklerin basınç değişim grafiği

Aynı tarihlerde 4 ve 5 no'lu lastikler incelendiğinde;



Şekil 7.12: 4 ve 5 no'lu lastiklerin basınç değişim grafiği

3 ve 6 no'lu lastikler incelendiğinde;



Şekil 7.13: 3 ve 6 no'lu lastiklerin basınç değişim grafiği

Lastik havalarının karşılaştırılmasında soğuk lastiklerin hava basınç farkının 1 PSI azaldığı görülmektedir. Normal hava basılmış lastiklerin 2,5 aylık süre içerisinde 1 PSI görülmüştür. Bu 1 PSI'lık fark kabul edilebilir toleranslar içerisinde. Çünkü 1 PSI sensör hatalarından da kaynaklı olabilir.

Şekil 7.11, Şekil 7.12 ve Şekil 7.13 grafikleri incelendiğinde eş lastiklerin basınçlarının beraber yükselip beraber düştüğü açıkça görülmektedir. 6 adet lastik, 2,5 aylık bir test süresince birbiriyle karşılaştırıldığında normal havalı lastiklerin, nitrojen gazlı lastiklere göre fazla hava kaçırmadığı sonucuna varılmıştır.

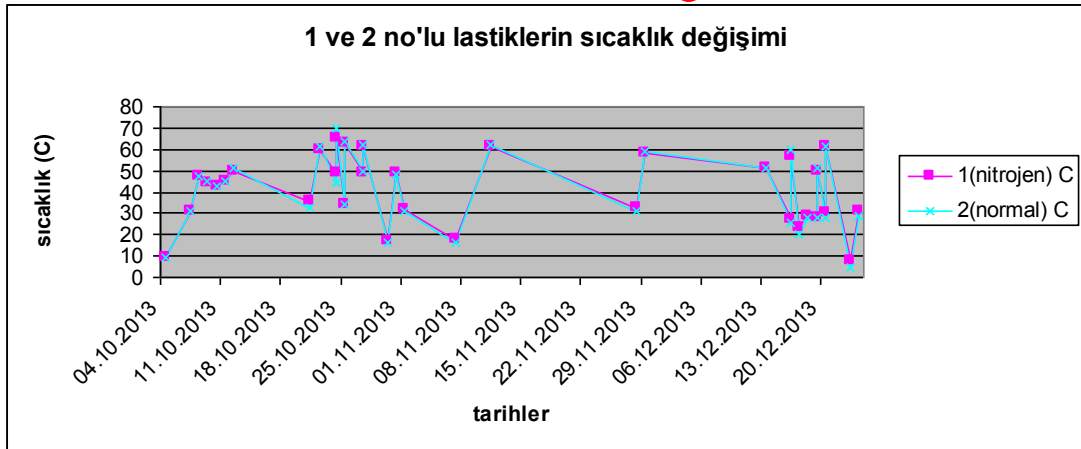
## 7.6 Lastiklerin Sıcaklıklarının Karşılaştırılması

Lastiklerin sıcaklıklarının karşılaştırılmasında da aynı tabloyu kullanacağız. Ancak tablonun sıcaklık kısmına bakacağız. Burada dikkat edilecek husus lastiklerin çalışırken yani sıcak iken yapılan ölçümleri dikkate almaktır.

1 ve 2 no'lu ön lastikler incelendiğinde sıcaklığın iki lastikte değişmediği görülmektedir.

tarih	dış hava sıc.	saat	1(nitrojen)		2(normal)	
			psi	C	psi	C
25.10.2013	18	15:44	134	63	137	64
27.10.2013	18	14:00	127	49	127	50
27.10.2013	19	15:44	132	61	135	62
04.11.2013	18	15:31	132	61	136	62
05.11.2013	18	15:00	131	58	132	58
11.11.2013	18	15:10	131	61	135	62
12.11.2013	18	15:13	131	59	135	61
29.11.2013	15	15:35	131	58	132	59
20.12.2013	15	15:35	132	61	134	61

(7.1)



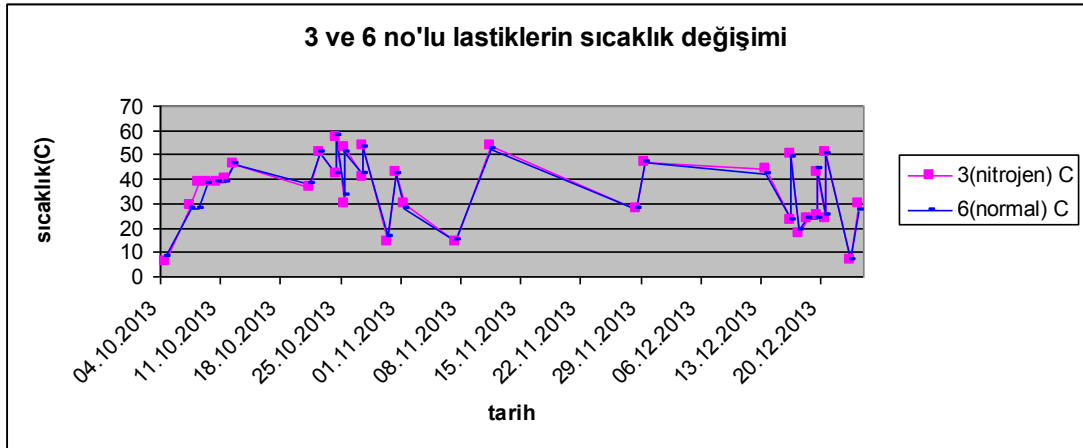
Şekil 7.14: 1 ve 2 no'lu lastiklerin sıcaklık değişimi

Yukarıdaki tablo(7.1) incelendiğinde 2(normal havalı) no'lu lastiğin sıcaklığının ortalama  $1C^0$  daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu  $1C^0$ 'lik fark önemli bir değer olmayıp, basıncının 3 PSI yüksek olmasından kaynaklı olma ihtimali yüksektir.

3 ve 6 no'lu lastikler incelendiğinde:

tarih	dış hava sıc.	saat	3(nitrojen)		6(normal)	
			psi	C	psi	C
25.10.2013	18	15:44	131	53	131	51
27.10.2013	18	14:00	127	41	127	42
27.10.2013	19	15:44	131	54	131	53
(04.11.2013	18	15:31	132	53	131	53
05.11.2013	18	15:00	131	51	130	49
11.11.2013	18	15:10	131	54	131	52
12.11.2013	18	15:13	131	53	130	51
29.11.2013	15	15:35	127	47	127	47
20.12.2013	15	15:35	131	51	128	50

(7-2)



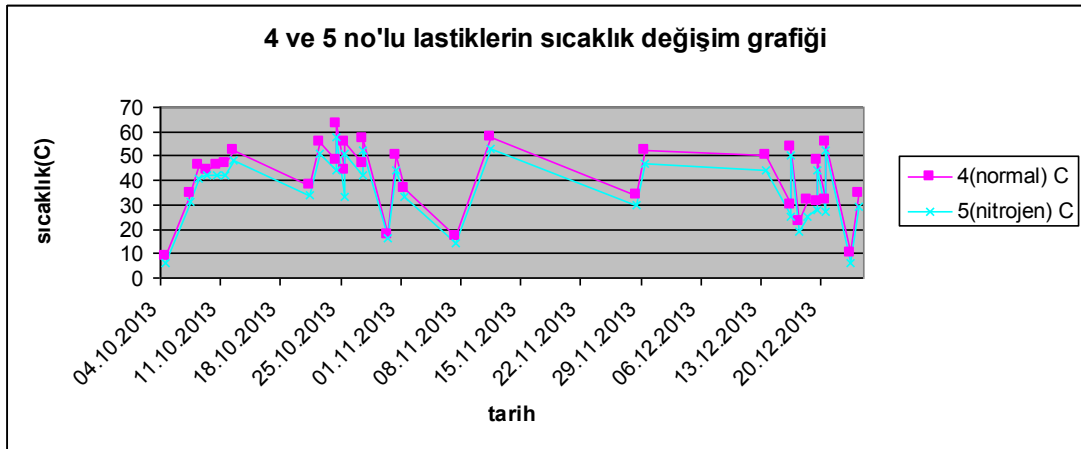
Şekil 7.15: 3 ve 6 no'lu lastiklerin sıcaklık değişimi

3 no'lu lastik Nitrojen gazı basılı olduğu için sıcaklığının düşük olması beklenirken 1 veya 2 C<sup>0</sup> derece yüksek olduğu görülmektedir.

4 ve 5 no'lu lastikler incelenirse;

tarih	dış hava sıc.	saat	4(normal)		5(nitrojen)	
			psi	C	psi	C
25.10.2013	18	15:44	133	56	133	51
27.10.2013	18	14:00	129	47	124	42
27.10.2013	19	15:44	132	57	132	52
(04.11.2013	18	15:31	134	58	133	53
05.11.2013	18	15:00	132	55	132	50
11.11.2013	18	15:10	132	58	132	53
12.11.2013	18	15:13	131	57	132	51
29.11.2013	15	15:35	129	52	130	47
20.12.2013	15	15:35	131	56	132	52

(7-3)



Şekil 7.16: 4 ve 5 no'lu lastiklerin sıcaklık değişimi

Nitrojen basılı olan 5 numaralı lastiğin sıcaklığı düşüktür. Diğer iki karşılaştırmadan farklı çıkmıştır. Bu farkın nitrojenden kaynaklığı olduğunu düşünmek zordur. Çünkü diğer iki karşılaştırmada nitrojen gazı basılı olan lastiklerin sıcaklığı ya eşit ya da yüksektir. Bu karşılaştırmada sensörden kaynaklı bir fark olma ihtimali yüksektir. Eğer başlangıç lastik sıcaklık değerleri incelenirse;



tarih	dış hava sıc.	saat	4(normal)		5(nitrojen)	
			psi	C	psi	C
04.10.2013	15( başlangıç)	10:30	112	9	112	6

3 C<sup>0</sup> fark var

Lastiğin hiç çalışmadan yapılan ölçümünde 3C<sup>0</sup> fark olduğu görülmektedir. Bu farkın lastik ısısı artınca açıldığı görülmektedir.

Bu bilgiler ışığında Şekil 7.14, Şekil 7.15 ve Şekil 7.16 da gösterilen sıcaklık değişim grafikleri incelendiğinde nitrojen gazı basılı lastikler ile normal hava basılı lastiklerin sıcaklıkları arası fark olmadığı ve sıcaklıkların beraber yükselip beraber düştüğü gözlemlenmektedir. Nitrojen gazı basılı lastiklerde lastiğin soğuk kaldığı ve normal hava basılı pnömatik lastiğin daha fazla ısındığına dair tam olarak kayda değer bir değişim değerleri gözlenememiştir.

## 8. SONUÇ

İş makinelerinde ve kaya kamyonlarında lastik en önemli ataşmanlardan bir tanesidir. Lastik giderleri işletme giderleri arasında önemli yer tutan ana gider kalemlerindedir. Testte kullandığımız Komatsu marka 630 ES model aracın üzerindeki 3600R51 ebatlı lastikler yaklaşık olarak 5000 çalışma saati içerisinde yıpranarak hurdaya ayrılmakta buda yaklaşık 2 yıl süre zarfında lastiğin hurdaya ayrılacağı anlamına gelmektedir. Bu bakımdan bir aracın bir yıllık lastik maliyetinin önemli değerde yer alacağı, iş makineleri ve kaya kamyonlarına sahip bir makine parkında bir makinenin bir yıllık lastik maliyetinin milyonlar değerinde olacağı aşikardır. Lastik ömürlerinde yapılan küçük iyileştirmeler bile işletmelere büyük karlar sağlamakta, bu gerçek, işletmeleri arayışa itmekte, binlerce TL'lik yatırımlara yöneltmektedir. Bu yatırımlardan bir tanesi de lastiklere nitrojen gazı basma jeneratörleridir. Bu tez çalışmasında nitrojen jeneratörü yatırımının doğru mu yoksa yanlış mı olduğu konusunda işletmelere ışık tutmak amaçlanmıştır. Gerçek maden sahası şartlarında, fiili olarak yapılan test çalışması toplam 2,5 aylık sürede tamamlanmış, nitrojen gazının ısınmaya ve lastik havası kaybına önleyici bir etkisinin olup olmadığı üzerinde durulmuş, araştırma sonucunda lastikler 2,5 aylık süre zarfında 670 saat çalıştırılarak bu çalışma süresi zarfında lastik havalarda pek değişimin olmadığı görülmüştür.

Lastiklerin çalışma sıcaklıklarının artışları da çalışmada detaylı şekilde incelenmiş, yapılan inceleme sonucunda çalışma koşullarında zorlanan lastiklerin daha çok ısındığı gözlenmiş bunun yanında nitrojen gazının lastiklerin soğuk kalması yönünde önemli bir derecede katkısı olmadığı tespit edilmiştir.

Lastik şişirmekte nitrojen kullanmak havacılıkta kullanılan bir yöntem. Normal havanın içinde bulunan oksijenin meydana getirdiği korozyonu azaltmak ve yüksek sıcaklıklarda yanma riskini azaltmak için uçak lastikleri nitrojen ile şişirilir. Ancak otomobil lastiği o kadar kritik yüklere maruz kalmadığı için otomobillerde kullanmak fazla bir fayda sağlamaz.

Sonuç olarak; pnömatik lastiklerde nitrojen gazını kullanmakta sanıldığı gibi lastiğın soğuk kalmasını sağlar ve hava kaçağını azaltır yönünde bir bulguya ulaşılmadığı, ayrıca lastiğın ısındığı zamanda lastik basınç değişimini azalttığı, çalışma koşullarında basıncı sabit tuttuğu yönünde önemli derecede herhangi bir katkısının olmadığı anlaşılmıştır.

## 9. KAYNAKLAR

ALTINDIŞ, M. (2013). Pnömatik Lastiklerde Güvenli Sürüş İndikatörünün Trafik Kazalarında Önemi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilimdalı, Balıkesir, 33-52.

Bridgestone Resmi Web Sitesi (2013) Lastikler [online] 22 Eylül (2013) [www.bridgestone.com.tr](http://www.bridgestone.com.tr)

Clark,S.K.(1971).Mechanics of Pneumatic Tires, Monograph 122,*Nationaly Bureau of Standarts*.

Ervin, R.D. (1975). Mobile Measurement of Truck Tire Traction, *University of Michigan*, Ann Arbor.

Ford, T. L. Charles, F. S. (1988).Heavy Duty Track Tire Engineering, *Society of Automotive Engineers*, Rapor NO: SP-729.

Home, W. B. and Dreher, R. C.(1965). Phenomena of Pneumatic Tire Hydroplaning and Some Effects on Vehicle Performance *Society of Automotive Engineers*, Rapor No: 650145

Karagöz E. (2009).3. *Hidrolik ve Pnomatik Kongresi ve Sergisi*,159-163

SEBETÇİ, Ö. (2002). Kazaların Çevresel ve Teknik Araştırması. Yüksek Lisans Tezi Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 6-57

SÜMER, S.K. (2005). Değişik Lastik ve Tekerlek Düzenlemelerinin Traktör Çeki Verimine Etkileri Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fenbilimleri Enstitüsü, Adana.

Yüksel, H. (2013). *Motorlu Taşıtlar*.Balıkesir: Doğukan Baskılama Hizmetleri.

Yüksel, H. (2010).*Yapı Makineleri*.Balıkesir:Doğukan Baskılama Hizmetleri.

Yüksel, H. (2012).*Yol Dışı Araç Mekanîği*.Balıkesir:BAÜ Yüksek Lisans Ders Notları Balıkesir