



**MARMARA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**MOTOSİKLET RADYAL LASTİĞİNİN**  
**SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜRETİMİ İÇİN BİLGİSAYAR**  
**DESTEKLİ TASARIMI ve SİMÜLASYONU**

---

**ÖMER ŞENGÜL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
Makine Eğitimi Anabilim Dalı

**DANIŞMAN**  
Prof. Dr. Mustafa KURT

İSTANBUL, 2013



**MARMARA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**MOTOSİKLET RADYAL LASTİĞİNİN**  
**SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜRETİMİ İÇİN BİLGİSAYAR**  
**DESTEKLİ TASARIMI ve SİMÜLASYONU**

---

**ÖMER ŞENGÜL**  
(522410009)

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
Makine Eğitimi Anabilim Dalı

**DANIŞMAN**  
Prof. Dr. Mustafa KURT

İSTANBUL, 2013

**MARMARA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi Ömer Şengül'ün "Motosiklet Radyal Lastiğinin Sürdürülebilir Üretimi İçin Bilgisayar Destekli Tasarımı ve Simülasyonu" başlıklı tez çalışması, 12.08.2013 tarihinde savunulmuş ve jüri üyeleri tarafından başarılı bulunmuştur.

**Jüri Üyeleri**

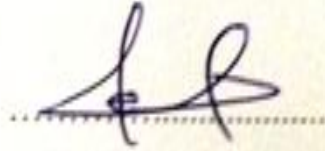
Prof. Dr. Mustafa KURT  
Marmara Üniversitesi

(Danışman)



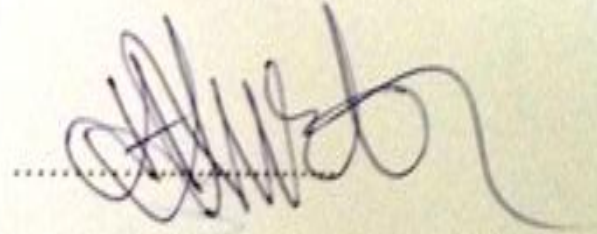
Doç. Dr. Halil DEMİRER  
Marmara Üniversitesi

(Üye)




Yrd. Doç. Dr. Hüseyin KURT  
Gelişim Üniversitesi

(Üye)



**ONAY**

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 23.08.2013... tarih ve 2013/21-02... sayılı kararı ile Ömer ŞENGÜL'ün Makine Eğitimi Programında Yüksek Lisans derecesi alması onaylanmıştır.

  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü  
Prof. Dr. Abdülkerim KAR



## **TEŞEKKÜR**

Bu çalıőmanın hazırlanmasından bitimine kadar her aşamada çalıőmayı yönlendiren, özverili yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa KURT'a teőekkürlerimi sunarım

Son olarak beni sürekli destekleyen ve yanımda olan maddi, manevi desteği esirgemeyen aileme teőekkürlerimi bir borç bilirim.

**Haziran, 2013**

**Ömer ŞENGÜL**



# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	ii
ÖZET .....	vi
SEMBOLLER/SYMBOLS .....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiv
TABLolar LİSTESİ .....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Lastiğin Tanımı.....	3
2.2. Lastiğin Görevleri .....	3
2.3. Lastiğin Yapısal Özellikleri .....	4
2.4. Lastiğin Elemanları.....	5
2.4.1. Radyal Lastiğin Temel Elemanları .....	6
2.5. Lastiklerin Tanımlanmasında Kullanılan Temel Kavramlar .....	7
2.6. Lastik Yanak Markalaması ve Lastik Yüzeyindeki Uluslararası İşaretler.....	9
2.6.1. UTQG Kalite Göstergeleri.....	9
2.6.2. Lastik Ebat gösterimi.....	11
2.6.3. Konstrüksiyon Bilgileri .....	12
2.7. Tekerleğe Etkiyen Kuvvetler ve Momentler.....	13
2.8. Taşıt Lastiklerinin Kimyasal Yapısı .....	14
2.9. Lastik Tasarımı İçin Basit Hesaplama Yöntemi .....	15
2.10. Lastiğe Uygulanan Testler .....	17
2.11. Lastiğin Üretimi .....	19
2.11.1. Hamur karışımı .....	19
2.11.2. Sırt, yanak ve apex üretimi .....	20
2.11.3. Gövdedeki lifli kısımların üretimi .....	20
2.11.4. Damak teli (bead) üretimi .....	21
2.11.5. Hazırlanan yarı mamullerin (komponentlerin) birleştirilmesi .....	21
2.11.6. Lastik pişirme .....	22
2.11.7. Son kontrol ve bitirme .....	22

2.12.	Hava Basıncının Önemi .....	22
2.13.	Lastik Ömrünü Etkileyen Unsurlar .....	24
2.13.1.	Doğru Hava Kullanımı.....	24
2.13.2.	Araç Hızı ve Lastik Aşınma Ömrü .....	24
2.13.3.	Uygun Lastik Seçimi .....	24
2.13.4.	Yük Miktarı ve Yükleme Biçimi .....	25
2.13.5.	Lastik Eşlendirmesi.....	25
2.13.6.	Balans Bozukluğu .....	25
2.13.7.	Yol ve İklim Şartları .....	26
3.	MOTOSİKLET LASTİĞİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIMI .....	29
4.	MOTOSİKLET LASTİĞİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ SONLU ELEMENLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ.....	35
5.	SONUÇ ve DEĞERLENDİRME.....	52
6.	KAYNAKLAR.....	54
7.	ÖZGEÇMİŞ	

## ÖZET

# MOTOSİKLET RADYAL LASTİĞİNİN SÜRDÜLEBİLİR ÜRETİMİ İÇİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIMI VE SİMÜLASYONU

Sürdürülebilir üretim, kullanıcıların hayat kalitesini artırmayı hedefleyen bir ürünün, üretim aşamasında geçtiği bütün proseslerdeki doğaya zararlı etkilerin minimize edildiği bir üretim anlayışıdır. Günümüzün modern tesislerinde çevre dostu bir yaklaşım ile, üretimde enerji kullanımının minimum düzeyde tutulması, atıkların azaltılması, operasyonel güvenliğin sağlanması gibi kavramlar büyük önem kazanmıştır.

Otomotiv sanayi başta olmak üzere, iş makineleri, tarımsal araç gereçler ve askeri ekipman gibi çeşitli alanlardaki gelişime bağlı olarak oluşan talebe karşılık lastik sektörü geçen yüzyıl içinde büyük ilerlemeler kaydetmiştir. İnsanlık tarihinin en önemli buluşlarından biri olarak kabul edilen ve çeşitli sektörlerde görünüş itibarıyla basit ancak teknolojisine inildiğinde bir o kadar karmaşık hayati bir görevi olan tekerleklerin lastiklerinin üretim sistemlerinin sürdürülebilirlik açısından yeniden yapılandırılması büyük önem arz etmektedir.

Ülkemizde kullanımı hızla artan yüksek performanslı sahip iki tekerlekli araçların lastiklerinin uygun teknik özelliklere sahip olması önem taşımaktadır. Çapraz lastiğe göre daha uzun ömürlü, fren emniyeti daha üstün ve yakıt tüketim oranı daha az olan radyal lastiğe olan talep her geçen gün artmaktadır.

Bu tezde yoğun kullanım olan 120/70 R 16 ebatlı lastik tasarımı gerçekleştirilerek ve Sonlu Eleman analizi yapılacaktır. Boyutların ve geometrinin değişiminin lastik üretimindeki gerilim ve şekil değişimlerine etkisini belirlemeye çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:**Motosiklet Lastik , Sonlu Elemanlar Yöntemi, Gerilme Analizi, Deformasyon Analizi

Haziran,2013

ÖMER ŞENGÜL



## **ABSTRACT**

# **MOTORCYCLE RADIAL TIRE SUSTAINABLE PRODUCTION SYSTEM DESIGN AND SIMULATION**

Sustainable production is the concept of producing goods which improve the quality of life while minimizing the harmful effects of the production process to the nature. Today in contemporary production plants, environmentally friendly notions like minimum usage of energy, reduction of pollutants and maintenance of operational safety have gained great importance.

The rubber industry has made considerable advances in the past century due to the increased demand resulting from the development in many sectors such as especially automotive, heavy construction equipment, agricultural appliances and military equipment. The reconstruction of the production of rubber tyres in terms of sustainability has great importance because wheels being regarded as one of the most fundamental inventions in history, have an apparently simple but technologically vital role in many areas.

It is crucial that tyres of high performance two-wheeled vehicles, whose usage has increased in our country, have appropriate technical properties. The demand towards radial tyres, which have superior properties over the cross tyres in terms of lifetime, brake safety and fuel consumption, is increasing rapidly. In this respect, besides satisfying the demand for radial tyres by importation, also making domestic production will contribute to the industry and economy of our country.

In this study, the intensive use of 120/70 R 16 size tire design and finite-element analysis will be performed. The dimensions and shape of the geometry to determine the impact of sudden changes in voltage and rubber production.

**Keywords:** Motorcycle Tire, Finite Element Method, Stress Analysis, deformation Analysis

**June, 2013**

**ÖMER ŞENGÜL**



## SEMBOLLER/SYMBOLS

<b>UTQG</b>	:(Uniform Tire Quality Grading)Lastik Kalite Göstergesi
<b>E</b>	: Onay Numarası
<b>W</b>	: Hız İndeksi
<b>F<sub>x</sub></b>	: Doğrusal Kuvvet
<b>F<sub>y</sub></b>	: Yanal Kuvvet
<b>F<sub>z</sub></b>	: Düşey Kuvvet
<b>M<sub>x</sub></b>	: Sapma Momenti
<b>M<sub>y</sub></b>	: Direnç Momenti
<b>M<sub>z</sub></b>	: Düzeltme Torku
<b>B</b>	: Kesit Genişliği
<b>H</b>	: Kesit Yüksekliği
<b>SH1</b>	: Yük Olmadan Kesit Yüksekliği
<b><math>\rho</math></b>	:Yoğunluk



## **KISALTMALAR/ABBREVIATIONS**

**E.T.R.T.O** : (European Tire And Rim Technical Organization ) Avrupa Lastik ve Jant Teknik Organizasyon

**DOT** : Department of Transportation ( Ulaştırma Bakanlığı)

**TRA** :Tire AndRimAssociation (Lastik ve Jant Derneği)



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Ekonomi, Konfor, Performans Üçgeni.....	4
Şekil 2.2 Radyal Lastiğin Kısımları .....	5
Şekil 2.3 Taşıt Lastiklerin Tanımlanmasında Kullanılan Kavramla .....	8
Şekil 2.4. Lastiklerin Yanak Markalaması [20].....	9
Şekil 2.5 Tekerlek Koordinat Eksen Takımı [21].....	13
Şekil 2.6 Lastiğin Ölçüleri.....	15
Şekil 2.7 Lastik üzerine yük uygulandığında oluşan sapmaların hesaplanma yöntemi .	16
Şekil 2.8 Lastiğe Uygulanan Testler [21].....	18
Şekil 2.9 Lastik Üretim Prosesi .....	19
Şekil 2.10 Hamur Karıştırma Makinesi.....	20
Şekil 2.11 Damak teli üretim makinesi[21].....	21
Şekil 2.12 Farklı Basınç Uygulanmış Lastikler [25]. .....	23
Şekil 3.1. Motosiklet Lastiğinin İki Boyutlu Görünümü.....	29
Şekil 3.2. Motosiklet lastiğinin 3D Boyutlu Görünümü 1 .....	30
Şekil 3.3. Motosiklet lastiğinin sırt kısmına uygulanan çukur (sağ taraf).....	30
Şekil 3.4. Motosiklet lastiğinin sırt kısmına uygulanan çukur (sol taraf) .....	31
Şekil 3.5. Motosiklet lastiğinin sırt kısmına uygulanan çukur (tüm taraf).....	31
Şekil 3.6 Motosiklet lastiğinin Üç Boyutlu Görünümü.....	32
Şekil 3.7 Jant tasarımının 2 Boyutlu Görün .....	32
Şekil 3.8 Jant Tasarımının 3 Boyutlu Görünümü .....	33
Şekil 3.9 Jant Tasarımının 3 Boyutlu Şekillenmesi.....	33
Şekil 3.10 Montaj Görünüm .....	34
Şekil 4.1 Modelin ANSYS 14.0 Programına Aktarımı .....	35
Şekil 4.2 Modelin ANSYS 14.0 Programına Aktarımı .....	36
Şekil 4.3 Modelin Geometri bilgi aktarımı.....	36
Şekil 4.4 Yeni Yapısal Analizin Oluşturulması .....	37
Şekil 4.5 Modelin Analiz Dosyasına Aktarılması .....	37
Şekil 4.6 Modelin Yazılıma Yüklenmesi .....	37
Şekil 4.7 Modelin ANSYS 14.0 Penceresine Getirilmesi .....	38
Şekil 4.8 Modelin Jant Malzeme Yapısı.....	38

Şekil 4.9 Malzeme Bilgisinin Düzenlenmesi .....	39
Şekil 4.10 Malzeme Bilgisinin Düzenlenmesi .....	40
Şekil 4.11 Tekerlek Lastiği Malzeme Seçimi.....	40
Şekil 4.12 Tekerlek Lastik Malzeme Seçimi [26] .....	41
Şekil 4.13 Tekerlek Jant Malzeme Seçimi .....	41
Şekil 4.14 Tekerlek Jant Malzeme Özellikleri .....	42
Şekil 4.15 Zemin seçimi .....	43
Şekil 4.16 Zemin Malzemesinin Yapısal Özellikleri.....	43
Şekil 4.17 Modelde Kontak Oluşturulması I .....	44
Şekil 4.18 Modelde Kontak Oluşturulması II.....	44
Şekil 4.19 Modelde kontak oluşturulması III .....	45
Şekil 4.20 Modelde mesh oluşturulması.....	45
Şekil 4.21 Modelin 1 Saniyede ki hareketi .....	46
Şekil 4.22 Kuvvetlerin Uygulanması.....	46
Şekil 4.23 Betonun Sabitlemesi.....	47
Şekil 4.24 Analiz .....	48
Şekil 4.25 Lastiğe Uygulanan Gerilme analizi.....	49
Şekil 4.26 Deformasyon Analizi .....	51

## **TABLolar LİSTESİ**

Tablo 2.1. Lastik Bileşenleri [18].	4
Tablo 2.2 E.T.R.T.O'ya göre hız indeksleri [21].	11
Tablo 2.3 E.T.R.T.O'ya göre yük indeksleri [21].	12
Tablo 4.1 Tekerlek lastiğinde kullanılan malzemenin mekanik özelliği.	40
Tablo 4.2 Tekerlek jantında kullanılan malzemenin mekanik özelliği.	43
Tablo 4.3 Tekerlek Zemin (Beton) kullanılan malzemenin mekanik özelliği.	44
Tablo 5.1 Malzeme ölçüsü [27].	53



## 1. GİRİŞ

Lastik; kauçuk, kord bezi ve çelik teller ile çeşitli kimyasal maddelerin birleşiminden oluşan ve aracın yer ile temasını sağlayan en önemli parçadır. Lastikler araçların tüm teknik özelliklerini yere aktaran önemli parçalardır. Araçlar, fizik kurallarına göre hareket eder ve durur. Araçların bu hareketleri sırasında yerle temasını sağlayan tek unsur lastiklerdir. Araçların kontrol edilebilmesinde lastiğin önemi göz ardı edilmeyecek kadar büyüktür [1].

Lastikler araçların sürüş güvenliği için hayati önem taşır. Yanlış basınç uygulaması bir lastik yol tutuşa ve frene etki edebileceği gibi lastiğin iç ısısının aşırı yüklenerek aniden patlamasına, aracın hakimiyetinin kaybolmasına da sebep olabilir. Lastikler darbeleri emerek konfora da katkıda bulunurlar. Bugünün araç kullanıcısı bir lastikten güvenlik ve konforun yanında başka özellikleri de bekler [2]. Modern bir lastiğin daha az titreşim ve gürültü üretmesi, düşük yuvarlanma direncine sahip olması ve dolayısıyla daha az yakıt tüketmesi istenilir. Ancak lastiğin bu özelliklerinin hepsini aynı anda sağlaması imkansızdır. Bu özelliklerden biri sağlanırken diğerinden taviz verilmesi gerekiyor [3,4].

Lastik ile yol arasındaki silme hareketinin olmaması durumunda radyal bir lastiğin güç dağılımı benzer şartlar altında çapraz katlı lastiğe göre enerji kaybı %60 kadar daha az olabilir. Radyal lastiğin ömrü aynı çapraz lastiğin ömründen 2 kat daha uzun olabilmektedir. Bir radyal lastikte tüm temas alanı üzerinde diğerlerine göre üniform zemin basıncı vardır. Çapraz katlı lastiklerde tam tersine zemin basıncı, kompleks sınırlı silme hareketine maruz kalan temas alanından dış elemanların geçmesiyle noktadan noktaya büyük bir şekilde değişim göstermektedir[5,6,7].

Günümüzde iklim değişikliğine yönelik olarak tüketicilerin kullandıkları ürün ve hizmetlerin "çevre dostu" olması zorunlu hale gelmiştir[9,13].

Dünya lastik dış ticaretinde ithalat ve ihracatta söz sahibi olan ülkeler, otomotiv anasanayinde de güçlü olan ülkelerdir. Coğrafi olarak dağılımlarına bakıldığında bu ülkeler Avrupa'da Almanya, İtalya, İngiltere, İspanya, Hollanda, Kuzey Amerika'da ABD, Güney Amerika'da Brezilya ve Meksika, Uzakdoğu'da Japonya,

G.Kore, Endonezya'dır. Bu ülkeler arasında ihracatta Almanya, Japonya, ABD ve İtalya ön plana çıkmakta iken ithalatta da Japonya dışında aynı ülkeler göze çarpmaktadır.

## **2. GENEL BİLGİLER**

### **2.1. Lastiğin Tanımı**

İnsan,yük gibi şeyleri taşımak için yolla aracın arasına yerleşmiş, içinde belirli basınçta hava bulunan esnek bir korumadır.Genellikle içinde taşıdığı hava ile yere sürtünerek motorlu yada motorsuz kara aracının ilk hareketini başlatıp, hızlandırarak durmasını sağlar[16]. Amerikalılar lastiği "Hava Yastığı" olarak adlandırmışlar ve lastik, genel anlamda bir "Hava Muhafazası" dır.

### **2.2. Lastiğin Görevleri**

Lastikler araçların tüm teknik özelliklerini yere aktaran önemli parçalardır. Araçlar fizik kurallarına göre hareket ederler ve dururlar. Araçların bu hareketleri sırasında yerle temasını sağlayan tek unsur lastiklerdir. Otomobilin kontrol edilebilmesinde lastiğin önemi büyüktür. Lastikler araçların sürüş güvenliği için hayati önem taşır. Yanlış basınç uygulanması bir lastik yol tutuşa ve frene etki edebileceği gibi lastiğin iç ısısının aşırı yükselerek aniden patlamasına, araçların hakimiyetinin kaybolmasına da neden olabilir. Lastikler darbeleri emerek konfora da katkıda bulunurlar. Lastikler araçların ve yükün ağırlığını taşır, motorun yarattığı döndürme momentini yola aktararak çekiş kuvvetine dönüştürür. Ayrıca kendine özgü darbe emiş özellikleri sayesinde sürüşten ve zemin bozukluklarından meydana gelen kuvvetleri absorbe eder. Yol kaplamasının türü (asfalt, toprak, ) ve yolun durumu (yağmur, çamur, kar, buz) ne olursa olsun, lastiğin görevi güvenli şekilde yol tutuşu sağlamak ve aracı sürücünün istediği yöne götürmektir[17]. Yukarıda saydığımız tüm bu özelliklerin hepsini aynı anda lastiğin bünyesinde bulundurması hemen hemen imkansızdır. Bu özelliklerden biri sağlanırken diğerlerinden taviz verilmektedir. Konfor, performans, ekonomi üçgenin de hangi özelliğe yaklaşırken diğeri doğal olarak azalacaktır.



Şekil 2.1Ekonomi, Konfor, Performans Üçgeni

### 2.3. Lastiğin Yapısal Özellikleri

Tekerlekler lastiklerin yapımında, dayanımı karşılamak üzere rayon, polyester, naylon gibi elyaf esaslı kordlar ile çelik kordlar bulunmaktadır. Topuk dayanımlarıysa çelik teller sayesinde sağlanmaktadır. 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 oluşturmaktadır. Buna ilave olarak vulkanizasyon elemanları bulunmaktadır [18].

Tablo 2.1. Lastik Bileşenleri [18].

Lastik Bileşenleri	Malzeme	% Oran
Takviyeler	Çelik, Rayon, Naylon	16
Kauçuk	Doğal-Sentetik	38
Bileşenler	Karbon, Silisyum	30
Yumuşatıcılar	Yağ, Reçine	10
Vulkanize Ediciler	Sülfür, Çinko oksit	4
Muhtelif		2

## 2.4. Lastiğin Elemanları

Lastiği oluşturan elemanları görevlerine göre temel ve opsiyonel elemanlar olarak ikiye ayırmak gerekir.

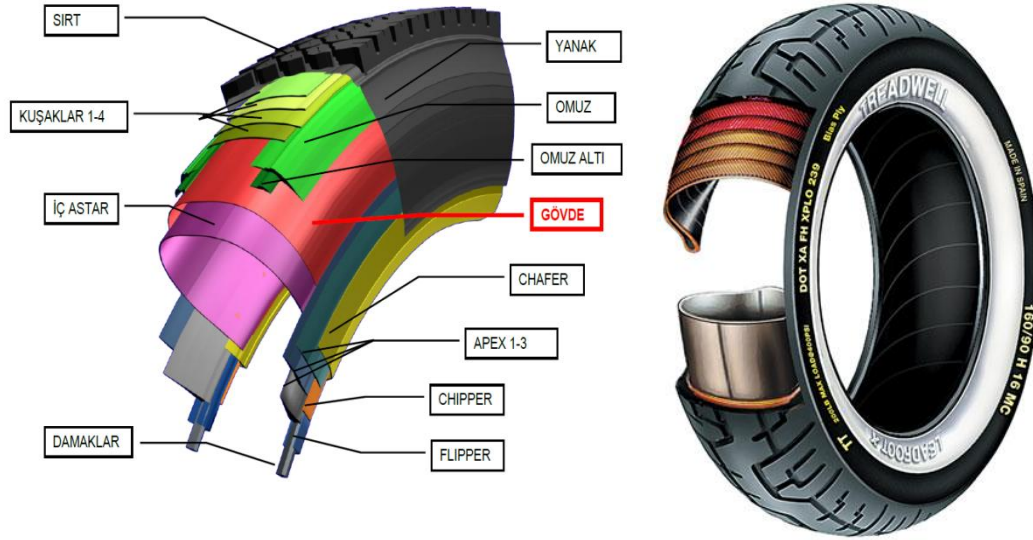
### A- Temel Elemanlar:

#### 1- Çapraz lastiğin temel elemanları

- Karkas Yapı
- Sırt
- Yanak
- Topuk

#### 2- Radyal lastiğin temel elemanları

- Karkas Yapı
- Sırt
- Yanak
- Topuk
- Kuşak (çelik veya tekstil)



Şekil 2.2RadyalLastiğin Kısımları

Radyal lastikler son teknoloji, dayanıklı, yüksek hızda deforme olmaması, az ısınması ve farklı hamur yapısıyla lastik tekerli hemen her araçta kullanılmaktadır. Sırt deseni altındaki çelik kuşakları ile stabil bir kullanım sunmaktadır. Günümüzde neredeyse tüm motosiklet lastikleri radyal yapıdadır. Omuz yapısı daha yuvarlak ve yumuşak hamurlu olup motosikletin yatma anında yere sıkı tutunmasını sağlar. Özellikle son zamanlarda

hamur işleme ve lastik kalıplama teknolojisindeki gelişmelerle lastik üzerinde farklı hamur sertlikleri uygulanabilmektedir. Bu sayede her tür kullanım koşulunda lastiğin tutunma performansı maximum düzeyde tutulabilmektedir[19].

Lastik kesitini incelediğinde lastiğin tabanı yani sırt kısmında kanalların olduğu görülebilir. Bu kanallar yağışlı havalarda suyun, çamurun tahliyesi amacıyla konulmuştur. Su kanallarının sayısı arttıkça sulu zemindeki yol tutuş kabiliyetinde artma olur. Ancak kuru zemin performansında ise tam zıt etkisi olabilir. Sırt şekli motosikletin kullanım yerine göre değişim gösterir. Yarış tipi lastiklerin su kanalları daha az olup yere lastiğin daha çok teması sağlanırken, kross motosiklet lastiklerinde daha kanallı ve daha çıkıntılı bir yapı tercih edilerek çamurun atılması kolaylaştırılıp bozuk zeminde yere daha iyi tutunma sağlanır. Sırt desenini oluşturan kauçuk yapı da kullanım yerine göre değişiklik gösterir. Yarış tipi lastikler çok daha yumuşak hamurlu üretilirler ve yere neredeyse yapışırlar. Özellikle yanaklara doğru daha da yumuşayan kauçuk üstün viraj performansı sağlar. Tam zıttı olan arazi lastiklerinde ise çok zor şartlara dayanıklı bir hamur tercih edilir. Lastik seçiminde bu çok önemlidir. Özellikle kullanım koşullarınıza göre lastik almanızda fayda var. Örneğin %80 asfalt kullanımı %20 offroad kullanımı olarak belirtilir. Lastiğin asfalt karakteri arttıkça arazi kabiliyeti azalır tam tersi durumda söz konusudur. Bu nedenle lastik seçimlerinde bu konuya dikkat etmekte fayda var. Hamurun diğer bir etkisinde lastik ömrüne doğrudan etki etmesidir. Yumuşak hamurlu bir lastik yeri iyi tutarken kendinden de bazı şeyler kaybeder yani aşınır. Bu sebeple yumuşak hamurlular sert olanlara göre daha çabuk aşınır[19].

#### **2.4.1. Radyal Lastiğin Temel Elemanları**

**Karkas:** Lastikte yükü taşıyan eleman basınçlı havadır. Sanılanın aksine karkas elemanı yük taşıma elemanı değildir. Ancak yükü taşıyan basınçlı havanın yapı içerisinde tutulması görevini karkas yapı üstlenir ve yeterli mukavemette tasarlanıp üretilmesi gerekir. Karkas, karışım matriksi içerisine tekstil veya çelik kordların katmanlar halinde yerleştirilmeleriyle elde edilir. Karkası oluşturan kordlar topuk teli demeti etrafında dolanarak yapının topuk ile kenetlenmesini sağlar. Lastiğin dayanıklılığını yük altındaki davranışlarını ve kapasitesini belirleyen yapıdır[20].

**Sırt:** Lastiğinyol ile temas eden elemanıdır. Motor gücünü yola aktararak, hızlanmayı ve çekişi frenleme gücünü yola aktararak yavaşlamayı ve durmayı sağlar. Lastiğin karkas yapısını ısınma, aşınma, yarıma, kesilme gibi yoldan gelebilecek olumsuz etkilere karşı korur. Sırtta yer alan desen ve sırtı oluşturan kimyasal karışımın cinsi lastiğin yolda tutunmasını, çekişini, ıslak zemindeki davranımlarının, hareketini ve frenleme kabiliyetlerini belirler[20].

**Yanak:**Karışım kaplaması vasıtasıyla karkasa yanlardan gelebilecek dış etkilere karşı korur. Karkas yapı içerisindeki konumu ile de motor gücünü frenleme gücü yola aktarmada sırt ile topuk arasında bağlantı elemanıdır[20].

**Topuk:**Karkas yapının uçlarını iki taraftan hiperstatik olarak kilitlemesi fonksiyonunu üstlenen mesnetlerdir. Çelik tellerden oluşan ve karışım matrisi içine gömülmüş olan dairesel yapıdır. Motor gücünü yola aktararak hızlanmayı ve çekişi frenleme gücünü yola aktararak yavaşlamayı ve durmayı sağlar. Topuğun bir diğer görevi de lastiğin janta montajını sağlamaktır. Lastiğin araçla olan güç aktarma ilişkisi topuk elemanı ile başlar[20].

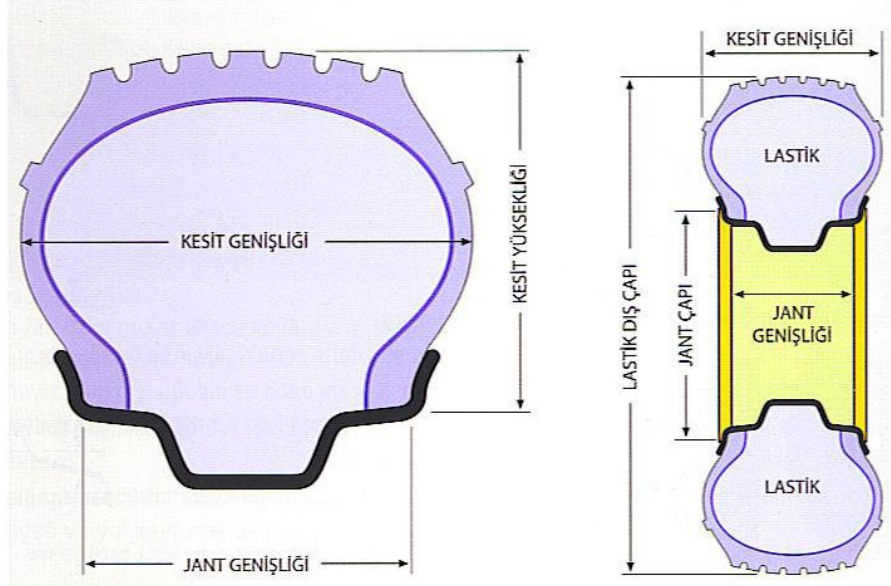
**Kuşak:**Radyal gövde yapısına sahip lastiklere özgü bir yapıdır. Topuktan topuğa 90° açı ile uzanan gövde katlarının üstünde yer alan ve sadece sırt bölgesinde bulunan 20° açılı çelik veya tekstilkort yapısıdır. Bu yapı lastiğin hız performansını artırıcı yönde etki eder. Lastiğin dönme direncinin azalmasını sağlar[20].

## **2.5. Lastiklerin Tanımlanmasında Kullanılan Temel Kavramlar**

Araç ve lastik biri diğerinden ayrılmaz bir elemandır. İhtiyaca göre çok çeşitli araç cinsinin mevcut olduğu ortamda, problemlerin standartlaştırılması gereksinimi lastiklerin sınıflandırılarak belirli ölçü ve kalıplara uymalarını zorunlu hale getirmiştir [21]

Lastik üreticileri lastik tasarlarken; Avrupa pazarı için **ETRTO** (EuropeanTire AndRimTechnicalOrganization) ve Amerika pazarı için **TRA** (Tire

AndRimAssociation) uluslararası standardizasyon örgütleri tarafından belirlenen; Kesit Genişliği, Kesit Yüksekliği, Kesit Oranı, Lastik Dış Çapı, Jant Genişliği ve Çapı gibi parametreler için belirlenen standartlara uymak zorundadır [21].



**Şekil 2.3** Taşıtların Lastiklerinin Tanımlanmasında Kullanılan Kavramlar

**Kesit Genişliği:** Uygun janta takılmış ve hava ile şişirilmiş bir lastiğin dıştan dışa yanaklar arasında kalan en geniş mesafenin (kabartma yazılar hariç) mm cinsinden gösterimidir [21].

**Kesit Yüksekliği:** Şişirilmiş lastik sırtının orta noktasından janta oturan topuk ucuna kadar olan dikey mesafedir. Birimi mm dir. Genellikle “H” ile gösterilir [21].

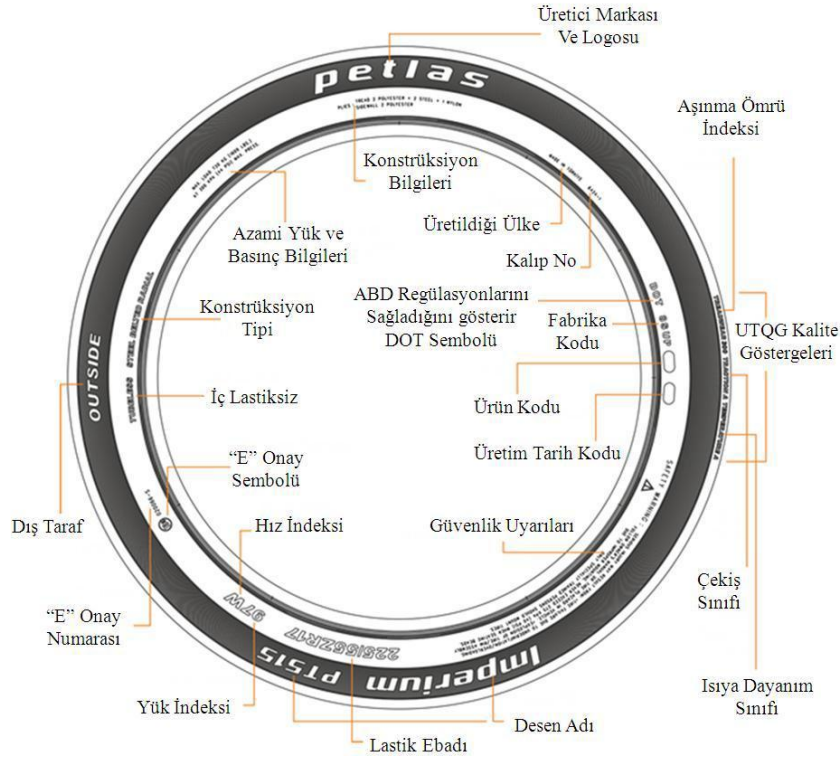
**Kesit Oranı:** Kesit yüksekliğinin, kesit genişliğine yüzde olarak oranıdır. Kesit oranı azaldıkça lastik kesit yüksekliği azalır [21].

**Lastik Dış Çapı:** Janta monte edilmiş Şişirilmiş lastiğe yük uygulanmadan, sırt ortasından geçen dış çevre uzunluğunun  $\pi$  (pi) sayısına yani 3,14'e bölünmesiyle bulunur. Birimi mm dir [21].

**Jant Çapı:**Jant çapı, jantın oturduğu lastik topuklarına kadar olan dairenin çapıdır. Birimi inç olarak verilir [21].

## 2.6. Lastik Yanak Markalaması ve Lastik Yüzeyindeki Uluslararası İşaretler

Her lastiğin yanağında lastik ebadı, taşıma kapasitesi, hız limitleri, üretim tarihi, maksimum şişirme basıncı, lastik imalatında kullanılan malzemeler ve lastiğin üretim tarihinden kauçuk karışımının cinsine kadar pek çok önemli bilgiler ve uyarılar bulunmaktadır. Bunların bir kısmı doğrudan, bir kısmı da dolaylı olarak kullanıcıyı ilgilendirmektedir [21].



Şekil 2.4. Lastiklerin Yanak Markalaması [20].

### 2.6.1. UTQG Kalite Göstergeleri

Kalite Göstergeleri lastik üzerinde “Tread wear”, “Traction”, “Temperature” olarak üç farklı kısımda gösterilir;

**Tread wear:** Aşınma ömrü indeksini ifade eder. Söz konusu lastiğin standart şartlar altında test edildiğinde aşınma ömrü 100 olarak kabul edilen test lastiğine göre oransal ömrünü gösterir. Bu değer 100'den fazla ise çok iyi, 100 ise iyi, 100'ün altında ise zayıf olarak ifade edilmektedir. Lastiğin ömrü kullanım alışkanlığı, iklim ve yol koşulları ile servis özelliğine göre belirgin bir değişim gösterir [22].

**Traction:**Çekiş sınıfını gösterir. Kontrollü şartlar altında lastiğin ıslak yüzeydeki duruş kabiliyeti ve yeteneğini gösterir. C= Geçerli Sınıf, B= Orta Sınıf ve A= En iyi sınıf olarak ifade edilmektedir[22].

**Temperature:**Lastiğin ısıya dayanımı ve ısıyı atma yeteneğini gösterir. C= Geçerli Sınıf, B= Orta Sınıf, A= İyi sınıf ve AA= En iyi sınıf olarak ifade edilmektedir[22].

**“E” Onay Sembolü:**Söz konusu lastiğin Avrupa Ekonomik Komisyonu'nun kabul ettiği şartnamelere uyduğunu ve onayın alındığı kuruluşu belirten semboldür [21].

**“E” Onay Numarası:**Söz konusu lastiğin Avrupa dünyada yaygın olarak kabul gören Avrupa Ekonomik Komisyonu'nun binek lastiği ile ilgili ECE-R30 şartnamesine uygunluğunu belirten ve Avrupa'daki yetkili bir kuruluş tarafından verilen onay numarasıdır [21].

## 2.6.2. Lastik Ebat gösterimi

Lastiği tanımlayan harf-rakam grubudur. Ebatlar, lastiğin yanak bölgesinde bir dizi markalama ile belirtilir. 120/70 R 1697W yüksek performans lastiğini örnek olarak inceleysek. Bu kısımda 6 farklı bilgi bulunmaktadır.

**120**Lastik Kesit Genişliği (mm)

**70** Lastik Kesit Oranı (%)

**R** Konstrüksiyon Tipi (Radyal)

**16**Jant Çapı (inch)

**97** Yük İndeksi

**W** Hız İndeksi

**Tablo 2.2**E.T.R.T.O'ya göre hız indeksleri [21].

Hız Sembolü	Hız Sınırı (km/h)	Hız Sembolü	Hız Sınırı
A1	5	J	100
A2	10	K	110
A3	15	L	120
A4	20	M	130
A5	25	N	140
A6	30	P	150
A7	35	Q	160
A8	40	R	170
B	50	S	180
C	60	T	190
D	65	U	200
E	70	H	210
F	80	V	240
G	90	W	270

**Tablo 2.3**E.T.R.T.O’ya göre yük indeksleri [21].

Yük İndeksi	Lastik Başına Yük (kg)	Yük İndeksi	Lastik Başına Yük (kg)	Yük İndeksi	Lastik Başına Yük (kg)
60	250	75	387	90	600
61	257	76	400	91	615
62	265	77	412	92	630
63	272	78	425	93	650
64	280	79	437	96	670
65	209	80	450	95	690
66	300	81	462	96	710
67	307	82	475	97	730
68	315	83	487	98	750
69	325	84	500	99	775
70	335	85	515	100	800
71	345	86	530	101	825
72	355	87	545	102	850
73	365	88	560	103	875
74	375	89	580	104	900

### 2.6.3. Konstrüksiyon Bilgileri

Sırasıyla sırt ve yanaktaki gerçek katların sayıları ile cinslerini belirtmektedir.

**Yük İndeksi** Hız sembolü ile belirtilen hızda “lastik başına” izin verilen azami yükü gösterir. Yük kapasiteleri kg cinsinden ifade edilir [21].

**Hız İndeksi** Avrupa E.T.R.T.O standartlarına göre lastiğin taşıyabileceği azami yüke dayanabileceği en yüksek sürati belirten işaretlemedir [21].

**DOT Sembolü:** Lastiklerin üzerinde ne zaman üretildiklerini belirten üretim tarihi kodlamaları bulunur. “**DOT**” (**D**e**partment****O**f**T**ransportation) Amerika Birleşik Devleti Ulaştırma dairesinin baş harflerinin kısaltmasıdır. Ülkemiz de ise “DOT” kelimesi lastiğin doğum tarihi olarak dilimize yerleşmiş durumdadır. DOT 7S 2811’i örnek olarak incelersek. “2511” rakamlarındaki ilk iki rakam lastiğin üretildiği haftayı belirtir, diğer son iki rakam ise lastiğin üretildiği yılı belirtmektedir.

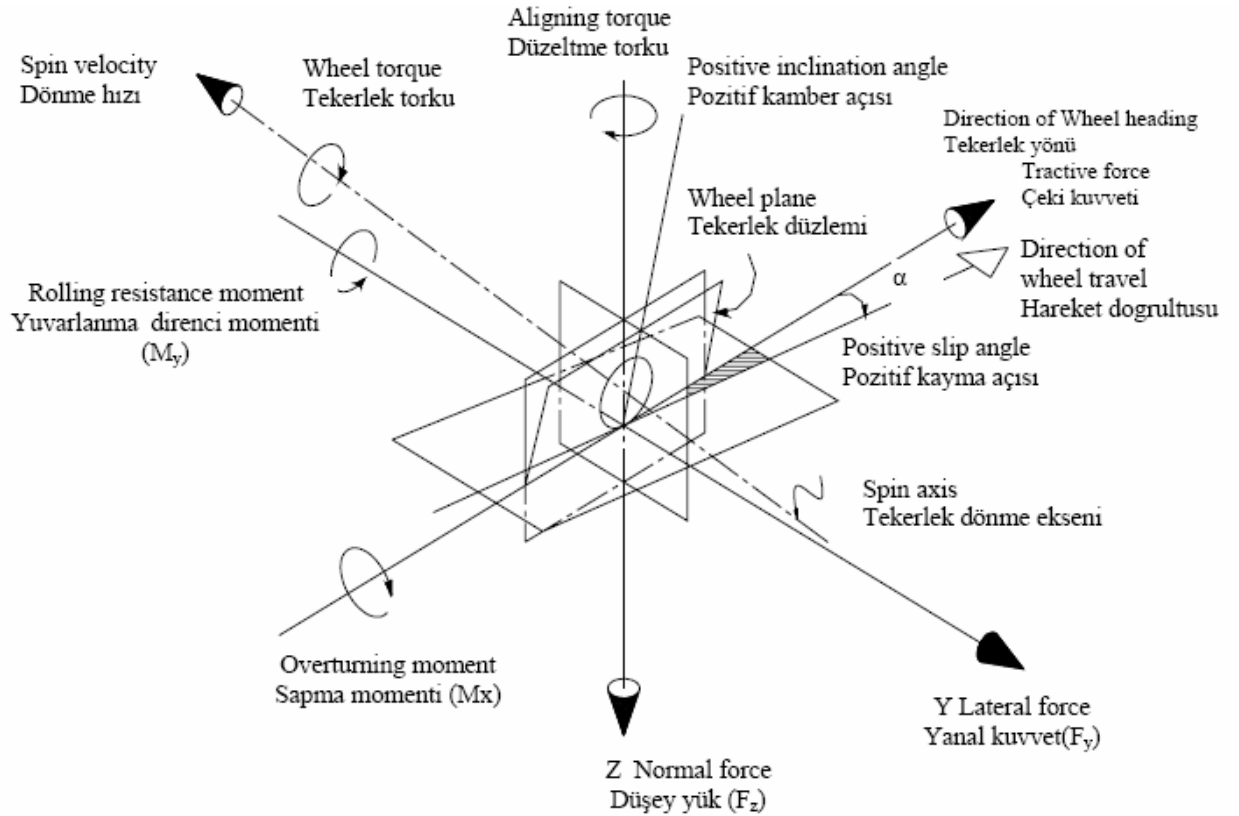
## 2.7. Tekerleğe Etkiyen Kuvvetler ve Momentler

Şekil 2.5’ te tekerlek eksen takımına göre bir tekerleğe etki eden kuvvetler ve momentler gösterilmiştir[21]. Hareket halindeki bir tekerleğe etki eden kuvvetler;

1. Doğrusal kuvvet (tahrik kuvveti) ( $F_x$ )
2. Yanal kuvvet ( $F_y$ )
3. Düşey yük ( $F_z$ )

Hareket halindeki bir tekerleğe etki eden momentler;

1. X eksenine göre, sapma momenti( $M_x$ )
2. Y eksenine göre, yuvarlanma direnci momenti ( $M_y$ )
3. Z eksenine göre, düzeltme torku ( $M_z$ ).



Şekil 2.5 Tekerlek Koordinat Eksen Takımı [21].

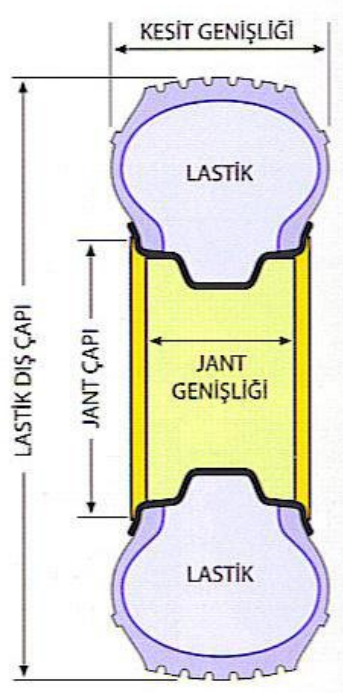
Hareket halindeki tekerlekle ilgili olarak iki önemli açı bulunmaktadır. Bunlar, kayma açısı ve kamber açısıdır. Kayma açısı tekerlek düzleminin, yol yüzeyi ile arakesiti ve tekerleğin hareket doğrultusu arasındaki açıdır. Kamber açısı ise, xz düzlemi ile tekerlek düzlemi arasındaki açıdır. Lastiğin geliştirdiği yanal kuvvet, bu iki açının fonksiyonudur.

## **2.8. Taşıt Lastiklerinin Kimyasal Yapısı**

Lastik hammaddesi kauçuk olmakla birlikte kord bezi ve çelik teller ile çeşitli kimyasal maddelerin birleşiminden oluşan ve aracın yer ile temasını sağlayan tek ve en önemli parçadır. Tekerlek, insanlığın bildiği en eski mekanik araç olarak değerlendirilmektedir. Lastik, bazı tropik bitkilerin sütümsü öz suyundan (lateks) doğal halde elde edilen kauçuğun petrol ve alkolle bileşimiyle elde edilen maddedir[23]. Fransız bilim adamları tarafından 1736'da Güney Amerika'da tanımlanan ve 1840'ların başında Charles Goodyear tarafından kükürtle sertleştirme işlemi gerçekleştirilen kauçuk, bu yıllardan itibaren endüstrideki yerini almış ve ticari önem kazanmıştır. Goodyear'ın bu yöntemi, kükürtleme işlemi hızlandırıcı ve kırılmaya karşı kauçuğun direncini artırıcı bazı kimyasal maddeler katılmasıyla zamanla geliştirilmiştir. İlk olarak lastik, kükürt + kauçuk elde etmiş ve sonraları önem kazanması nedeni ile lastik içerisine yabancı maddeler katma yoluna gidilmiştir. Ayrıca boya maddesi de ilave edilerek değişik renklerde plastiğin üretimine geçilmiştir. Havanın etkisine karşı uzun ömürlü olabilmesi için, lastik içerisine plastiklerden fenoller, aminler ve ayrıca bazı tuzlar eklenmiş ve dayanımını artırmak amacıyla lastik içerisine amorf karbon ve yumuşaklık vermek için sterik asit eklenerek, gelişen teknolojiye paralel olarak günümüzde farklı hammaddeler sayesinde çok amaçlı özel lastikler üretilmekte ve bunlardan da çeşitli parçalar yapılmaktadır[23]. Özel amaçlı lastikler, yüksek basınç ve dayanım gösteren makine kayışları, hortumlar, otomobil lastikleri ve benzeri parça yapımında çok kullanılmaktadır. Hepsinin tasarım üretim aşamaları benzer olmakla birlikte bu çalışmada genel olarak otomobil lastiklerinin hammadde, tasarım ve üretim aşamalarından bahsedilecektir. Taşıt lastiklerinin tasarımlarında önemli olan kriterlerlastiğin görevleri olarak tanımlanan; yön verme, yükü taşıma, amorti etme,

sürme, kuvvetleri aktarma, kalıcı olma gibi birçok sayıda fonksiyonu yerine getirmesidir[24].

## 2.9. Lastik Tasarımı İçin Basit Hesaplama Yöntemi



Şekil 2.6Lastiğin Ölçüleri

**Dış Çap:**Janta monte edilmiş fakat yük uygulanmadan ölçülen lastiğin dış çapıdır

**Kesit Genişliği (B):**Lastiğin içine hava verilip şişirildikten lastiğin yere bastığı mesafedir.

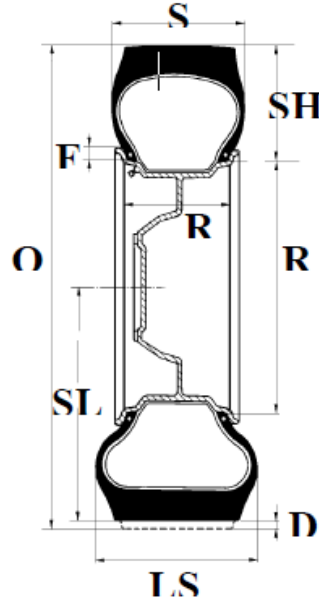
**Kesit Yüksekliği(H):**Yeni yük uygulanmamış lastikte damak bölgesinden lastiğin yere basan kısmına kadar olan yüksekliktir.

**Yük Altındaki Kesit Genişliği:**Yük altında lastiğin yere bastığı mesafedir.

**Statik Yük Yarıçapı:**Lastiğin yere bastığı alandan janttanmış lastiğe yük uygulandıktan sonra dikey merkeze uzaklığıdır.

**Minimum Dual Spacing:**Lastiğin merkezinden çift yönlü konulduğunda diğer merkez çizgisine uzaklığıdır.

Lastikteki bazı ölçüler Şekil 2.5 belirtilmiştir.Şekil de aynı zamanda yük altında lastiğin uğradığı sapmada görülmektedir. Lastik üzerine yük uygulandığında oluşan sapmaların hesaplanma yöntemleri aşağıda gösterilmektedir.



**Şekil 2.7**Lastik üzerine yük uygulandığında oluşan sapmaların hesaplanma yöntemi

O : Dış Çap

R : Jant Çapı

SL : Statik Yüklü Yarıçap

F : Sapma

1) Yük Olmadan Kesit Yüksekliği (SH1) = (O-R)/2

2) Yük Altında Kesit Yüksekliği (SH2) = SL-1/2\*R

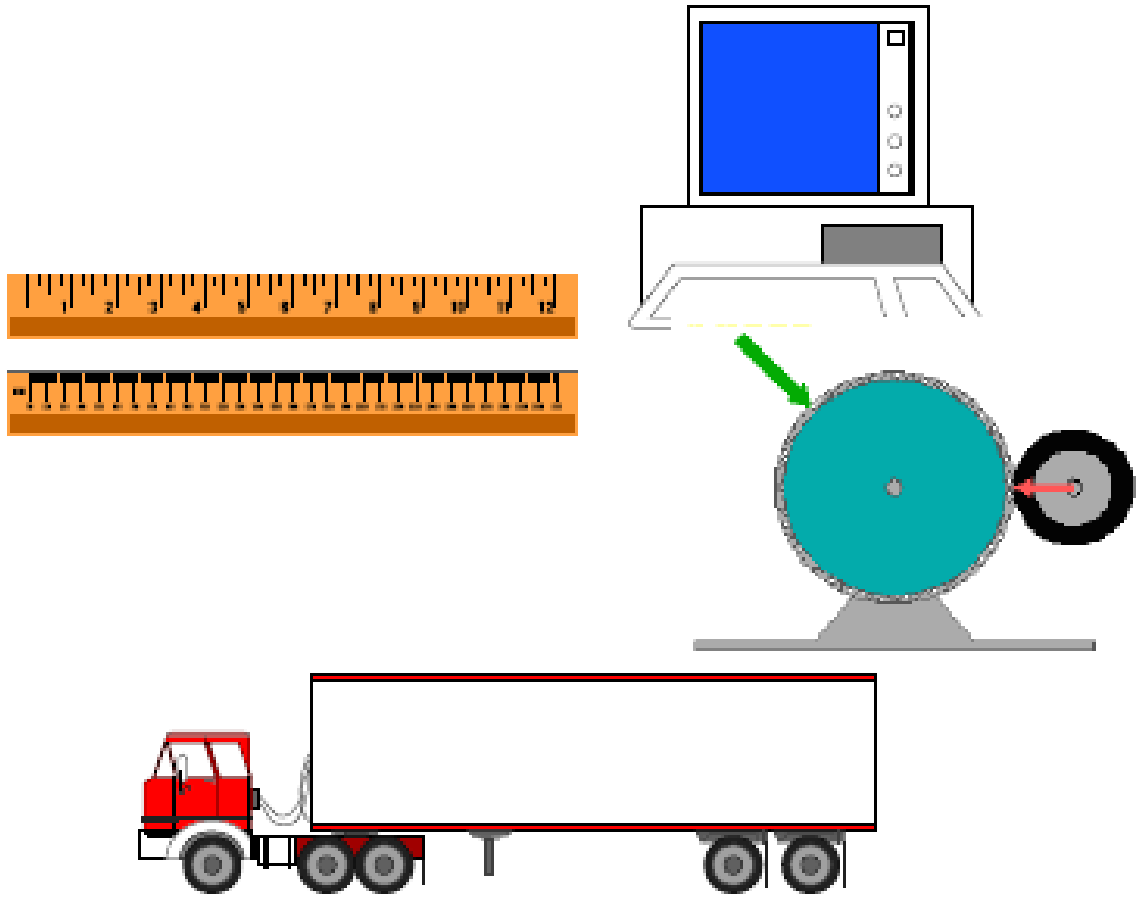
3) Yüzde Sapma =100-(SH1/SH2)\*100

Lastikteki bu sapsmalar; otomobil lastiklerinde %20-25, motosiklet ve otobüs lastiklerinde %15, traktör lastiklerinde %15-20 oranında olmaktadır. Bu sapsmalar lastiğin sürüş kabiliyetini, dinamik yük değişimine karşı etkilerini, sürüş konforunu ve bazı olumsuzluklara karşı etkilerini belirler.

## **2.10. Lastiğe Uygulanan Testler**

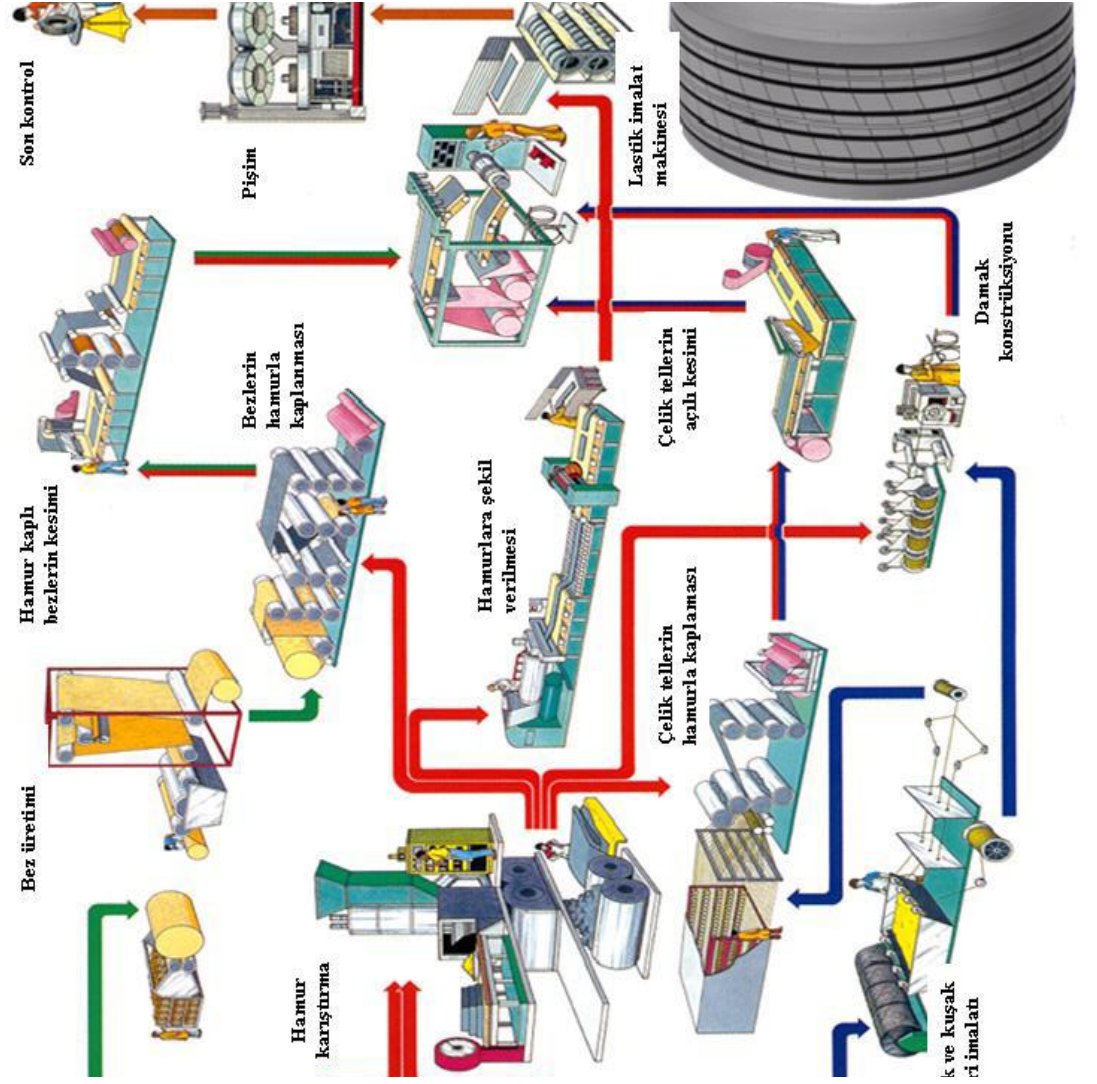
Lastiğe uygulanan testler aşağıda sıralanmış ve Şekil 2.8'de gösterilmiştir.

- Bilgisayar Simülasyon Testleri
- Parça Testleri
- Laboratuvar Testleri
- Yol Performans Testleri
- Kapalı Yol Testleri
- Yolda Odaklanmış Bölge Testleri
- Saha Testleri



Şekil 2.8Lastiğe Uygulanan Testler[21].

## 2.11. Lastiğin Üretimi

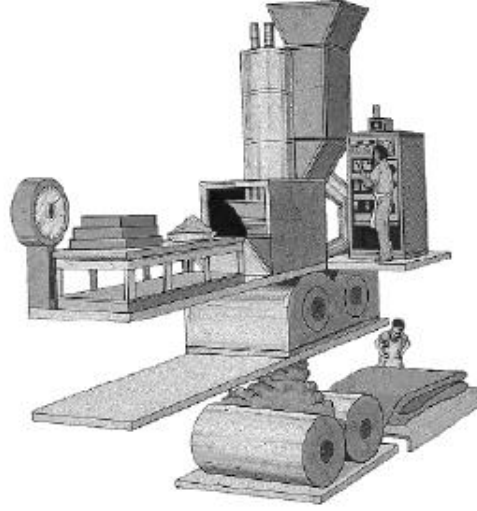


Şekil 2.9 Lastik Üretim Prosesi

Lastik üretim prosesinde öncelikle monte edilip lastik oluşturulan lastik komponentleri hazırlanır. Lastiğin üretim aşamaları aşağıda ki gibidir.

### 2.11.1. Hamur karışımı

Lastiğe karıştırılan doğal veya sentetik kauçuk, karbon siyahı, yağlar ve diğer kimyasallar hamur karıştırma makinesinde (banbury) karıştırılır ve kauçuğun sakız kıvamına gelmesi sağlanır.



**Şekil 2.10**Hamur Karıştırma Makinesi

### **2.11.2. Sırt, yanak ve apex üretimi**

Karıştırılan hamur extruderlere getirilir. Ön ısıtma ve yumuşatma işlemine tabi tutulan hamurlar iyice ısıtılıp homojen hale getirilerek özel olarak hazırlanan kalıplardan geçirilerek yarı mamül halinde çıkar, gerekirse baskı silindirden geçirilir. Bantlar yardımıyla soğutma kısımlarından geçirilerek bobinlere sarılır [24].

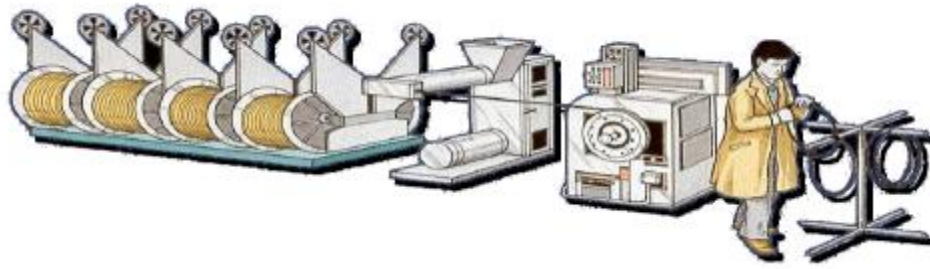
### **2.11.3. Gövdedeki lifli kısımların üretimi**

Çelik teller alttan ve üstten karışım sıvayarak çelik kuşak kumaşı yapan makinedir. Sıcaklığı ve nemi sabit kapalı odada çelik tel makaraları raflara matris şeklinde dizilir. Buradan geçene teller tel sıklığının ayarlandığı silindirden geçen teller aynı hizada tutularak homojen bir dizilme sağlanır. Sepetlerden gelen karışım makine ağızına girer. Oradan besleyiciye gelir, yumuşatma ve ısıtma işlemi yapılan karışım iki ayrı bant ile çelik tellerin makineye girdiği kısma bir üstten bir alttan gelir ve istenilen kalınlıkta sıvanır. Polietilen malzemeye sarılarak soğutma silindirinden geçirilerek sarılma

bobinlerine oradan da metalik kumaş makaralarına gönderilir. Kumaş makaraların sarılan hamurla kaplı çelik teller istenen genişlikte ve açıyla kesilir. İstenilen açı ve genişliğe sahip tel kumaşlar birbirine eklenerek bobinlere sarılır. Çelik teller gibi gövdeye yerleştirilen iplikli kısımlarda vardır. Bunlarda kordlar hamur ile kaplanarak makaralara sarılır. Daha sonra 87° veya 90° açıyla kesilir. Açılı olarak kesilen kord bezleri bobinlere sarılarak yarı mamul haline getirilir [21].

#### 2.11.4. Damak teli (bead) üretimi

Bead, lastiğin otomobil jantıyla temas ettiği kısmının iskeletini oluşturan çelik tellerden yapılan ve lastiğin damak kısmının dayanımını sağlayan yarı mamuldür. Karışım ile lastiklenen çelik tellerin belirtilen sarım sayısında sarılarak yine belirtilen çapta çember haline getirilmesi ile yapılmaktadır. İmalatında bakır kaplı çelik teller kullanılmaktadır[21].



Şekil 2.11 Damak teli üretim makinesi[21].

#### 2.11.5. Hazırlanan yarı mamullerin (komponentlerin) birleştirilmesi

Hazırlanan bütün malzemeler sırasıyla uygulanır. Lastik oluşumu iki aşamada gerçekleşir. Birinci aşamada gövde denilen karkas oluşturulur. Daha sonra kord bezlerinden oluşan kısım sarılır. Damak teli uygulanır, üzerine apex sarılır. Kord bezlerinin damak teli kenarlarında kalan kısmı damak teli üstüne katlanır. Daha sonra yanak kısmı uygulanır ve tamburdan çıkarılır. Hazırlanan karkas ikinci aşama makinelerine gönderilir. İkinci aşama makinelerinde açılı olarak bulunan birinci çelik kumaş, onun üzerine de açıları ters olacak şekilde ikinci çelik kuşak uygulanır. Onların

üzerine gövdeye 90° olarak yine kortlardan oluşan hamur kaplı kuşak uygulanır. Tekstil kuşak (overlay) çelik kuşakların kenarlarını kapatacak şekilde uygulanır. Onun üzerine de sırt kısmını oluşturacak sırt hamuru uygulanarak ezdirilir ve pişirme bölümüne gönderilir [21].

#### **2.11.6. Lastik pişirme**

Lastiklerin pişmesi vulkanizasyon denilen olayın gerçekleşmesidir. Pişmemiş olan lastik pişmeye hazırlık aşamasında iç ve dış boyama işlemlerinden geçirilir. Bu sayede lastik pişerken hamurun kalıpta kolayca kayarak istenilen şekle girmesi sağlanır. Pişirme işlemi lastiğin son şeklini alması için preslenmesidir. İçten hava torbası ile basınç ve sıcaklık verilerek belli bir süre kalıplanan lastik pişerek elastik özellik kazanır. Lastiklerde sırt desenlerinin oluşması da pişme esnasında gerçekleşir. Pişmemiş lastiğe nasıl desen uygulanmak isteniyorsa pres için o kalıp koyularak istenilen sırt desenine sahip olması sağlanır. Presten çıkan lastik içine yüksek basınçta hava verilerek soğutulur. Böylece son şeklini almış olur.

#### **2.11.7. Son kontrol ve bitirme**

Lastik pişirilip piyasaya sunulmadan önce gözle kontrol, röntgen, salgı kontrol, balans kontrol ve kuvvet ölçüm işlemlerinden geçirilir. Bu kontroller yapılmadan piyasaya sunulmaz.

#### **2.12. Hava Basıncının Önemi**

Lastik basınçları lastikler için çok önemli bir konudur. Lastik basınçları bir çok şeyi etkiler. Kullanılan havanın miktarı doğru değilse eğer lastiğin ömrü kısalmış ve elastikte kullanım ve denge sorunları ortaya çıkar. Özellikle üreticiler pistlerde lastik havalarının cadde kullanımındakilere göre daha az olması gerektiğini savunurlar. Çünkü düşük hava basıncı lastiğin yere temas alanını(trail) büyütür ve neticesinde dönüşlerde yer tutumu daha sağlıklı olur. Lastiğin basıncının fazla olması da lastik gövdesine zarar verir, lastik çabuk ısınır ve lastiğin yer tutumu kaybolur. Çapraz katlı lastikler döneminde lastik havalarının önemi çok fazlaydı. Bu lastik tasarımlarında lastiğin aşırı ısınmaması için

doğru çalışma ısısında tutulması önemli bir durumdur. Radyal lastikler ısı dalgalanmalarını belli ölçülerde yok etmiştir amayinede doğru lastik havası iyi bir tur zamanı için gereklidir. Lastik havasının lastikten iyi verimi alabilmesini sağlamak iinbu ısıya gelip gelmediği “pirometre” ile ölçülür ve pist sonrası hava basıncında değişiklikler yapılarak lastiğin ne kadar sıkı çalıştığı görülebilir ancak bu durumun bir standardı yoktur. Deneme yanılma ile tespit edilir.



**şekil 2.12**Farklı Basınc Uygulanmış Lastikler [25].

İlk resimde soğuk yırtığı görülüyor. Bu lastik fazla hava basıldığı için dış katı istenilen sıcaklığa ulaşamamıştır. Ayrıca yanlış n ve arka açılım(rebound) ayarı da bu sonucu verir. Lastik soğukken hava basılmalı ve ısındığında kazandığı ekstra ağırlığı (fazla havayı) tekrar ölçmek gerekir [25].

İkinci resim çok yayı yırtığıdır. Yay çok yumuşak ise veya çok sert ise lastiğin karkası aşırı bir baskı altına girer ve bu sebeple de ince şeritlere ayrılarak erir. Burada kş mesafesi llerek doğru değerlere ayarlama yapmadan ulaşılamaz mı bakılır. Yaylar zerindeki tüm önyükleme de boşalmış olabilir [25].

nc resimde çok açılım yırtığı görülmektedir. Açılım ayarları yanlış ise lastiğin dış şekillerine sanki bir çember bastırılmış gibi tahriş izleri görülecektir. Resimde kenarlar yükselmiş ve çökük alanlar hemen onun arkasından geliyor.

Dördüncü resim sıcak yırtıktır. Eksik hava basıncı demektir. Düşük lastik hava basıncı soğuk lastik havasının srşle ısındıkça kazandığı ekstra hacim genişlemesi neticesinde artan basınç farkının kabul edilebilir llrin üzerinde olması demektir. Bu durumda

lastik erir ve lastik sağlam görünmekle beraber kenarlarına doğru açılış bir görüntü verir [25].

### **2.13. Lastik Ömrünü Etkileyen Unsurlar**

Erken aşınma ve yıpranmayı önleyerek lastik kullanımında tasarruf yapılabilmesi için dikkat edilecek hususlar şunlardır [21].

#### **2.13.1. Doğru Hava Kullanımı**

Lastiğin taşınan yüke uygun hava ile şişirilmesi, lastiğin hızlı aşınmasını önleyen, ömrünü uzatan etkenlerin başında gelir. Taşınan yük için gerekli katalog basınç değerinden daha fazla veya daha az şişirilen lastiklerde anormal aşınmalar görülür. Havası fazla lastiklerin sırt merkezi, havası az lastiklerin ise omuz kısımları daha çok aşınır. Uzun yolculuklarda lastiklerin havası, yola çıkılmadan önce ve lastikler soğukken kontrol edilmeli ve şişirilmelidir. Çift lastiklerin hava basınçlarının aynı olması gereklidir. Aksi takdirde fazla havalı lastik daha çok yük taşıyacak ve çabuk aşınacaktır [21].

#### **2.13.2. Araç Hızı ve Lastik Aşınma Ömrü**

Aracın hızı ile lastiğin aşınma ömrü arasındaki bağlantı önemlidir. Lastik dönerken üzerine etki eden çekiş ve frenleme kuvveti gibi teğet sel kuvvetler aracın hızının karesiyle orantılıdır. Hız arttığında lastik sıcaklığı yükselir ve sırt kauçuğunun aşınma direnci azalır [21].

#### **2.13.3. Uygun Lastik Seçimi**

Lastiğin üzerindeki yükü emniyetli bir biçimde taşıyabilmesi için, araç el kitabında belirtilen ebat, yük endeksi ve hız sembolüne sahip lastikler kullanılmalıdır. Marka, cins ve kalitesine bakılmaksızın aynı ebat ve aynı yük endeksine sahip lastikler, aynı hava basıncında aynı yükü taşımak üzere imal edilmişlerdir. Ayrıca, aracın jant ölçüleri de takılan lastiğe uygun olmalıdır [21].

#### **2.13.4. Yük Miktarı ve Yükleme Biçimi**

Yükün miktarı ve araca yükleniş biçimi, lastik ömrü üzerinde önemli bir rol oynar. Gelişi güzel yükleme, bazı lastiklerin diğerlerine oranla daha fazla yük taşıyıp, çabuk aşınmalarına sebep olur. Yükleme biçiminde amaç, her lastiğin eşit ağırlık taşımalarını sağlar [21]. Araçlar yük taşıma kapasitelerinin üstünde yüklenmemelidir. Aşırı yükleme, lastiğin fazla ısınmasına, yanak ve omuz bölgesinde özür vermesine ve ömrünün kısılmasına neden olur.

#### **2.13.5. Lastik Eşlendirmesi**

Araçlarda değişik yapılardaki (çapraz ve radyal, değişik ebat ya da serili 80, 70 gibi) lastikler hiçbir zaman aynı dingil üzerinde eklendirilmemelidir. Araçlarda ön-arka ve sağ-sol lastikler farklı aşınma gösterdiklerinden, eş aşınmayı sağlamak, dolayısıyla lastik ömrünü arttırmak için lastiklerin yerleri değiştirilmelidir. Radyal lastiklerin dönüş yönü hep aynı kalacak şekilde değiştirme yapılmalıdır. Lastik, dış derinliği 1,8 mm' den az ise, mutlaka yenisi ile değiştirilmelidir.

Düzensiz veya anormal aşınmaları engellemek için düzenli olarak (10.000 km'de bir) lastiklerin yerini değiştirilmeli. Binek lastiklerinde yasal aşınma sınırı 1.8 mm'dir. Ancak özellikle kış şartları ve ıslak zemin düşünüldüğünde lastik dış derinliğinin 1/8 inch (yaklaşık 3.2 mm) değerinin altına düşmemesi tavsiye edilir [21].

#### **2.13.6. Balans Bozukluğu**

Tekerleğin çevresindeki dengesiz ağırlıkların dönme esnasında yarattığı değişken kuvvetler, titreşim ve vuru (balanssızlık) meydana getirirler. İki çeşit balanssızlık vardır [1-2].

#### **2.13.6.1. Statik Balanssızlık**

Araç kaldırılıp tekerlek döndürüldüğünde, tekerlek hep aynı noktası (ağır kısmı) aşağıda kalacak şekilde duruyorsa, statik balanssızlık var demektir. Yüksek hızlarda zıplama (vuru) şeklinde hissedilir [21].

#### **2.13.6.2. Dinamik Balanssızlık**

Tekerleğin sağa ve sola değişik yörüngeler çizerek yalpalı dönmesidir. Yanal titreşim şeklinde hissedilir [21].

#### **2.13.7. Yol ve İklim Şartları**

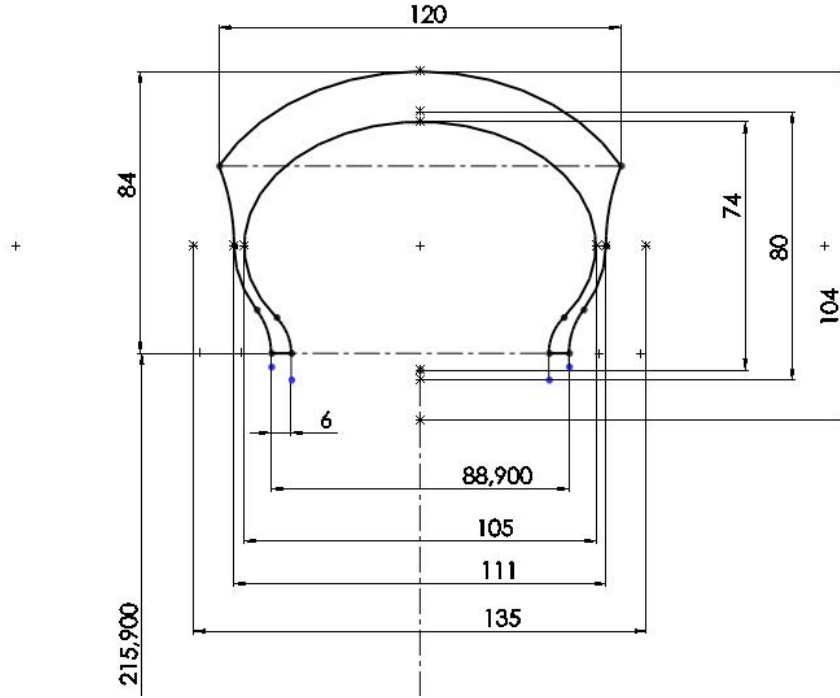
Karayollarının cinsi lastik ömrünü etkileyen faktörlerin başında gelir. Bazı yüzeyler pürüzsüz gibi görünürken aşındırıcı ve lastiğin ömrünü kısaltıcı olabilir. Yoldaki yükseltiler ve çukurluklar da lastiğin ömrünü azaltır. Lastik yük altında esneme ve hız gibi faktörler etkisiyle ısınır. Dışarıdaki havanın ve yol yüzeyinin bu ısıyı emerek lastiği soğutması gerekir. Ancak, sıcak yaz aylarında bu işlem zor olduğundan lastikler daha çabuk aşınır. Lastikler rutubet, ışık, rüzgar, ısı, ozon, yağ ve kimyasal maddelere maruz kalabilecekleri yerlerde depolandıklarında sertleşme, biçim bozulması, çatlama gibi değişikliklerle işe yaramaz hale gelirler. İdeal bir depo serin, kuru, karanlık ve toz tutmayan bir yer olmalıdır. Uzun süreli depolamalarda lastik yere temas etmeyen raflara dik olarak yerleştirilmelidir. Kısa dönemli depolamada lastiklerin üst üste yığılması gerekiyorsa, yükseklik 1,5 metreyi geçmeyecek şekilde istiflenmelidir[21].





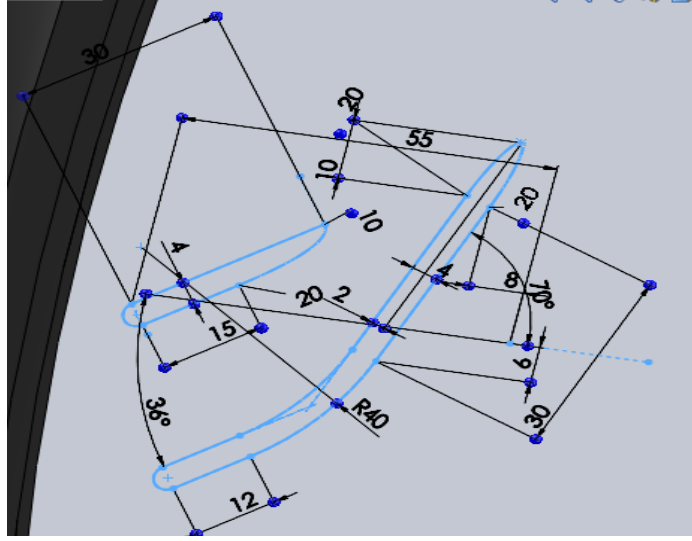
### 3. MOTOSİKLET LASTİĞİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIMI

Motosiklet radyal lastiği talebine yerli üretim olarak cevap verebilmek amacıyla öncelikli olarak yoğun kullanımı olan 120/70 R 16'batlı motosiklet lastik referans alınmıştır. SolidWorks 2012 Programı ile tasarımı yapılmıştır. Şekil 3.1' de motosiklet lastiğinin iki boyutlu şekli görülmektedir.



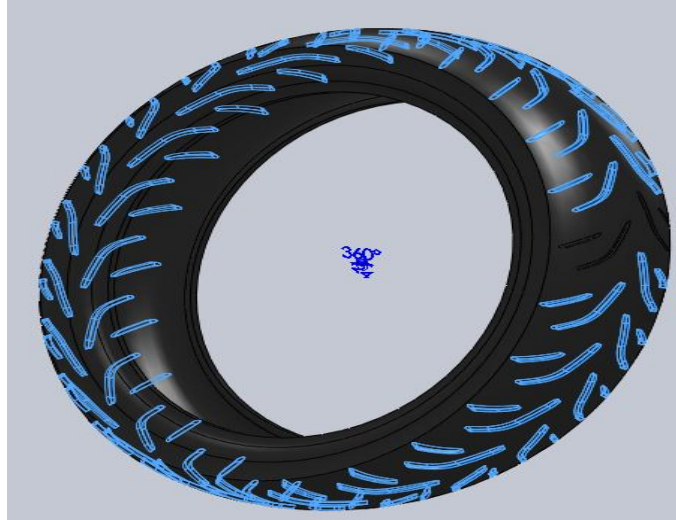
Şekil 3.1. Motosiklet Lastiğinin İki Boyutlu Görünümü





**Şekil 3.4.** Motosiklet lastiğinin sırt kısmına uygulanan çukur (sol taraf)

Şekil 3.4. te motosiklet lastiğine sol taraftan lastiğin yere karşı dayanımını artırmak için çukur açılmıştır.



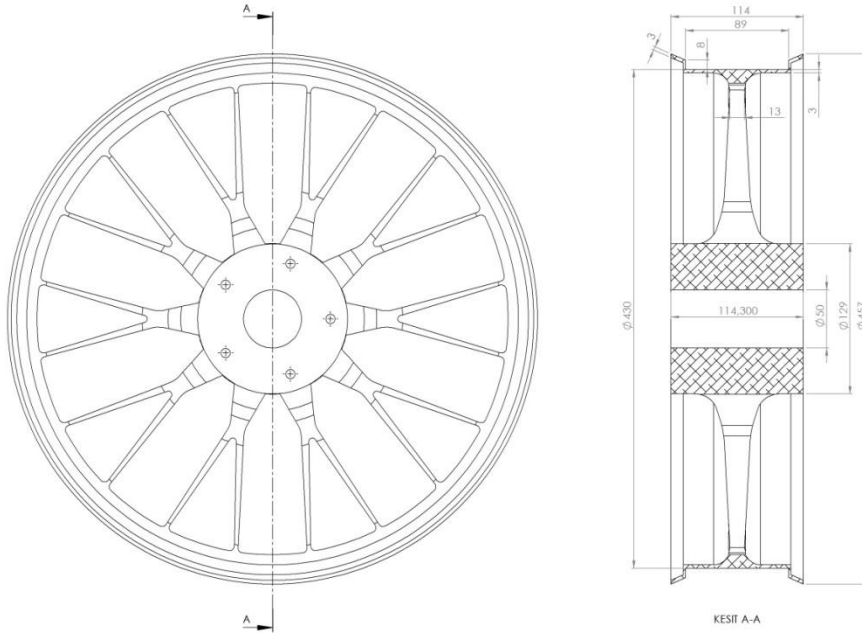
**Şekil 3.5.** Motosiklet lastiğinin sırt kısmına uygulanan çukur (tüm taraf)

Şekil 3.5 te çukurun lastiğin tüm tarafına yayılması için Cirpattern komutu ile lastiğin tüm yüzeyine dağıtıldı.



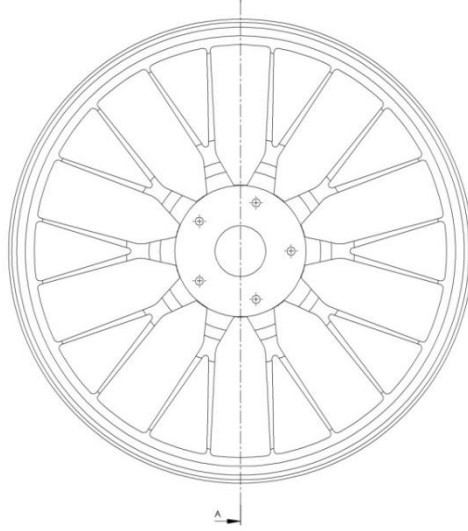
**Şekil 3.6**Motosiklet lastiğinin Üç Boyutlu Görünümü

Şekil 3.6. da motosiklet lastiğimizi bilgisayar destekli SolidWorks 2012 programı ile tasarımı yapıldı.



**Şekil 3.7**Jant tasarımının 2 Boyutlu Görün

Şekil 3.7de gerekli ölçüler verilerek jantın 2 boyutlu tasarımı yapıldı.



**Şekil 3.8**Jant Tasarımının 3 Boyutlu Görünümü

İki boyutlu olarak tasarlanan jantınSolidWorks 2012 yazılımının boss-extrude komutu kullanılarak derinlik verilerekşekle 3D boyut verildi.



**Şekil 3.9**Jant Tasarımının 3 Boyutlu Şekillenmesi

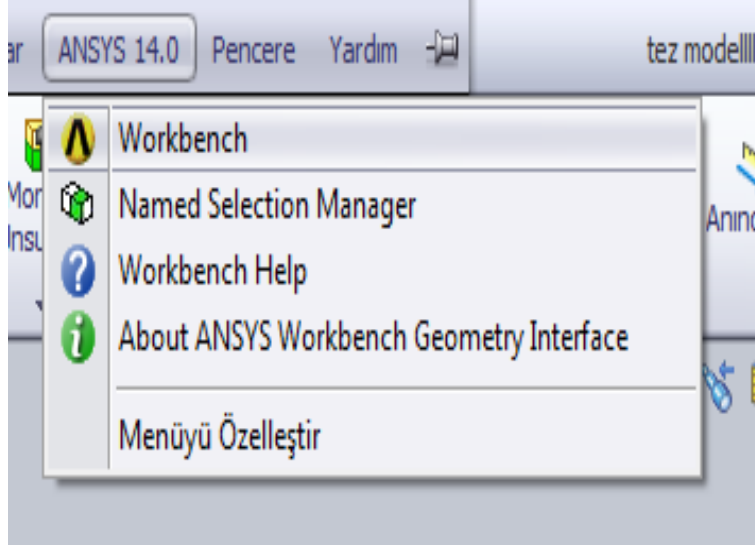
Şekil 3.8. da üç boyutlu katı modele revolve komutu ile döndürme işlemi yapıldı.Şekil 3.9. da da cut komutu ile de fazlalık kısımlar atılarak jant tasarımının son şekli verildi.



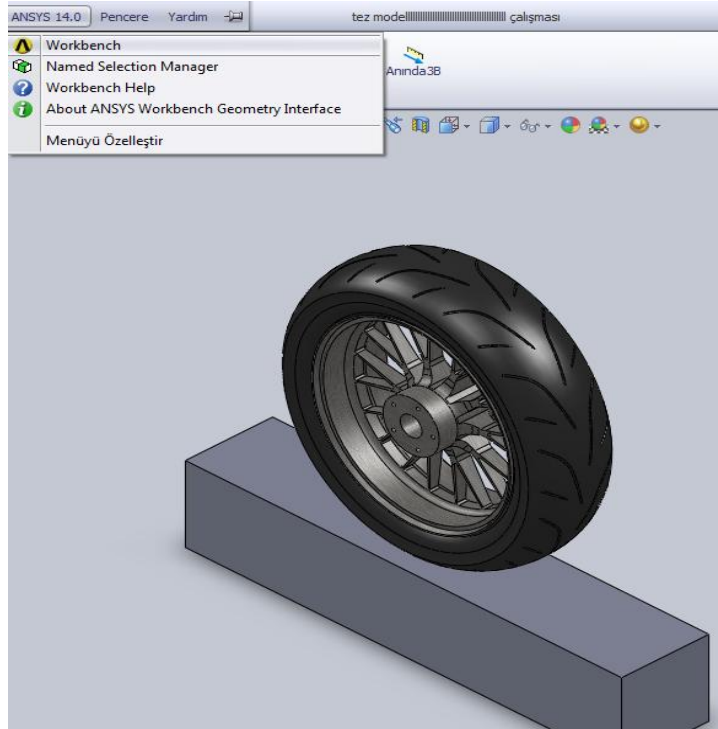
**Şekil 3.10**Montaj Görünüm

SolidWorks 2012 yazılım programı kullanılarak tasarımın jant kısmı ile lastik kısmı montajlanarak tasarımın sonlu elemanlar yöntemi ile analizi yapılmak üzere son şekli verildi.

#### 4. MOTOSİKLET LASTİĞİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

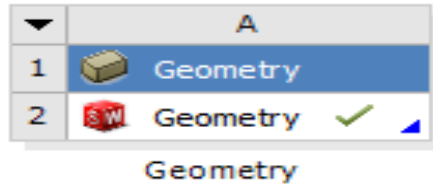
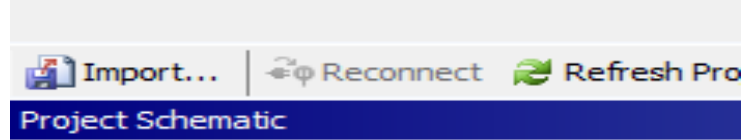


Şekil 4.1 Modelin ANSYS 14.0 Programına Aktarımı



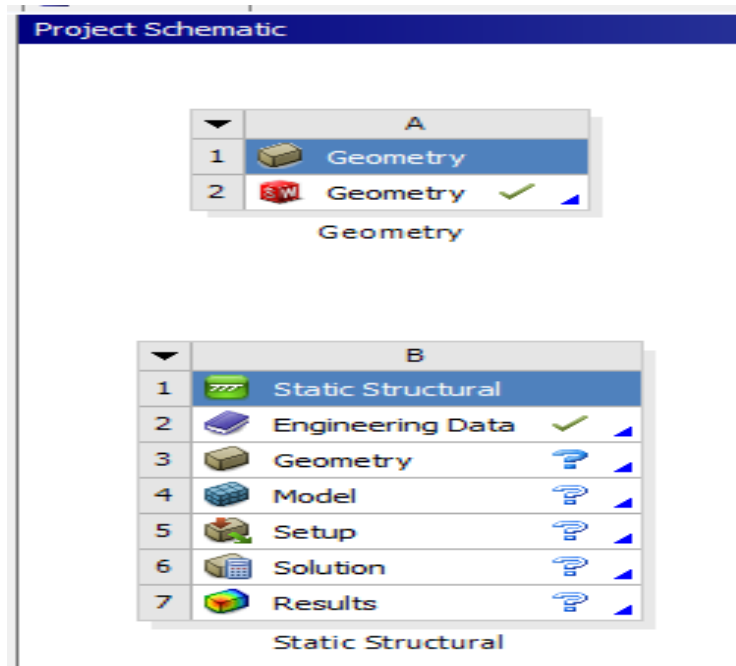
#### Şekil 4.2 Modelin ANSYS 14.0 Programına Aktarımı

Şekil 4.1 ve 4.2. de SolidWorks 2012 programında tekerlek modelini görev çubuğu bölümünden ANSYS 14.0 bölümünün WORKBENCH bölümünden ANYS 14.0 yazılımına aktarıldı.



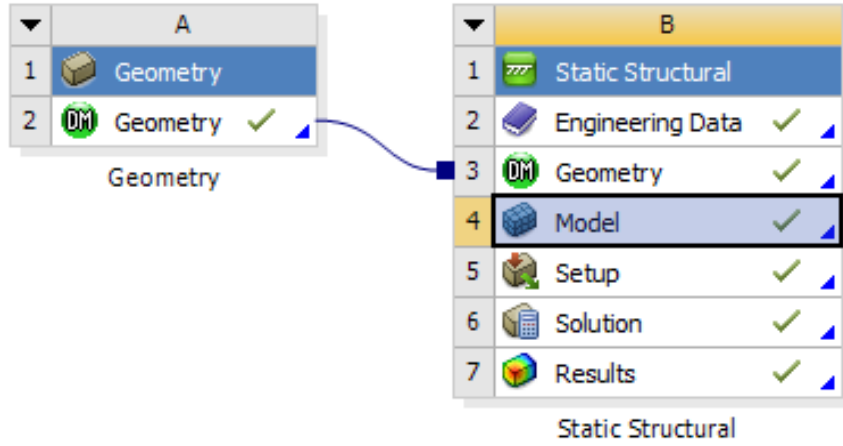
#### Şekil 4.3 Modelin Geometri bilgi aktarımı

Şekil 4.3 de modelingeometrikbilgisiANSYS 14.0 yazılımınaaktarıldı.



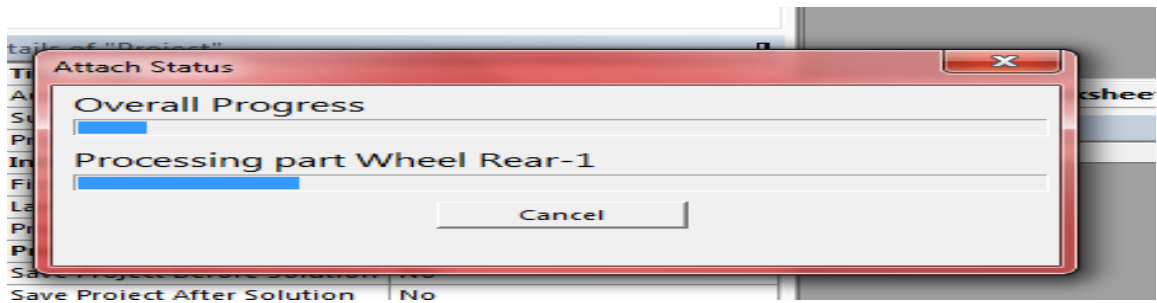
#### Şekil 4.4 Yeni Yapısal Analizin Oluşturulması

Şekil 4.4 de model yapısal analizi oluşturulmak için ANSYS 14.0 Yazılımından Static Structural bölümünden yeni yapısal analiz oluşturuldu.



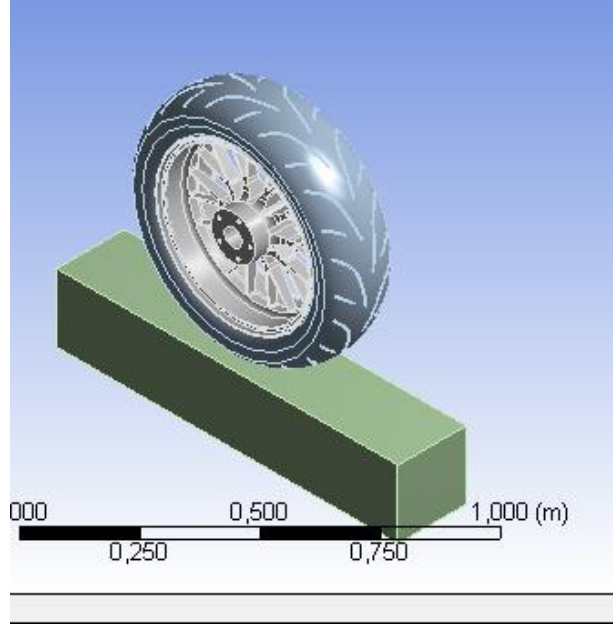
#### Şekil 4.5 Modelin Analiz Dosyasına Aktarılması

Şekil 4.5 de Şekil 4.4 de aktarılan analiz dosyasının yeni oluşturulan analiz dosyasında geometrileri birleştirerek ortak modelin analiz dosyaları birbirine bağlandı.



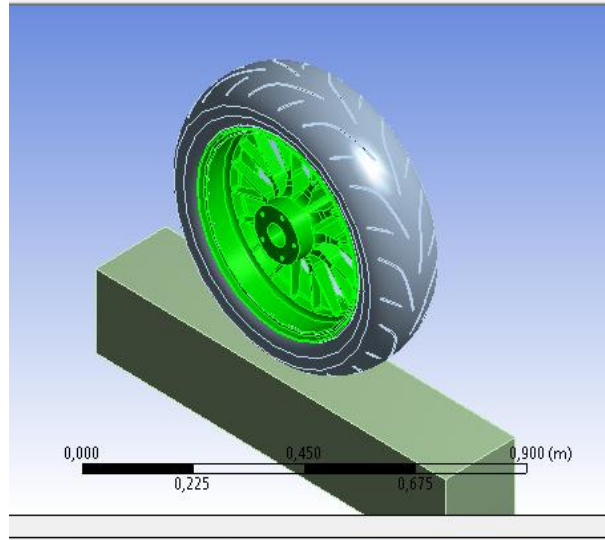
#### Şekil 4.6 Modelin Yazılıma Yüklenmesi

Şekil 4.6 de oluşturulan modelin analiz dosyası programa aktarıldıktan sonra modelin ANSYS 14.0 yazılımına yüklenerek modelin ANSYS 14.0 yazılımında düzenlenemeye başlanabilir.



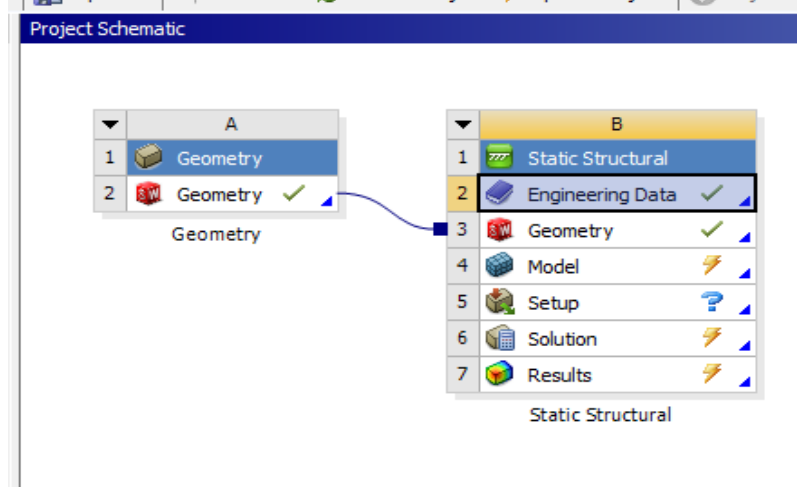
Şekil 4.7 Modelin ANSYS 14.0 Penceresine Getirilmesi

Şekil 4.7 de Modelin çevre şartlarını hazırlamak için ANSYS 14.0 programının da pencereye açılır.



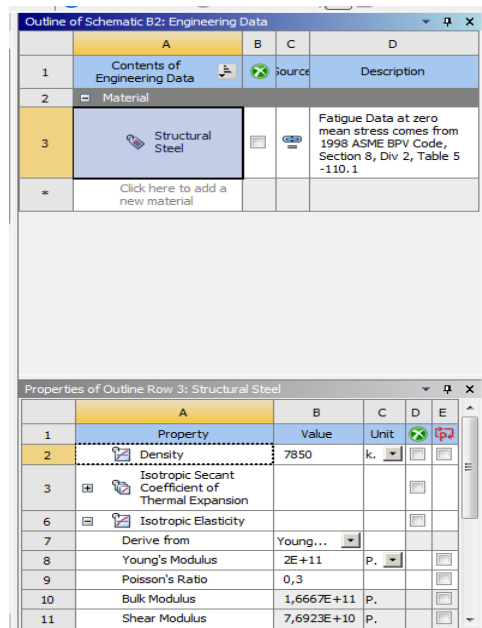
Şekil 4.8 Modelin Jant Malzeme Yapısı

Şekil 4.8 de model parçalarının varsayılan malzeme program tarafından otomatik olarak yapı çeliği verilmiştir. Bu yüzden her parçanın malzeme yapısının değiştirilmesi yapıldı.



Şekil 4.9 Malzeme Bilgisinin Düzenlenmesi

Malzeme bilgisinin düzenlenmesi ve yeni malzemelerin modele eklenmesi için şekil 4.9. de görüldüğü gibi “Engineer Data” bölümünden malzeme özelliklerini ANSYS 14.0 yazılımından seçilir.

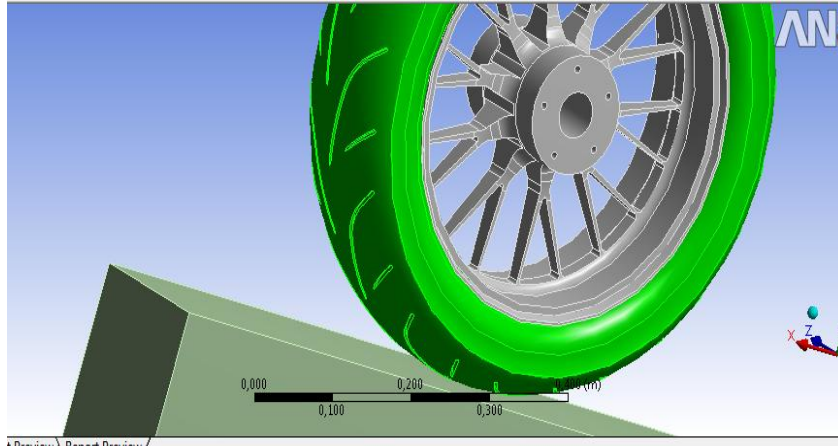


#### Şekil 4.10 Malzeme Bilgisinin Düzenlenmesi

Şekil 4.10'da malzeme düzenleme penceresi tüm malzemelerin özelliklerini düzenlemeye ve yeni malzeme eklemeye izin vermektedir.

**Tablo 4.1** Tekerlek lastiğinde kullanılan malzemenin mekanik özelliği

Malzeme	Elastik Modülü , (MPa)	Kayma Modülü (MPa)	Bulk modülü (MPa)	Poisson's Ratio
Tekerkek	18	6,04	300	0,49



**Şekil 4.11** Tekerlek Lastiği Malzeme Seçimi

Tekerlek lastiği için “ IsotropicElasticity” tipinde malzeme seçilmiştir.

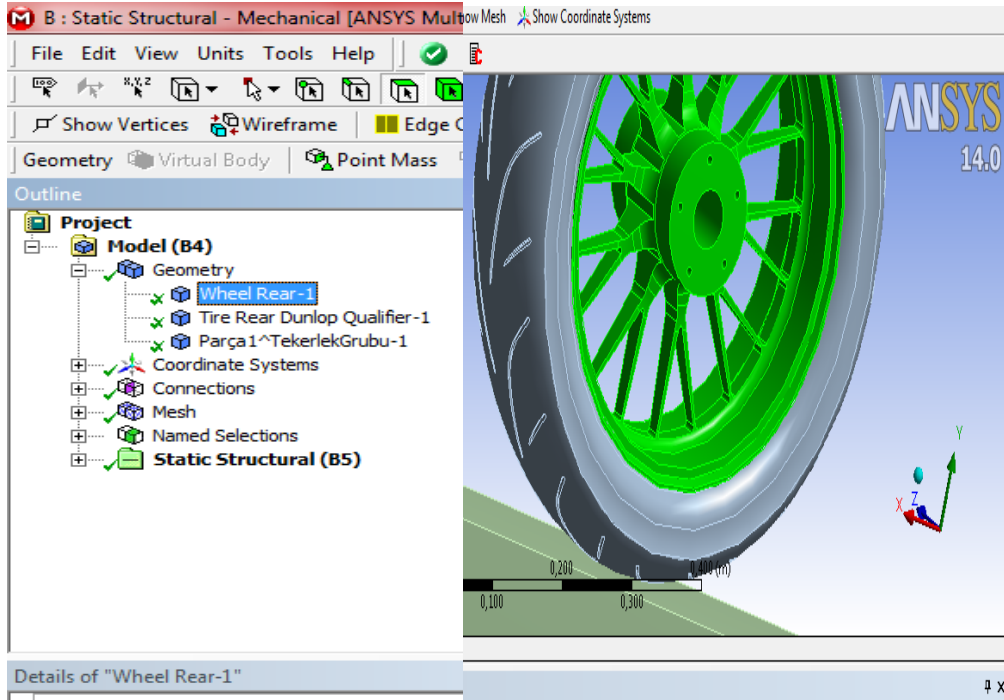
es of Outline Row 3: aa		Sample data for a neoprene rubber		
A	B	C	D	E
Property	Value	Unit		
Isotropic Elasticity				
Derive from	Young's Modulus and P...			
Young's Modulus	18	MPa		
Poisson's Ratio	0,49			
Bulk Modulus	3E+08	Pa		
Shear Modulus	6,0403E+06	Pa		

Table of Properties Row 2: Isotropic Elasticity				
	A	B	C	D
1	Temperature (C)	Young's Modulus (MPa)	Poisson's Ratio	Bulk Modulus (
2		18	0,49	3E+08
*				

Şekil 4.12Tekerlek Lastik Malzeme Seçimi [26]

Şekil 4.12.de belirtildiği gibi bu malzemeye aa ismi verildi. Bu malzeme, lastiğin tüm özelliklerini içermektedir ve analizde gerçek özelliklerine uygun davranması sağlanacaktır.



Şekil 4.13Tekerlek Jant Malzeme Seçimi

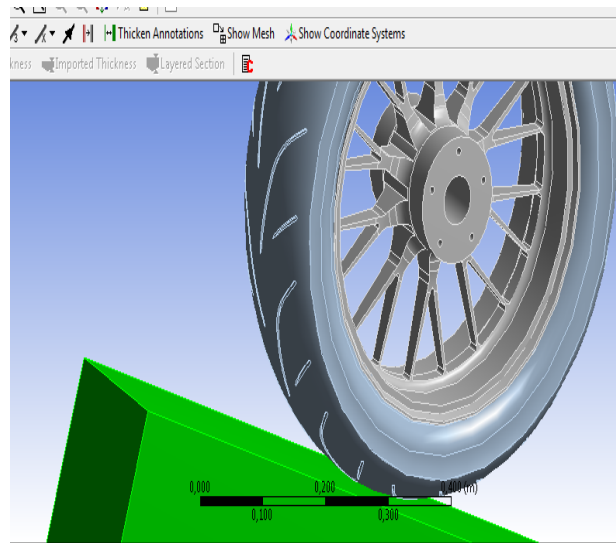
Properties of Outline Row 4: Aluminum Alloy				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Density	2770	kg m <sup>-3</sup>	
3	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion			
4	Coefficient of Thermal Expansion	2,3E-05	C <sup>-1</sup>	
5	Reference Temperature	22	C	
6	Isotropic Elasticity			
7	Derive from	Young's Modulus and ...		
8	Young's Modulus	7,1E+10	Pa	
9	Poisson's Ratio	0,33		
10	Bulk Modulus	6,9608E+10	Pa	
11	Shear Modulus	2,6692E+10	Pa	
12	Alternating Stress R-Ratio	Tabular		
13	Interpolation	Semi-Log		
14	Scale	1		
15	Offset	0	Pa	
16	Tensile Yield Strength	2,8E+08	Pa	
17	Compressive Yield Strength	2,8E+08	Pa	
18	Tensile Ultimate Strength	3,1E+08	Pa	
19	Compressive Ultimate Strength	0	Pa	

Şekil 4.14 Tekerlek Jant Malzeme Özellikleri

Tablo 4.2 Tekerlek jantında kullanılan malzemenin mekanik özelliği

Malzeme	Elastik Modülü (MPa)	Kayma Modülü (MPa)	Bulk modülü (MPa)	Poisson's Ratio	Yoğunluk, ρ (kg/m <sup>3</sup> )
Jant	71000	26692	69608	0,33	2770

Jant malzemesi şekil 4.13/4.14. de görüldüğü gibi ANSYS 14.0 yazılım kütüphanesinde bulunan alüminyum alaşım malzemesi özelliği uygun olduğundan alüminyum alaşım kullanılmıştır. Şekil 4.14te belirtilen jant malzemesinin özellikleridir.

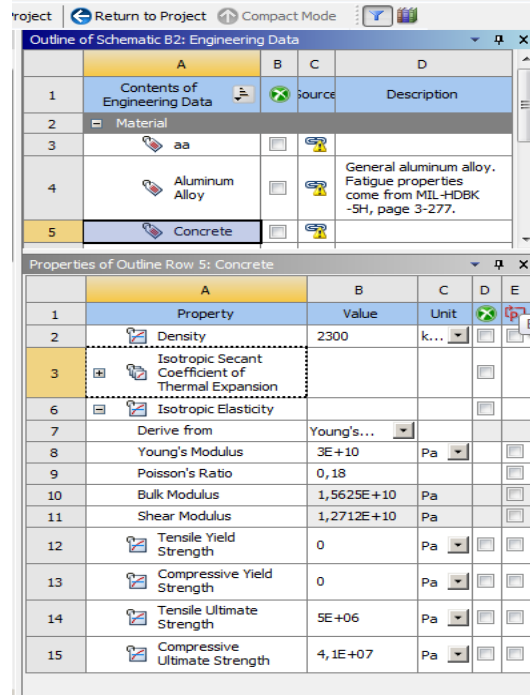


#### Şekil 4.15 Zemin seçimi

**Tablo 5.3** Tekerlek Zemin (Beton) kullanılan malzemenin mekanik özelliği

Malzeme	Elastik Modülü , (MPa)	Kayma Modülü , (MPa)	Bulk modülü (MPa)	Poisson's Ratio	Yoğunluk, $\rho$ (kg/m3)
Zemin (Beton)	30000	12712	15625	0,18	2300

Şekil 4.15.te belirtildiği gibi ANSYS 14.00 yazılımı kütüphanesinde bulunan beton malzemesi zemin için uygun bulunmuştur.

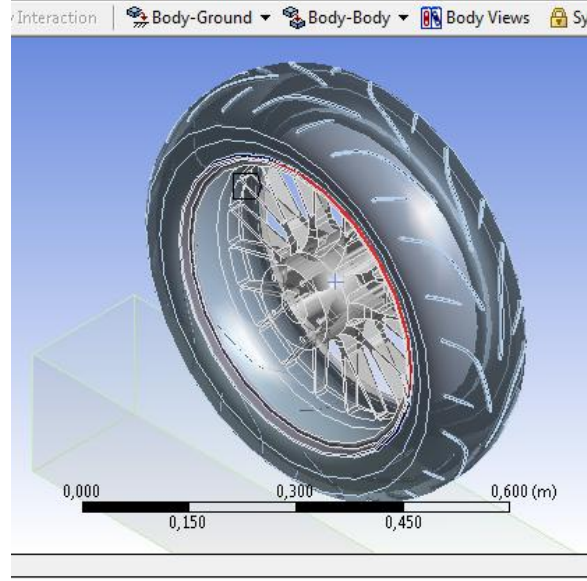


The screenshot shows the ANSYS Engineering Data interface. The top window is titled "Outline of Schematic B2: Engineering Data" and contains a table with columns A, B, C, and D. Row 1 is "Contents of Engineering Data", row 2 is "Material", row 3 is "aa", row 4 is "Aluminum Alloy", and row 5 is "Concrete". The bottom window is titled "Properties of Outline Row 5: Concrete" and contains a table with columns A, B, C, D, and E. Row 1 is "Property", row 2 is "Density" with value 2300 and unit k..., row 3 is "Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion", row 4 is "Isotropic Elasticity", row 5 is "Derive from" with value Young's..., row 6 is "Young's Modulus" with value 3E+10 and unit Pa, row 7 is "Poisson's Ratio" with value 0,18, row 8 is "Bulk Modulus" with value 1,5625E+10 and unit Pa, row 9 is "Shear Modulus" with value 1,2712E+10 and unit Pa, row 10 is "Tensile Yield Strength" with value 0 and unit Pa, row 11 is "Compressive Yield Strength" with value 0 and unit Pa, row 12 is "Tensile Ultimate Strength" with value 5E+06 and unit Pa, and row 13 is "Compressive Ultimate Strength" with value 4,1E+07 and unit Pa.

Property	Value	Unit
Density	2300	k...
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion		
Isotropic Elasticity		
Derive from	Young's...	
Young's Modulus	3E+10	Pa
Poisson's Ratio	0,18	
Bulk Modulus	1,5625E+10	Pa
Shear Modulus	1,2712E+10	Pa
Tensile Yield Strength	0	Pa
Compressive Yield Strength	0	Pa
Tensile Ultimate Strength	5E+06	Pa
Compressive Ultimate Strength	4,1E+07	Pa

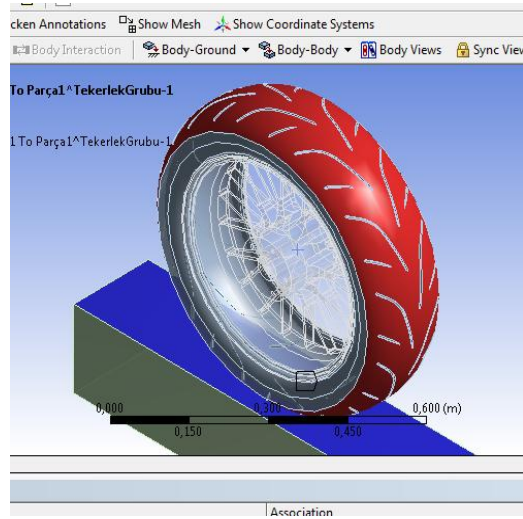
**Şekil 4.16** Zemin Malzemesinin Yapısal Özellikleri

Şekil 4.16.da belirtildiği gibi beton malzemesinin yapısal özellikleri belirtilmiştir.



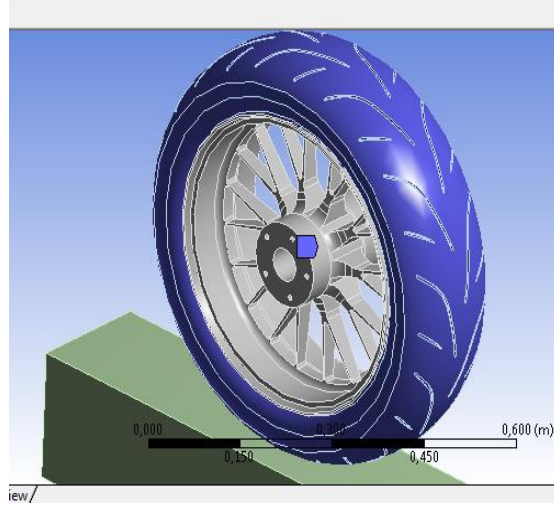
**Şekil 4.17**Modelde Kontak Oluşturulması I

Şekil 4.17.de lastik tekerlek ve alüminyum jant arasındaki temas “Bonded” tipi seçilmiştir. Bu, iki parçanın birbirine yapışık halde bulunması anlamına gelmektedir. Analizde lastiğin şişirilmiş olması ve içindeki hava basıncının etkisiyle jant yüzeyine yapışmış olması bilgileri bulunmadığı için bu tip tercih edilmiştir.



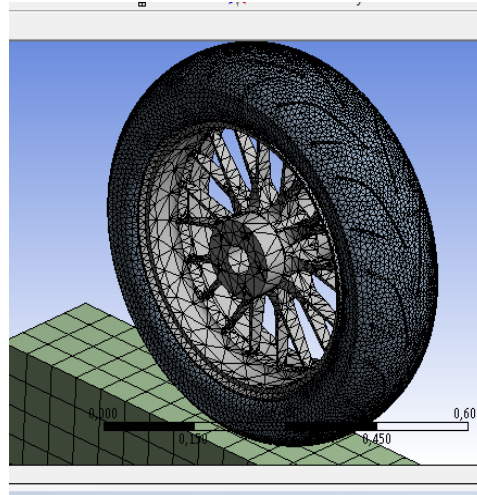
**Şekil 4.18**Modelde Kontak Oluşturulması II

Şekil 4.18.de gibi lastik tekerlek ile beton zemin arasındaki temas ise “No Separation” tipi seçilmiştir. Analiz statik yapısal tipte seçildiği için bu temas tipi tercih edilmiştir. Bu tip, az miktarda kaymaya izin verdiği için lastik deformasyonuna da engel olmayacaktır.



**Şekil 4.19**Modelde kontak oluşturulması III

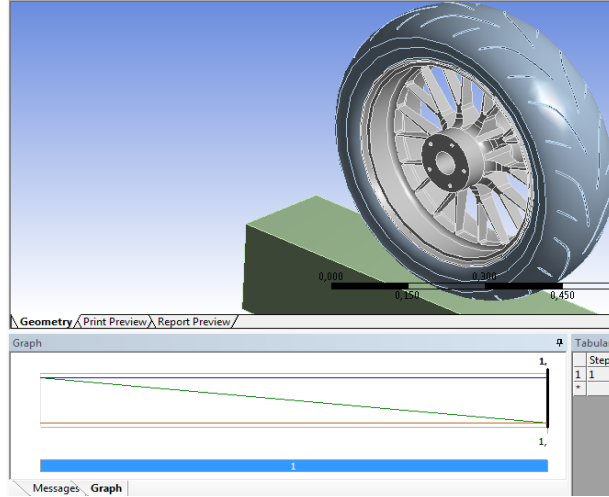
Şekil 4.19.lastik tekerleğin temas yüzeyinin küresele yakın olması ve üzerinde dişler bulunması nedeniyle mesh sırasında çıkabilecek problemleri engellemek ve beton zemin ile temasında oluşacak hataları önlemek için lastik tekerleğe eleman boyutunu 1cm ile sınırlayan mesh kontrolü eklenmiştir.



**Şekil 4.20**Modelde mesh oluşturulması

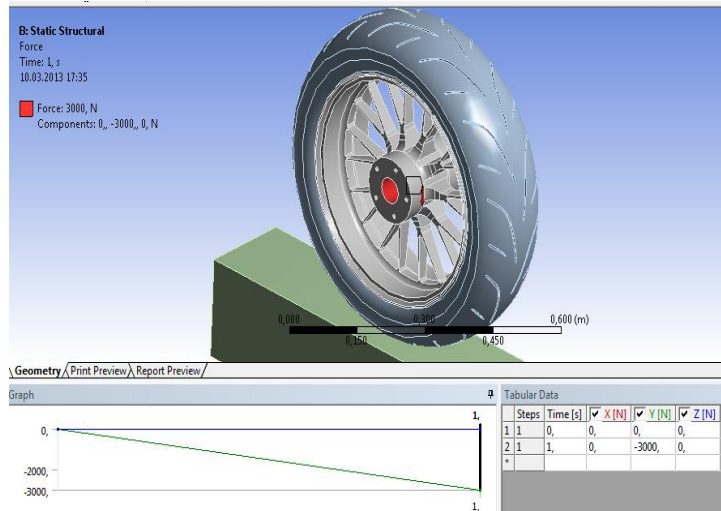
Şekil 4.20 de lastik tekerleğin mesh yapısı daha sıktır. Beton zemin ise profilextrusion şeklinde olduğu için dikdörtgen mesh yapısı ANYS 14.0yazılımprogram tarafından tercih edilmiştir.Minimum kenar uzunluğu olarak 1,27 mm program tarafından optimum

uzunluğu olarak seçildi. Mesh sonucu 197646 dğđm noktası v 110367 adet eleman oluşturulmuştur.



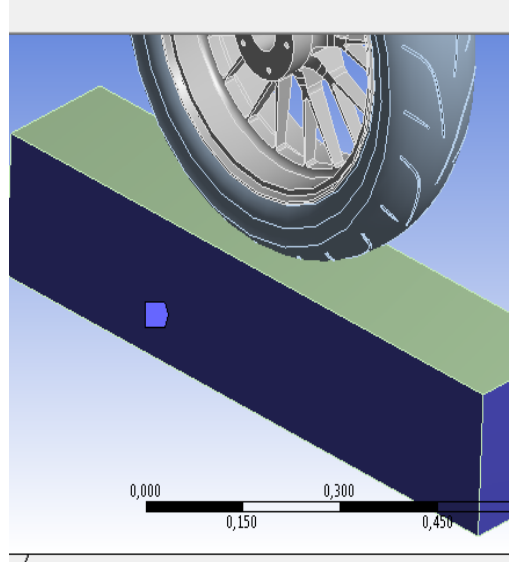
**şekil 4.21** Modelin 1 Saniyede ki hareketi

şekil 4.21. Analiz sırasında 1 saniye sđresince parçaların hareketine izin verilmektedir.



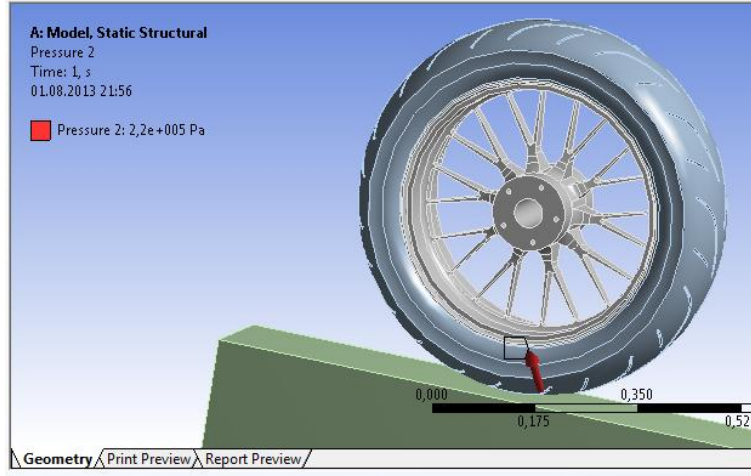
**şekil 4.22** Kuvvetlerin Uygulanmas

şekil 4.22de tekerlek gđbeęine beton zemine doğru 3000N yđk verilmiştir. Lastiğin davranışı inceleneceği için yataklama şartları dikkate alınmamış, gđbekteki tđm yzeylere etkiyen standart tip kuvvet eklenmiştir. Kuvvetin değeri, 1 saniye içinde 0N dan 3000N a çıkmaktadır.



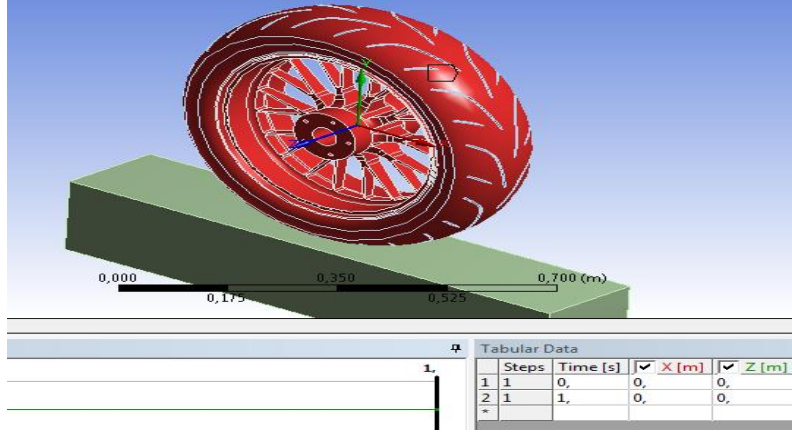
**Şekil 4.23** Betonun Sabitlenmesi

Şekil 4.23.da belirtildiği gibi beton zemin, dikdörtgen prizma şeklinde oluşturulmuş ve tekerlekle teması olan yüzey hariç tüm yüzeyler sabitlenmiştir.



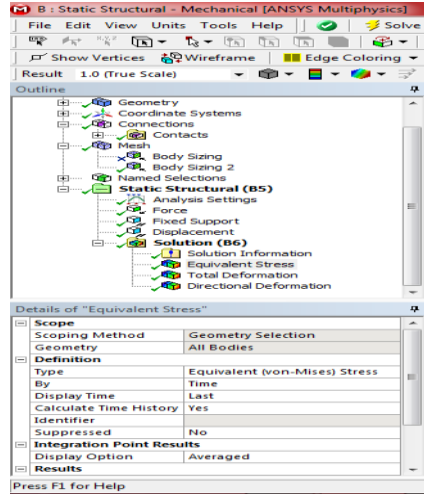
**Şekil 4.24** Tekerleğe Hava Basıncı Uygulaması

Şekil 4.24 de modele 2.2 bar hava basıncı uygulanmıştır



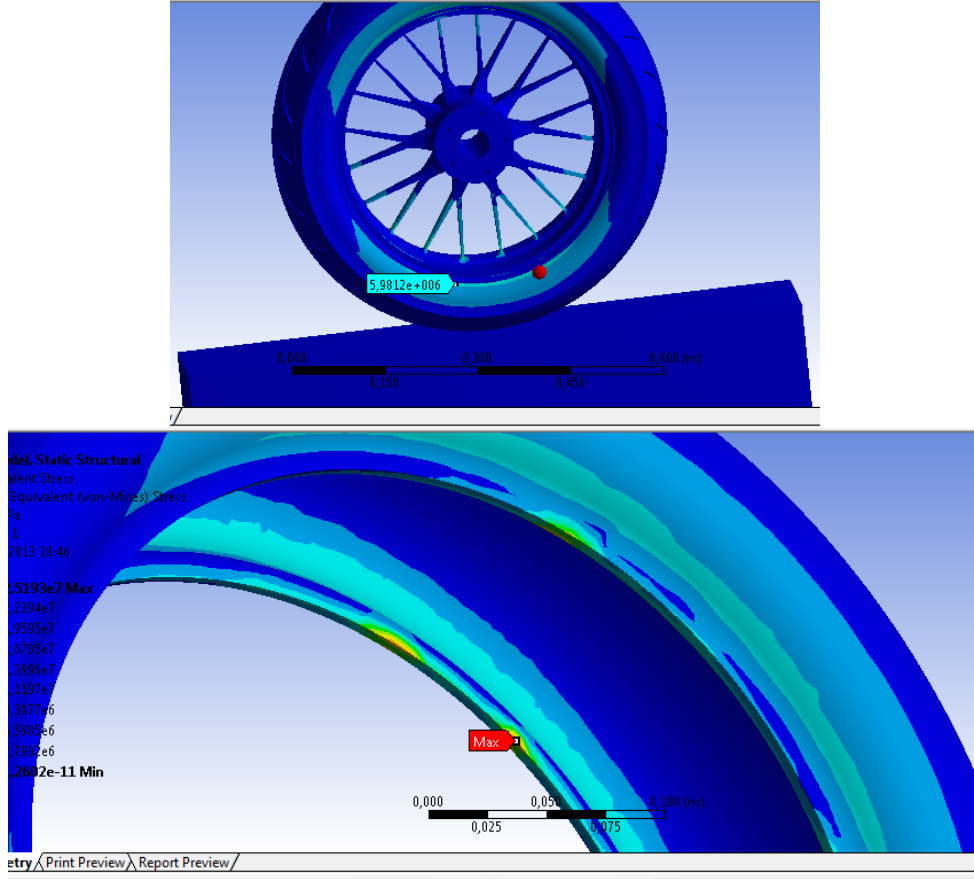
Şekil 4.5 Modelin 1 saniye boyunca Düşey Hareketi

Şekil 4.24 de tekerleğin tüm parçaları 1 saniye boyunca düşey yönde harekete izin vermek amacıyla yatay x ve z yönlerinde sabitlenmiş, düşey y yönünde serbest bırakılmıştır.



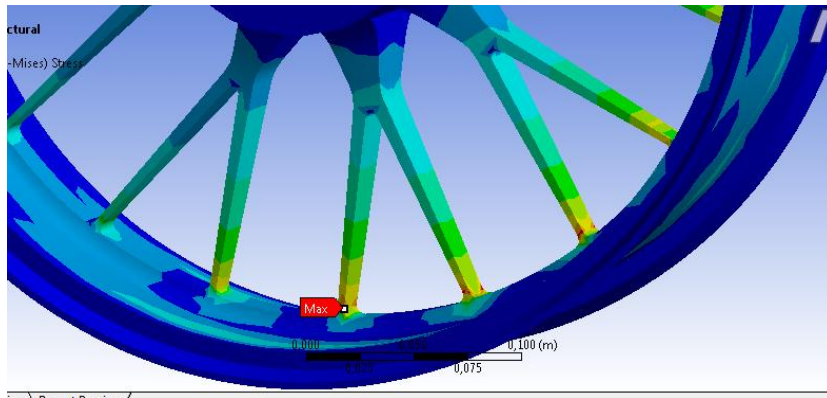
Şekil 4.24 Analiz

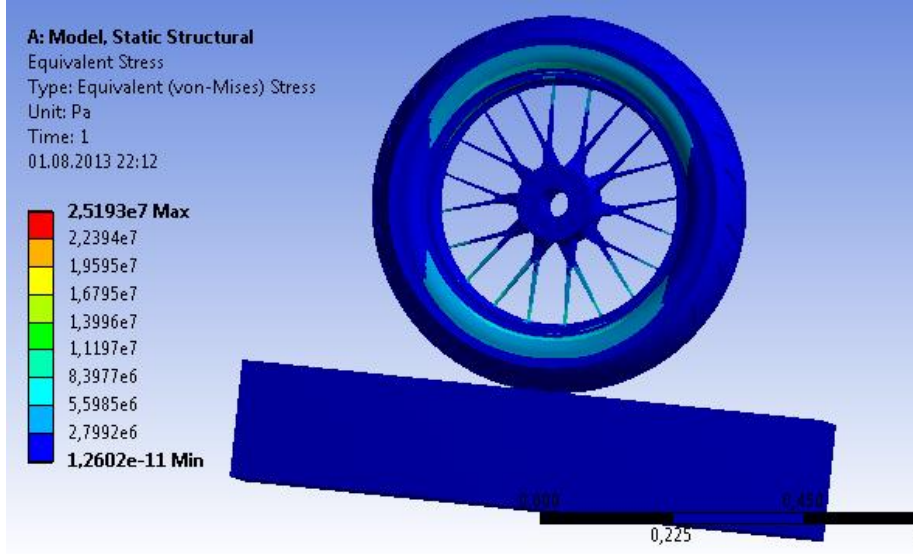
Şekil 4.25de görüldüğü gibi analiz çözüm aşamaları belirtilmiştir.



Şekil 4.25 Lastiğe Uygulanan Gerilme analizi

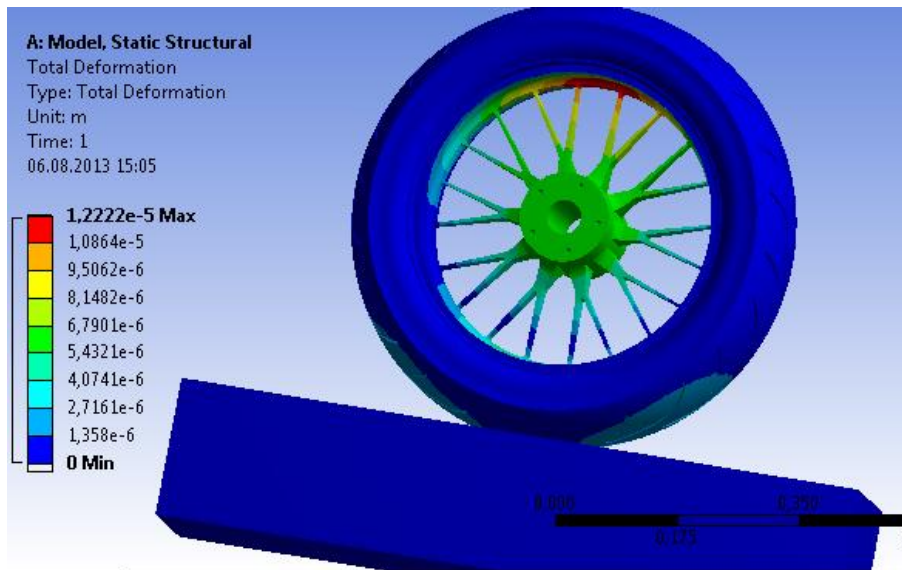
Şekil 4.26daki analiz sonuçlarına göre lastik tekerleğin de yaklaşık 6 MPa maksimum gerilme oluşmuştur.

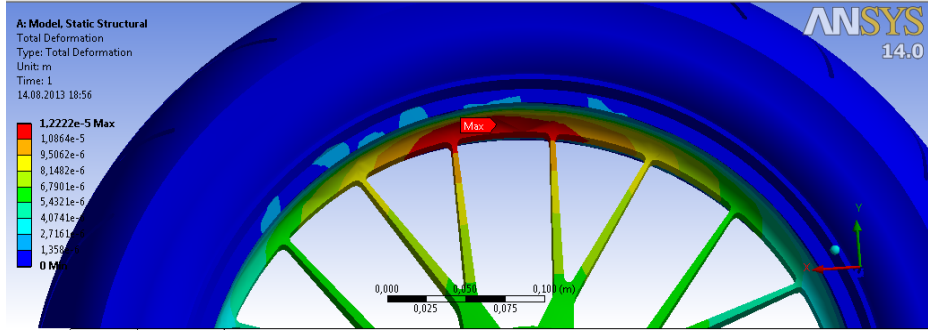




Şekil 4.27 Janta Uygulanan Gerilme analizi

Şekil 4.27 de görüldüğü gibi modelde jantlara yaklaşık maksimum 25 MPa gerilme oluşmuştur.





Şekil 4.26 Deformasyon Analizi

Şekil 4.27de görüldüğü gibi Tekerlek göbeği  $1.2 \cdot 10^{-5}$  m aşağı doğru hareket etmiştir.

## 5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Türkiye lastik sektöründe dünyanın önde gelen üretici ve ihracatçı ülkeleri arasında yer alma yolunda hızla ilerlemektedir. Türkiye'nin yol koşullarının bozuk olması, karayolu yük ve yolcu taşımacılığının toplam taşımacılığın %95'ine ulaşması, buna karşın araçların istiap hadlerinin üzerinde yüklenmesi gibi özel koşulları dolayısı ile lastikte Türkiye'ye özgü, güçlü desen ve yapıda lastiklerin üretimi gündeme gelmiş, bu da Türk lastiklerini dünyada aranır konuma getirmiştir.

Ülkemizde üretimi ve kullanımı artan 2 tekerlekli araçlar motosikletler için özellikle yüksek performans gerektiren radyal lastikler ithal edilmektedir. İthal edilen lastiğin Türkiye'deki yol ve iklim şartlarında çalışmaya uygun olması çok önemlidir

Bu tezde yoğun kullanım olan 120/70 R 16 ebatlı lastik tasarımı gerçekleştirilerek ve Sonlu Eleman analizi yapılmıştır. Boyutların ve geometrinin değişiminin lastik üretimindeki gerilim ve şekil değişimlerine etkisini belirlemeye çalışılmıştır. Daha önce mevcut lastiklerden esinlenerek gerçekleştirilen lastik üretiminde elde edilecek simülasyon modellenmesi ile en uygun parametreler belirlenerek ve daha sonra kalıp tasarımı yapılabilecektir.

Analizimizde aşağıdaki değerler kullanılmıştır.

Malzeme	Elastik Modülü (MPa)	Kayma Modülü (MPa)	Bulk modülü (MPa)	Poisson's Ratio	Yoğunluk, $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
Jant	71000	26692	69608	0,33	2770
Tekerkek	18	6,04	300	0,49	-
Zemin (Beton)	30000	12712	15625	0,18	2300

Analizde dörtyüzlü mesh kullanılmıştır. Minimum kenar uzunluğu 1,27 mm program tarafından optimum kenar uzunluğu olarak seçildi. Mesh sonucu 197521 düğüm noktası ve 110238 adet eleman oluşturuldu. Tekerin desenli dış yüzeyinde tane kenar uzunluğu 1 mm indirildi. Tekerlek desenli olduğundan dolayı çözümü daha hassas hale getirmek için beton zeminle zeminle daha gerçekçi temas sağlandı.

Yük indeksi 66 olan bir motosiklet tekerleği için yapılmış olan sonlu elemanlar analizinde 2024-O malzmeden yapılmış jant üzerinde 25 MPa gerilme değeri görölmüştür. Jant malzemesinin akma gerilme değeri 75 MPa olmasına rağmen, sürüş sırasında karşılaşılan çok yükleri ve tekerleğin yüksek devirde yüklü halde dönmesi nedeniyle yükün tekrarlanır halde bulunması nedeniyle jant geometrisinde kalınlık azaltması ihtiyacı duyulmamıştır. Jant hassas döküm tekniği ile hazırlanacağı için malzeme özelliklerinin homojen olmaması da söz konusu olacaktır.

**Tablo 5.1** Malzeme ölçüsü [27]

	MALZEME	YOUNG MODÜLÜ	KOPMA DAYANIMI	AKMA DAYANIMI	*** GERİLME
<b>JANT</b>	2024-O	73100 MPa	186 MPa	75 MPa	25 MPa
<b>TEKERLEK</b>	EPDM	100 MPa	8 MPa	-	6 MPa

Malzeme Tablo 5.1. deki özellikler dikkate alınarak yapılan analizde alüminyum jantımız 25MPa olarak 3 kat emniyetli olarak sonuca varıldı. Kauçuk lastik tekerleğin malzemesine göre kopma dayanımı dikkate alınmıştır. Analiz sonucunda karşılaşılan değer 6 MPa dır. Malzeme kopma dayanımı 8 MPa olduğundan tekerleğimiz de de 6 MPa sonucuna vardığımızdan tekerleğimiz yaklaşık 1.3 kat emniyetli çıkmıştır. Analiz sonuçları dikkate alınarak daha sonra en uygun kalıp tasarımı yapılabilecektir.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] Erdoğmuş, A.(2007) Radyal Dış Lastiğin Serbest Titreşim Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 77-80.
- [2] Eldoğan, O.(1995) Taşıt Dinamiği Uygulamalarında Kullanılan Lastik Tekerlek Modelleri ve Taşıt Kaza Simülasyonlarında Kullanımları, Mühendislik Bilimler Dergisi, Cilt:1, Sayı:1,Sayfa:59-63,.
- [3] Alkan, V. (2008) Prediction of Dynamic Force Characteristics of Radial Tires Using Finite Element and Experimental Techniques, Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Denizli, Türkiye, 92-105.
- [4] Pay, E.(2009) Taşıt Lastiklerinin Tasarım ve Üretim Teknolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 65-92.
- [5] Sebetci,Ö.(2002) Araç Lastikleri ve Trafik Kazalarında Lastiğin Yeri ve Önemi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 23-32.
- [6] Karakuş, M.(2006) Bir Otomobil Lastiğinin Nümerik Olarak Gerilme ve Titreşim Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon, Türkiye, 56-63.
- [7] Karakuş, M., Çolakoğlu, M., (2007) Araba Lastiğinin Farklı Düşey Yük ve Basınçlar Altında Gerilme Analizi, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi,.
- [8] Tönük, E., Ünlüsoy, Y.S., (2001) Otomobil Lastiklerinin Yan Kuvvet Karakteristiklerinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Belirlenmesi, Mühendis ve Makine, Cilt:42, Sayı:494.
- [9] Polley, M., Alleyne, A.G., (2004) Dimensionless Analysis of Tire Characteristics for Vehicle Dynamics Studies, Proceeding of the 2004 American Control Conference, Boston, Massachusetts June 30 - July 2, 179-192.
- [10] Gözen, C., (2007) Araba Lastiklerinin Üç Boyutlu Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 56-70.
- [11] Karaytuğ, B., (2009) Footprint Analysis of Radial Passenger Tire, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye, 94-105.

- [12] Tat,M.E.,Özenç,F., (2001) Otomobil Lastiklerinde Yuvarlanma Direncine Etkiyen Faktörlerin ve Standart Yuvarlanma Direnci Ölçüm Tekniklerinin İncelenmesi, Mühendis ve Makine, Cilt:48, Sayı:572.
- [13] Tana, K.S.,Wonga, S.V., Radin Umar, R.S., A.M.S., Hamoudaa, N.K. Gupta, (2006) An experimentalstudy of deformationbehaviour of motorcyclefrontwheel-tyreassembleunderfrontalimpactloading, International Journal of ImpactEngineering 32,
- [14] RofiquIslam, M.,Haniu, H., Rafiqul Alam Beg, M., (2008) Liquid fuelsandchemicalsfrompyrolysis of motorcycle tire waste: Product yields, compositionsandrelatedproperties, Fuel 87.
- [15] Hsien-ChungLai , Jing-Sin Liu, D.T. Lee ,Li-ShengWang, (2003) Design parametersstudy on thestabilityandperception of ridingcomfort of theelectricalmotorcyclesunderriderleaning, Mechatronics 13.
- [16] www.arabam.com.tr/ Şubat 2013
- [17] Karapaça,U.,(2007)Gazi Üniversitesi Ders notu,
- [18] [http://www.gelisimsurucu.com/Faydalı Bilgiler/lastik kullanımı /](http://www.gelisimsurucu.com/FaydalıBilgiler/lastikkullanımı/) Şubat 2013
- [19] <http://www.motoaktuel.com/blog/index.php/motosiklet-lastikleri#ixzz27JseCX43/> Nisan 2013
- [20] <http://sedatyildirim.some.com/Petlas/lastikbilgi.html/> Şubat 2013
- [21] Petlas Lastik Fabrikası Eğitim Dokümanları Eylül 2011, Kırşehir, Türkiye
- [22] Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi (TATED), (2011) Cilt: 3, No: 3, 37-50
- [23] Akkurt, S., (1991), Plastik Malzeme Bilgisi, Birsen Yayınevi, İstanbul, Türkiye
- [24] Pay,E. (2011)Taşıt Lastiklerinin Üretim ve Tasarım Teknolojisi [Tire productionanddesingtechnology],Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye
- [25] <http://www.motordelisi.com/forum/surus-teknikleri/54125-lastik-basinci-yol-tutumu-ayarlar.html/> Şubat 2013
- [26] <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=ma2024o/>Şubat 2013
- [27] <http://ykskaucuk.net/Default.aspx?tabid=60&language=tr-TRMAYIS> 2013

## 7. ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** :Ömer ŞENGÜL  
**Doğum Yeri ve Tarihi** :Ordu/Merkez - 1984  
**Yabancı Dili** :İngilizce  
**E-Posta** : [omersengullll@hotmail.com](mailto:omersengullll@hotmail.com)

Derece	Bölüm/Program	Üniversite/Lise	Mezuniyet Yılı
Lise	ELEKTRONİK	Tuzla Anadolu Teknik Lisesi/	1999-2003
Üniversite	Tasarım ve konstrüksiyon Öğretmenliği	Abant İzzet Baysal Üniversitesi	2004-2008
Yüksek Lisans	Makine Eğitimi	Marmara Üniversitesi	2010-

### İş Deneyimi

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2006-2007	Edessa Eklektik Asansör	AR-GE
2008	Aldem Çelik İnşaat	AR-GE
2009-2013	Çamçeşme İlköğretim Okulu	Öğretmen