ELEKTRİKLİ ARAÇLARA GENEL BAKIŞ 1

EDİTÖRLER
Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ
Öğr. Gör. Abdullah Cem AĞAÇAYAK

YAZARLAR
Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ
Dr. Öğr. Üyesi Hakan TERZİOĞLU
Dr. Sait ARAS
Öğr. Gör. Abdullah Cem AĞAÇAYAK
Öğr. Gör. Gökhan YALÇIN
Beyzanur BAŞAR
Enes COŞAR
Ertuğ AKBAYIR
Hasan Hüseyin DEĞER
H. Başak TAŞCI
Murat BOZKIR
Talha GÜLGÜN
Yahya KAYA
Yusuf EROL

İKSAD
Publishing House

ELEKTRİKLİ ARAÇLARA GENEL BAKIŞ 1

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ
Öğr. Gör. Abdullah Cem AĞAÇAYAK

YAZARLAR

Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ
Dr. Öğr. Üyesi Hakan TERZİOĞLU
Dr. Sait ARAS
Öğr. Gör. Abdullah Cem AĞAÇAYAK
Öğr. Gör. Gökhan YALÇIN
Beyzanur BAŞAR
Enes COŞAR
Ertuğ AKBAYIR
Hasan Hüseyin DEĞER
H. Başak TAŞCI
Murat BOZKIR
Talha GÜLGÜN
Yahya KAYA
Yusuf EROL

İKSAD Publishing House

Copyright © 2020 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TURKEY TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2020©

ISBN: 978-625-7687-47-8
Cover Design: İbrahim KAYA
December / 2020
Ankara / Turkey
Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

EDİTÖRDEN

ÖNSÖZ

Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ…… ……...1

BÖLÜM 1

ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA YAPILAN ÇALIŞMALARIN AERODİNAMİĞE ETKİLERİ

Talha GÜLGÜN, Dr. Öğr. Üyesi Hakan TERZİOĞLU,
Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ…….3

BÖLÜM 2

TAŞITLARDA KULLANILAN PORYA VE PORYA ÜZERİNE DÜŞEN KUVVETLERİN ANALİZİ

Enes COŞAR, Dr. Öğr. Üy. Hakan TERZİOĞLU,
Öğr. Gör. Gökhan YALÇIN……31

BÖLÜM 3

SÜSPANSİYON SİSTEMLERİ

Yahya KAYA, Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ,
Öğr. Gör. Abdullah Cem AĞAÇAYAK…….47

BÖLÜM 4

ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA DİREKSİYON SİSTEMİ

Murat BOZKIR, Öğr. Gör. Gökhan YALÇIN,
Öğr. Gör. Abdullah Cem AĞAÇAYAK…….67

BÖLÜM 5

ARACIN VİRAJ ESNASINDAKİ KARAKTERİSTLİĞİNİN İNCELENMESİ

Hasan Hüseyin DEĞER, Dr. Sait ARAS……91

BÖLÜM 6

ELEKTROMOBİL - HİDROMOBİL ARAÇLARDA KULLANILACAK PARÇALARIN EL YATIRMA YÖNTEMİ VE MALZEME SEÇİMİ

Ertuğ AKBAYIR, Yusuf EROL, H. Başak TAŞCI, Beyzanur BAŞAR, Öğr. Gör. Gökhan YALÇIN……..105

ÖNSÖZ

Enerji, vazgeçemediğimiz bağımlılığımız, engel tanımadan ulaşmak istediğimiz eksiğimiz, paylaşmayı en son isteyeceğimiz ihtiyacımız...

Günümüzde özellikle gelişmiş ülkelerin hükumet organları, üniversiteler ve şirketler sürdürülebilir bir dünya için temiz enerji kaynakları kullanarak enerji üretmek üzerine yatırım, araştırma ve üretim gerçekleştirmektedir. Bu yolla elde edilen elektrik enerjisi kullanılarak çalışan elektrikli araçlar, sera gazı emisyonlarını ve taşımacılığının diğer çevresel etkilerini azaltmak için umut verici bir teknolojidir. Gelecekte bu tür teknolojilere sahip ulaşım araçlarının çeşitliliğini (kara, hava, deniz, madencilik ve uzay araçları gibi) ve yaygınlığını (personel taşıma, nakliye alanları vb.) artıracak yatırımlar yapıldığını şimdiden görmek mümkündür. Doğada var olan canlılar ve nesillerimiz için daha yaşanır bir dünya oluşturulması hepimizin katkılarıyla mümkün olacaktır.

İki kitaptan oluşan ve birinci kısmını ihtiva eden bu eserin yazılıyor olmasındaki amaç; okuyucuların elektrikli araçları oluşturan sistem ve bileşenleri hakkında genel bir bakış elde etmesini sağlamak, bu alandaki teknolojik gelişim ve bu teknolojilerin ülkemizde uygulanabilirliğine yönelik farkındalık oluşturmaktır. İlgilenenler için yol gösterici mahiyette olduğunu düşündüğüm her bir bölümün, özellikle akademik alanda ilgi uyandırması ümidiyle saygılarımı sunarım.

Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ

BÖLÜM 1

ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA YAPILAN ÇALIŞMALARIN AERODİNAMİĞE ETKİLERİ

Talha GÜLGÜN[*], Dr. Öğr. Üyesi Hakan TERZİOĞLU[**],

Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ[***]

[*]Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği. talhagulgunn@gmail.com, ORCID NO: 0000-0003-4896-8611
[**]Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği hterzioglu@ktun.edu.tr, ORCID NO: 0000-0001-5928-8457
[***] Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği sneseli@selcuk.edu.tr, ORCID NO: 0000-0003-1553-581X

GİRİŞ

Geçmişten günümüze doğru otomobillerin kullanım alanları ve sıklıkları giderek artmış, hayatımızın önemli bir parçası halini almıştır. Yaygın olarak pek çok ülke hala fosil yakıtlarla çalışan araçları kullanıyor olsa da, bu yakıtların yenilenemez enerji kaynağı olarak tanımlanmasından dolayı tükenecek olması ve çevre kirliliğinin her geçen gün artmasından dolayı otomobillerde yakıt için yeni arayışlara yol açmıştır (Gebel et al., Günay et al., Çelen et al. 2015).

Otomobillerin sahip olduğu dış yüzeylerindeki direnç, yola tutunma sistemleri ve aerodinamik özellikler; sürüş sırasındaki hissedilen konfor, gürültü seviyesi, araç dinamiği ve harcanan yakıt gibi birçok parametreye etkisi bulunmaktadır (Aktas and Abdallah, Demircioğlu 2007, Desai, Channiwala et al. 2008). Yakıt sarfiyatının az olması tüketicilerin araç seçimi konusunda tercihlerine yön vermekte ve firmaların daha az yakıt tüketen araç üretimi yarışına girmesini sağlamıştır (Gencer et al. , Muyl et al. 2004, Demircioğlu 2007, Cheng et al. 2013, Dhande and Bauskar 2013).

Yakıt tüketimini aracın yüzey yapısı da etkili olmaktadır. Aracın dışı özel malzemelerle geliştirilerek sürtünme ve araç ağırlığı azaltılabilmektedir. Yüzey kalitesini geliştirmek için çalışmalar yapılmaktadır (Neşeli, Süleyman et al. 2019). Bir diğer etken ise aracı yola tekerlekleriyle bağlayan amortisör sistemleri ve yaylardır. Bu sistemlerin üzerinde de çalışmalar yapılmaktadır (Yalçın, Gökhan et al. 2018). Aerodinamik yapısı, yüzey konusu araçlar için önemli

olduğu kadar bir o kadar da karmaşıktır. Araç etrafındaki akışın yoğunluğu, araç ve yol arasındaki ilişki, sürüş konforu, araca etki eden aerodinamik kuvvetler ve momentler aerodinamiği karmaşık hale getiren unsurlardan bazılarıdır (İPCİ, YILMAZ et al. 2015, Neşeli, Süleyman et al. 2018). Aerodinamik direnç kuvvetleri sürüş kararlılığı ve yakıt sarfiyatına doğrudan etki ettiği için firmalar bu özellikleri azaltma yönünde çalışmalarını sürdürmektedir (Koike, Nagayoshi et al. 2004, Desai, Channiwala et al. 2008). İlk araçların tasarımı ve günümüz binek araçlarının tasarımlarını karşılaştırdığımızda da firmaların aerodinamik üzerine ne kadar önem verdiklerini görebiliriz (Altınışık 2013). Formula 1 gibi motor sporlarındaki rekabetçi ortamda yapılan aerodinamik iyileştirmeler yarış esnasında avantajlar kazandırmaktadır. Bu avantajı elde eden firmalar veya takımlar rakiplerine bu bilgileri paylaşmaktan olabildiğince kaçınmaktadır ve yapılan araştırmaların çoğu firmalarca gizli tutulmaktadır (Kieffer, Moujaes et al. 2006).

Araç hareket halindeyken taşıt etrafındaki hava sürekli olarak yer değiştirir ve bunun sonucunda aerodinamik sürüklenme kuvvetleri oluşmaktadır (Kavadar 2006, Desai, Channiwala et al. 2008). Aerodinamik sürüklenme veya bir başka değişle aerodinamik direnç, rüzgâr tüneli ve yol testleri yardımıyla belirlenebilmektedir. Testlerin daha kolay ve uygun maliyetli yapılabilmesi açısından tasarlanan araçların belirli oranda küçültülmüş prototipleri kullanılarak rüzgâr tüneli testleri yapılabilir (Neşeli, Süleyman et al. 2018). Belirli oranda küçültülmüş prototiplerin kullanılmasının nedeni ise tam ölçekteki bir

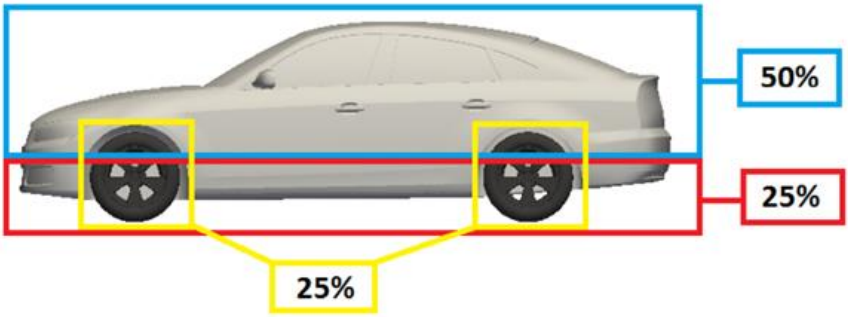
aracın rüzgâr tüneli testi için daha yüksek maliyetinden kaynaklanmaktadır. Rüzgâr tünelinin maliyetinin yanı sıra deneyi gerçekleştirmek için yetkili ve uzman personele ihtiyaç duyulması, deneylerin bilgisayar ortamında yapılanlara kıyasla daha uzun süren saatler alması, bazı durumlarda testlerin tehlikeler barındırması ve birçok kez üst üste deneylerin maliyet ve diğer sebeplerden dolayı yapılamaması gibi özellikler rüzgâr tüneli testlerinin negatif yönleri olarak söylenebilir.

Günümüzde bilgisayarların gelişmesi, hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD/CFD) uygulamalarının bilgisayar ortamında kullanılmasına olanak sağlamaktadır. CFD, karmaşık formülleri ve çözümlemeleri hızlı ve yüksek maliyet olmaksızın çözmesi, aracın imalatından önce aerodinamik özelliklerin test edilip geliştirmelere olanak sağlaması, zamandan ve maliyetten kazanç elde edilmesi gibi avantajlar sağlar (Bayındırlı and Çelik, William, Mohamed et al. 2013, Ramasamy, Mohanesan et al. 2017). Aerodinamik özelliklerin daha çok CFD ortamında test edilmesinin nedenleri şu şekilde sıralanabilir; çeşitli senaryoların sanal ortamda simüle edilmesi, deneylerin sınırsız tekrar ile test edilebilmesi, test esnasında istenilen parametrelerin zamana ve maliyete bağımlı olmaksızın değiştirilebilmesi ve bunları sadece yeterli özelliklere sahip bir bilgisayar ile yapılabilmesi CFD'yi daha çekici hale getirmektedir (Yarin 2019).

Aerodinamiğe etki eden parametrelerden biri olan c_d sürükleme katsayısı, 1920'li yılların başındaki araçlarda 0,8 değerlerindeyken

önce 0,45'li değerlere; daha sonra da günümüzdeki çalışmalarla birlikte 0,25 değerlerine kadar gerilemiştir. Yeni teknolojilerin keşfedilmesi ve araçlarda kullanılmasıyla birlikte aerodinamik açıdan akıllı araçlar üretilmeye başlanmıştır. Bu araçlar belirli bir hızın üzerine çıktıklarında aktif aerodinamik özellikler devreye girerek sürükleme katsayısının azaltılmasını sağlamaktadır. Araçtaki aynaların yerini kameraların alması, arka tekerlerin kısmen veya tamamen kapatılması, jantların genişlemesi, spoilerların belirli oranda uzaması gibi parametreler araçlardaki aerodinamik moda örnek olarak verilebilir. Günümüzde bazı firmalar bu özellikleri araçlarında uygulayarak aerodinamik özellikleri daha da iyileştirilmiş araçları kullanıcılara sunmaktadır.

Binek araçlar üzerinde aerodinamik açıdan yapılan araştırmalarda elde edilen sonuçlar, araçlardaki sürükleme direncinin % 50 si gövdeden (ön arka ve üst kısımlar dâhil), %25'i tekerlerin yuvarlanma direncinden ve %25'i de aracın alt kısmı ve araç içi direnci olarak genellenebilmektedir. Araçların alt kısımlarının panaller yardımıyla kapatılması direnç değerini düşürerek aerodinamik açıdan daha iyi bir araç elde edilmesini ve yakıt sarfiyatında azalmayı sağlayacaktır. Şekil 1'de araç bölümlerinin aerodinamik açıdan etkileri gösterilmektedir (Aktas and Abdallah).



Şekil 1. Yolcu Araçlarındaki Sürükleme Dağılımı (Aktas and Abdallah)

Bu makalede aerodinamik özelliklerin daha ayrıntılı incelemesi ve bilgi aktarımı yapılması için aerodinamiğe etki eden parametreler tek tek açıklanacak, bu parametrelerin hesaplanması ve iyileştirilmesi için yapılması gerekenler anlatılacaktır.

1. AERODİNAMİĞİN SAYISAL HESAPLAMALARI

Cisimler hava içerisinde hareket ettiğinde belirli kuvvetlere maruz kalmaktadır. Cismin hava ile göreceli hareketi sonucu basınç ve kayma gerilmeleri bileşkeleri oluşur. Taşıtın normalinde olan bileşke kuvvet kaldırma kuvveti, teğeti yönünde olan kuvvet sürükleme kuvvetidir. Araç eğer simetrik bir yapıya sahip değilse bunun sonucunda da yanal dirençler meydana gelmektedir. Kuvvetlere etki eden parametreler havanın yoğunluğu, taşıtın geometrisi, hızına bağlıdır (Crabtree 1987).

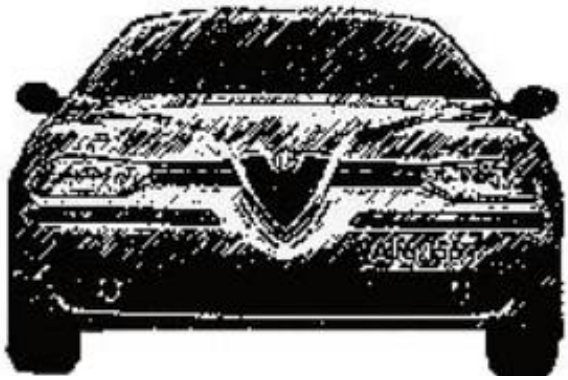
1.1. Sürükleme Kuvveti, F_D (Drag Force)

Araç üzerine etki eden aerodinamik direnç kuvveti denklem 1'deki gibi hesaplanır.

$$F_D = q.A.C_D = \frac{1}{2}.q.V^2.A.C_D \quad (1)$$

Denklemde ρ havanın yoğunluğu (kg/m^3), A aracın projeksiyon – kesit alanı (m^2), F_D aerodinamik direnç kuvveti (N), C_D sürükleme kuvveti katsayısı, V aracın rüzgara göre bağıl hızını (m/s) temsil etmektedir (Cengel 2010).

Formülden de görüldüğü üzere aracın hızı, kesit alanı, sürüklenme katsayısı ve akışkan yoğunluğu aerodinamik kuvvete doğrudan etki etmektedir. (F_D) sürükleme kuvvetini düşürmek için C_D sürükleme katsayısını ve A taşıt kesit alanı düşürülmek zorundadır. Taşıtın kesit alanına karakteristik alanda denmektedir. Kesit alanı içerisine lastiklerin ve aynaların hava akım yönüne karşı olan alanları da dâhil edilir. Kesit alanı, projeksiyon alanı, aracın arkasından ışık tuttuğumuzda duvarda oluşacak alan veya uzak bir mesafeden fotoğraf makinesi ile görüntülenen alan olarak tanımlanmaktadır ve Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Aracın Projeksiyon Alanı (Altınışık 2013)

1.2. Kaldırma Kuvveti, F_L (lift force)

Taşıtın normalinde olan bileşke kuvvet kaldırma kuvvetidir. Kaldırma kuvveti düşük olduğunda aracın yol tutuşu iyileşir, virajlarda aracın savrulmasının önüne geçilir. Eğer ters yönde oluşan bastırma kuvveti (downforce) gerekenden fazla ise tekerlek ve araç arsındaki sürtünmeyi arttırır, bunun sonucunda aracın hızlanma kabiliyeti düşer ve yakıt sarfiyatı artar. Bu gibi sebeplerden dolayı üretici firmalar aerodinamik yapıda düzenlemeler yaparak kaldırma ve bastırma kuvvetlerini belirli bir seviyede tutmayı hedeflemektedirler.

Araç üzerine etki eden kaldırma kuvveti denklem 2'deki gibi hesaplanır. Denklemdeki C_L kardırma kuvveti katsayısıdır (Cengel 2010).

$$F_L = q.A.C_L = \frac{1}{2}.q.V^2.A.C_L \qquad (2)$$

1.3. Yanal Kuvvet (F_Y)

Taşıt etrafındaki havanın hareketi simetrik olmadığı durumda oluşan aerodinamik kuvvettir. Yanal kuvvet kaldırma F_L ve sürükleme F_D'ye diktir. Denklem 3'teki gibi hesaplanır (Cengel 2010).

$$F_Y = q.A.C_Y = \frac{1}{2}.q.V^2.A.C_Y \qquad (3)$$

1.4. Aerodinamik Kuvvetler

Taşıt dinamiğine aerodinamik kuvvetlerin etkisini görmek istediğimizde bu kuvvetleri taşıtın ağırlık merkezine taşımamız gerekmektedir. Bu da dinamik analizler içerisinde aerodinamik momentlerin yer aldığını göstermektedir. Momentlerin hesaplanması

ağırlık merkezi ile aerodinamik kuvvetler arasındaki uzaklıkların çarpılması sonucu elde edilir. Üç bileşene ayrılan aerodinamik kuvvetler, üç aerodinamik momente sebep olur.

1.4.1. Yunuslama momenti, M_P (pitching)

Sürükleme ve kaldırma kuvvetlerinin sebep olduğu aracın ön ve arka kısmında oluşan kaldırma kuvveti, birbirine eşit olmadığında oluşan momente yunuslama (M_P) momenti denir. Basınç merkezinin, ağırlık merkezine rölatif pozisyonu yc ve xc uzaklığı şeklinde tanımlandığında Denklem 4'teki gibi hesaplanır.

$$M_P = F_L.X_C + F_D.Y_C = q.A.(C_L.X_C + C_D.Y_C) = q.A.L.C_{MP} \quad (4)$$

Denklemde L taşıtın karakteristik uzunluğu olarak tanımlanır ve genellikle arka ve ön aks arasındaki mesafedir. C_{MP} ise yunuslama momenti katsayısıdır.

1.4.2. Yuvarlanma momenti, M_R (Rolling)

Aracın sağından ve solundan etkiyen yanal kuvvetler, birbirine eşit olmadığı durumda oluşan momente yuvarlanma momenti (M_R) denir ve denklem 5'teki gibi hesaplanır. C_{MR} yuvarlanma momenti katsayısıdır (Cengel 2010).

$$M_R = F_Y.Y_C = q.A.L.C_{MR} \quad (5)$$

1.4.3. Yana kayış momenti, M_Y (yaw)

Aracın ön ve arka tarafına etki eden yanal rüzgârların birbirine eşit olmadığı durumda oluşan momente yana kayış momenti M_Y denir ve denklem 6'daki gibi hesaplanır. C_{MY} yuvarlanma momenti katsayısıdır (Cengel 2010).

$M_Y = F_Y.X_C = q.A.L.C_{MY}$ (6)

1.5. Reynolds Sayısı, Re

Reynolds sayısı, akış rejiminin karakteristiğini laminar veya türbülanslı olduğunu belirlemede kullanılır. Akış rejimi akışkandaki atalet kuvvetlerinin viskoz kuvvetlerine oranına bağlıdır (Cengel 2010) ve denklem 7'de gösterilmiştir.

$$Re = \frac{(q.V.D)}{\mu} \quad (7)$$

Denklemde Re reynolds sayısı, q akışkan yoğunluğu (kg/m^3), V akışkan hızı (m/s), D boru çapı (m), μ (kg/m.s) akışkanın dinamik viskozitesidir (Cengel 2010).

1.6. Blokaj Oranı, BR

Blokaj oranı, tasarlanan aracın rüzgar tüneli testlerine tabi tutmak amacıyla oluşturulan modelin projeksiyon alanının, rüzgar tüneli test düzeneğinin kesit alanına oranına denir ve denklem 8'deki gibi hesaplanır. Denklemde BR blokaj oranı, M_{PA} aracın ön bakış alanı (m^2), RT_{KA} (m^2) rüzgar tüneli test düzeneği kesit alanıdır. Blokaj oranının %7,5 den düşük olması, kinematik benzerlik şartının sağlanması için yeterlidir (Cengel 2010).

$BR = M_{PA} / RT_{KA}$ (8)

1.7. Debi, Q

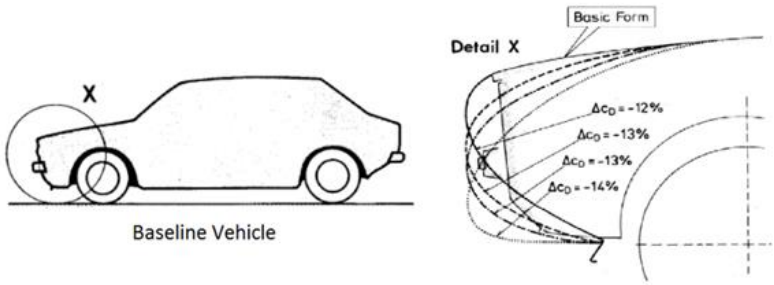
Kesitten birim zamanda geçen akışkanın hacmine hacimsel debi denmektedir ve denklem 9'daki gibi hesaplanır. Denklemde Q hacimsel debi, Vort ortalama hava hızı (m/s) ve Ac kesit alanıdır (m^2) (Cengel 2010).

$$Q = V_{ort}.\ A_c \tag{9}$$

2. SÜRÜKLEME KATSAYISINI AZALTACAK ÇALIŞMALAR

2.1. Aracın Ön Bölgesi

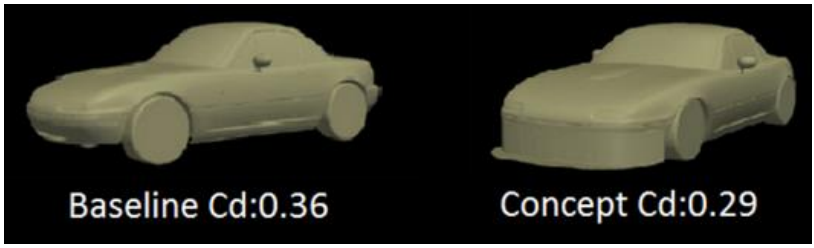
Hava akımı ile temas eden ilk nokta olan aracın ön kısmı, hava akışının nasıl yönlendirileceğini tayin edeceğinden dolayı çok önemlidir (Neşeli, Süleyman et al., 2018). Aracın ön kısmına çarpan akış, büyük bir duraksama oluşturabileceğinden burada yapılacak iyileştirmeler sürükleme kuvvetinde büyük düşüşlere neden olacaktır. Uç kısımdaki tasarım farklılıklarının aerodinamiğe etkileri hucho tarafından (Hucho 1998) incelenmiş ve Şekil 3'te sonuçlar gösterilmiştir.



Şekil 3. Ön Kısımda yapılan Tasarımların Sürükleme katsayısına Etkileri (Hucho 1998)

Referans olarak kullanılan model üzerinde yapılan iyileştirmeler sonucu hucho, sürükleme katsayısında %14'e varan iyileştirmeler gerçekleştirmiştir. Aracın ön kısmında yapılan bu geliştirmeler, aracın aerodinamik bakımdan kazanç elde edilmesini sağlanmıştır. Hucho'nun elde ettiği bu kazanç aracın ön kısmında spoiler kullanması sonucu oluşmuştur. Spoiler, araç ile yer arasındaki ön açıklığı azaltarak aracın altına giden hava akışını azaltmıştır. Azalan hava akışı sonrasında havanın hızı artmış, basınç azalmıştır. Bu sayede basma kuvveti (downforce) artmış ayrıca sürükleme azalmıştır.

Ön spoilerların aerodinamiğe etkileri farklı yapılarda ve uzunluklarda spoilerlar ve splitterler kullanılarak daha iyi sonuçların elde edilebileceğini ortaya koymuştur. Aracın altına giren akışın kontrol edilmesiyle sürükleme kuvvetinde %20'ye varan azalmalar meydana gelebilmektedir. Robinette'in (Kumar and Singh 2015), spoiler ve splitter kullanarak elde ettiği azalma Şekil 4'te gösterilmiştir.



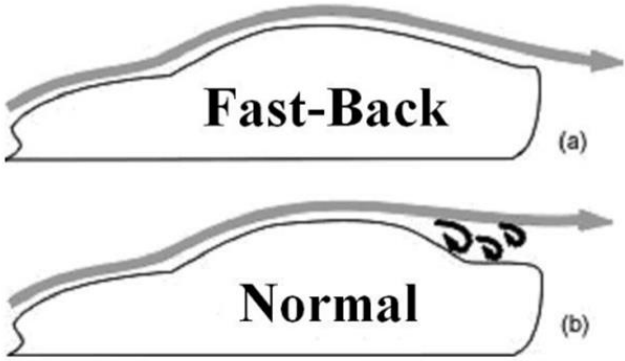
Şekil 4. Spoiler/Splitter Kullanılmış ve kuallanılmamış Durumdaki Sürükleme Katsayısı (Kumar and Singh 2015)

2.2. Üst Gövde

Aracın üst gövdesini ön, arka, yan camlar ve aracın üst tavanı oluşturur. Hava ön cama geldiğinde ivmelenir ve yön değiştirir,

hızlanan hava sonucu bölgesel basınç değişimleri oluşur. Basınç farklarından dolayı aracın bu bölgelerinde türbülans meydana gelir ve gövde direncine eklenerek sürükleme katsayısının artmasına sebep olur. Aracın üst gövdesi ile havanın ilk temas noktası ön camdır. Akışın nasıl bir tutum sergileyeceği ön camın araç ile olan açısı, cam ve gövde arasındaki birleşimlerin pürüzsüz olması gibi parametrelere bağlıdır ve bu parametrelerin iyileştirilmesi aerodinamik açıdan büyük derecede kazanç elde edilmesine olanak sağlar (Aktas and Abdallah).

Üst gövdenin yapıldığı malzeme kalitesi ve rüzgara karşı gösterdiği sürtünme ise aerodinamik açıdan diğer bir büyük direnç kaynağıdır (Neşeli, S. et al. 2018). Üst gövdeye aerodinamik açıdan diğer bir büyük direnç kaynağı ise aracın üst gövdesi ile arka cam arasındaki ilişkiden kaynaklıdır. Çatı eğim açısı değiştirilerek basınçta düşüşler ve geliştirmeler yapılabilir. Binek otomobillerde çatı eğim açısı 3-5 dereceyi geçmeyecek şekilde tasarlandığında oluşan tasarıma fast-back tasarım denir (Altınışık 2013) ve Şekil 5'te gösterilmiştir. SUV tarzı araçlarda ise bu açı arka spoiler kullanılarak 9-12 derecelere kadar çıkarılabilmektedir (Aktas and Abdallah). Taşıtın yan kısımlarının tasarımı da düşünüldüğünde fast-back tasarımı sayesinde taşıtın arka alanı küçülür ve sonuç olarak aerodinamik direnç azalır. Fast-back tasarımı sayesinde havanın ayrışma çizgisi aracın uç kısmında gerçekleşir, türbülansın oluşmamasından dolayı optimizasyon sağlar. İyi yerleştirilmemiş camlar veya diğer parçalar, havanın akış ayrışma çizgisinin aracın daha ön kısımlarında gerçekleşmesine sebebiyet vererek sürükleme katsayısının artmasına neden olur.

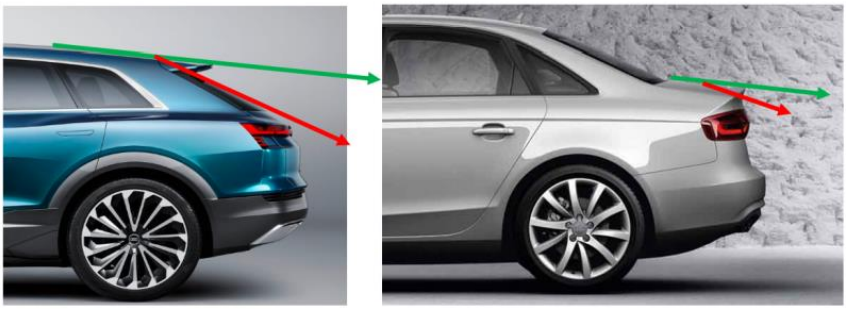


Şekil 5. Fast-Back (a) ve Normal Binek Otomobil (b) (Altınışık 2013)

Son dönemde tanıtımı yapılan teknolojik araçlarda aynaların yerini küçük kameralar almıştır. Aynadan dolayı gerçekleşecek akışın farklı yönlere gidişinin önüne geçilerek daha iyi aerodinamik özelliklere sahip araçlar elde edilmiştir. Ayrıca aynaların kaldırılması, ön bakış alanın da azalması anlamına gelecektir. Kullanılan kamera sistemlerinin aynalara yardımcı görüş açıları eklemek amacıyla kullanılmasına izin verilir ancak tamamen aynaların kaldırılması birkaç ülke haricinde yasaktır. Büyük ayna tasarımı yerine daha küçük ayna tasarımlarının kullanılmasıyla, aynalardan kaynaklı oluşan aerodinamik direncin aracın toplam direncine oranı %6'dan %2'lere kadar düşürülebilmektedir (Aktas and Abdallah).

Araçların arka kısımlarında kullanılan spoilerlar akan havanın kontrolü için kullanılmaktadır. Sedan araçların bagaj kısmında, SUV tipi araçların ise çatı kısmında kullanılan spoilerlar, şekil bakımından farklı görünseler de kullanım amaçları bakımından aynıdır. Spoiler sayesinde ayrılma çizgisi araçtan uzaklaştırılarak arka kısımda oluşacak türbülansın azalmasına neden olur. Azalan türbülans

sayesinde de daha iyi aerodinamik özelliklere sahip araç elde edilir. Şekil 6'da aktas'ın (Aktas and Abdallah) yapmış olduğu çalışmada akan havanın spoiler olmadan izleyeceği yol kırmızı, spoiler eklendikten sonra havanın izleyeceği yol ise yeşil renkteki çizgi ile gösterilmiştir.



Şekil 6. Spoiler ve Spoilersız Havanın Akış Yönü (Aktas and Abdallah)

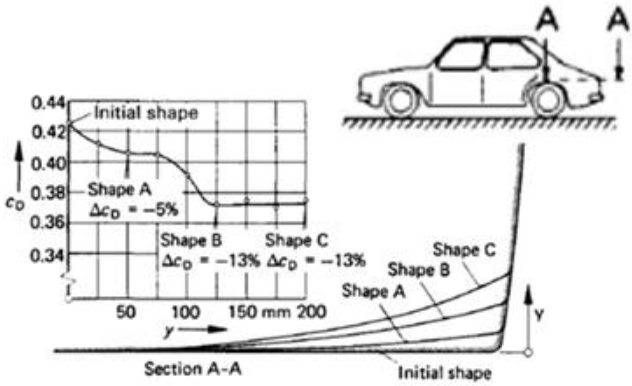
Formula 1 yarışlarındaki araçlarda, aracın ön kısmına bulunan spoilerlar ne kadar alçak konumlandırılırsa o kadar iyi sonuçlar elde edilir. Aracın yüksek hızlarda havalanmasının önüne geçerek yol tutuşunu artırır ancak bu sistemin binek araçlarda kullanılması pek mümkün değildir. Aracın arka kısmında kullanılan spoilerlar ise havanın büyük bir kısmını arka tarafa gitmeden yönlendirilmesini sağlayabilir. Kullanılan kanadın en verimli şekilde çalışması için mümkün olan en yüksek seviyede konumlandırılması gerekmektedir. Kanat ne kadar yükseğe yerleştirilse o kadar da büyük momente sebep olacaktır ve ön tekerlerin havalanmasına sebep olacak kuvveti artıracaktır. Bu gibi nedenlerden ötürü basma kuvveti oluşturan kanatların yüksekliği iyi ayarlanmalıdır aksi halde teker ve yol arasındaki sürtünme kuvveti artacağından yakıt sarfiyatı artacak,

oluşacak yüksek basma kuvvetleri sonucu aracın önünün kalkması bile mümkün hale gelecektir. Şekil 7'de araca konumlandırılan bir kanadın hava akışını nasıl yönlendirdiği gösterilmiştir.

Şekil 7. Kanat Sayesinde Akışın Yönlendirilmesi (Altınışık 2013)

2.3. Arka Kısım

Aracın arka kısmının şekline bağlı olarak akış ayrışmaları olur ve bu da basınç azalmasına sebep olur. Oluşan basınç farkından dolayı türbülans oluşur ve sürükleme kuvveti artar. Hucho (Hucho 1998), yaptığı çalışmada aracın arka ucunda yapılan iyileştirmelerin sürükleme kuvvetinde %11-13 arasında azalmanın meydana geleceğini belirtmiştir. Yapılan çalışmada, aracın arka ucunun sivriltilmesi sonucu oluşan değerler kaydedilmiş ve belirli bir açıdan sonra sürtünme kuvvetinde herhangi bir değişimin olmadığı gözlemlenmiştir. Çalışmanın sonuçları Şekil 8'de gösterilmiştir.



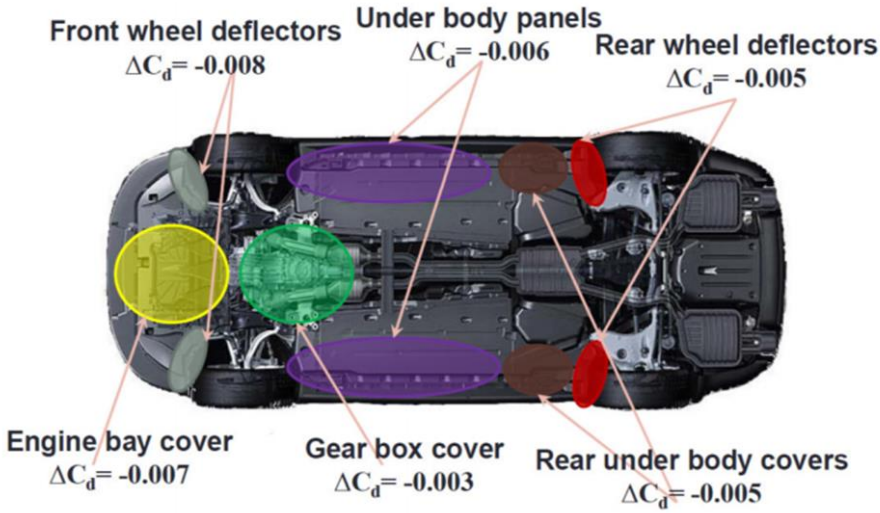
Şekil 8. Hucho'nun Çalışmasının Sürükleme Katsayısına Etkileri (Hucho 1998)

Kumar (Kumar and Singh 2015) yapmış olduğu çalışmada aracın arka ucunda kullanılan şekillerin keskin olması sonucunda sürtünme katsayısının %2,2'lik bir azalmaya sebebiyet verdiğini keşfetmiştir. Bu azalmanın sebebi ise aracın yan yüzeylerinden akan akışın daha düzenli hareket etmesi ve iyi bir ayrışma çizgisinin oluşmasıyla elde edilir. Günümüzde son yıllarda piyasaya sürülen araçlarda bu özelliğin aktif olarak kullanıldığı görülmektedir. Diğer bir çalışma ise sterken (Sterken, Lofdahl et al. 2014) tarafından yapılmış ve tanınan bir markanın aracına, aracın yan ve üst kısmında 250 mm'lik eklentiler kullanarak %5 oranında sürtünme katsayısında azalma elde etmiştir. Sterken tarafından yapılan çalışma Şekil 9'da gösterilmiştir.

Şekil 9. Sterken Tarafından Araca Eklenen Eklentiler(Sterken, Lofdahl et al. 2014)

2.4. Aracın Alt Tabanı

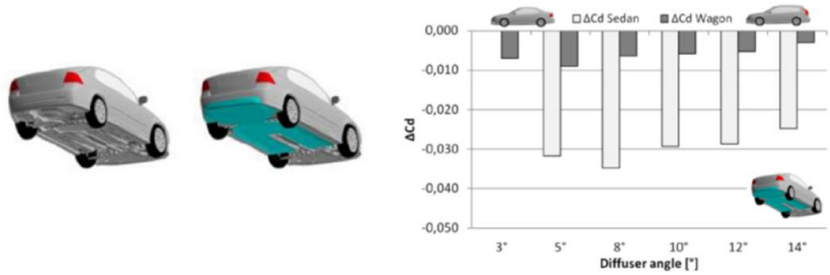
Aracın alt kısmı egzoz boruları, yakıt deposu, susturucular, motor, vites kutusu, şaft ve birçok parçadan oluşur. Aracın altından geçen hava bu parçalara çarparak sürükleme katsayısında artışa, türbülansa ve kaldırma kuvvetinin artmasına neden olur. Araçların sürükleme katsayılarının %25'i aracın alt tabanından kaynaklanmaktadır. Burada yapılacak iyileştirmeler aerodinamik açıdan önemli bir pay tutmaktadır ve bu konu üzerinde birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Aracın altını kapatmak için farklı paneller üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Sebben (Aktas and Abdallah) yaptığı çalışmada binek aracın altında farklı gövde panelleri kullanıldığında sürtünme katsayısına sağlamış olduğu katkıları Şekil 10'daki gibi göstermiştir.



Şekil 10. Aracın Altında Bulunan Panellerin Sürükleme Katsayısına Etkisi (Aktas and Abdallah)

Aracın altında düz bir plaka kullanmak aerodinamik açıdan en yüksek verimin elde edilmesini sağlasa da günümüzde farklı şekillerde de geliştirmeler yapılması için çalışmalar devam etmektedir.

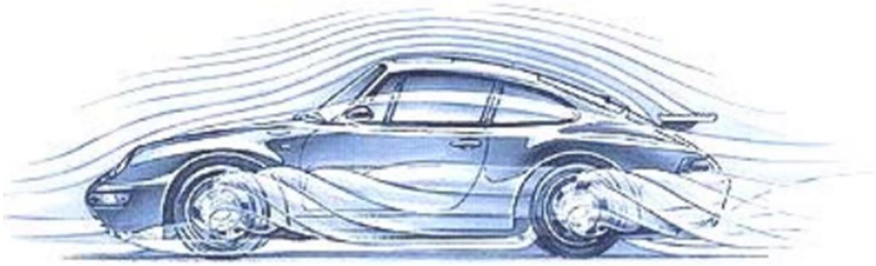
Löfdahl (Marklund, Lofdahl et al. 2013) tarafından sedan ve estateback konfigürasyonlarında difüzör açısı üzerinde çalışma yapılmış olup her iki model içinde 5-8 derecelik açının sürtünme katsayısında önemli derecede azalmaya neden olduğu ancak sedan modelinde diğer modele istinaden daha çok azalma olduğu görülmüştür ve sonuçlar Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11. Sedan ve Estateback Modelleri İçin Difüzör Çalışması (Marklund, Lofdahl et al. 2013)

2.5. Tekerler

Araçlarda pek çok farklı boyutlarda tekerler ve jantlar kullanılmaktadır. Tekerler ve jantların aracın aerodinamik direncine etkisinin %25'e kadar yükselebildiği bilinmektedir. Tekerlerin dönmesi nedeniyle ve aracın altından geçen havanın birleşmesi ile türbülanslar oluşur ve aracın arkasına doğru ilerler, aracın uç kısmında ise aracın arkasındaki hava akımıyla birleşerek daha da büyük türbülanslar ve aerodinamik açıdan daha yüksek sürükleme katsayısı oluşmasına neden olur. Yağışlı bir günde veya çamurlu bir yolda sürüş sonrasında tekerlerden kaynaklı oluşan bölgesel türbülanslar aracın çamurluklarından gözükebilmektedir. Şekil 12'de tekerlerin dönmesinden kaynaklı oluşan akış ayrılmaları ve türbülanslar gösterilmiştir.



Şekil 12. Lastiklerden Dolayı Meydana Gelen Akış Ayrılmaları ve Türbülanslar (Altınışık 2013)

Oluşan hava akımı araç gövdesinin yan kısmını takip ederek arkada diğer hava akımlarıyla birleşir. Bu durumun önüne geçilmesi için ön ve arka tekerler arasına etekler yerleştirilebilir, teker boşlukları olabildiğince küçük tutulabilir veya arka tekerler komple kapatılabilir. Ön tekerlerinde kapatılması aerodinamik açıdan faydalı olacaktır fakat aracın dönme hareketini sağlayan ön tekerler için bu durum pek mümkün görünmemektedir.

Tekerlerin tamamen gövde içine alınamadığı durumlarda ise jantların kapatılması devreye girer. Vdovin'in (Aktas and Abdallah) yapmış olduğu çalışmada tamamen kapalı bir jant kullanılması sonucu aerodinamik açıdan en iyi sonuçları verdiğini belirtmiştir. Tamamen kapalı şekle sahip jant kullanılmasının sonucu olarak hava akışı engellenir ancak bundan dolayı fren sisteminin soğutulması da engellenmiş olur. Son zamanlarda piyasaya sürülen araçların bazılarında aktif jant sistemi kullanılmaktadır. Bu sistem, araç düz bir yolda veya frenlemeye ihtiyaç duyulmadığı durumlarda devreye girer ve jant tamamen kapanmış hale dönüşür. Yokuş aşağı gibi frenlerin sürekli kullanılacağı durumlarda ise jantlar belirli oranda açılarak hava

akışının frenlerin arasından geçmesine izin verilerek soğutma sıvısı gibi çalışmasına imkan sağlar. Aktif olarak böyle bir sistemin bulunmadığı araçlar da ise genellikle fanblade şeklinde tasarlanmış jantlar kullanılmaktadır.

SONUÇ

Otomobillerde aerodinamik özellikler birçok parametreye bağlıdır ve pek çok parametreyi de etkilemektedir. Günümüzde üretici firmalar hava kirliliğini önlemek ve yakıt sarfiyatını azaltmak amacıyla elektrikle çalışan araçlar üzerinde çalışmalara başlamış ve hala birçok çalışmada devam etmektedir. Fosil yakıtla veya elektrikle çalışan araç üreticileri, daha az enerji tüketen araçlar için aerodinamik açıdan iyi bir performansa sahip tasarım gerçekleştirmek zorundadır. Aracın aerodinamik performansı sayısal hesaplamalarla gerçekleşebilmekte olsa da, bu hesaplamalarda kullanılan katsayılar rüzgâr tüneli testleri veya bilgisayar ortamında CFD yardımıyla hesaplanmaktadır. Bu katsayılar sürükleme kuvveti ve kaldırma kuvveti olarak başlıca sıralanabilir. Aracın çevresinde oluşan akışın pürüzsüz bir şekilde aracın çevresinden akmasını sağlamak ve ayrılma çizgisinin olabildiğince aracın uç kısımlarında gerçekleşmesini sağlayan tasarımlar aerodinamik açıdan iyi performansa sahip araçlar olarak değerlendirilebilmektedir. Sürükleme katsayısını düşürmek için geçmişten günümüze pek çok çalışma yapılmış ve yapılan çalışmalar geliştirilerek devam etmektedir. Aracın ön kısmından başlayarak arka uca kadar yapılabilecek iyileştirmeler bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak;aracın hava ile ilk temas noktası olan ön kısımda spoilerlar

kullanılarak aracın altına giren akışın azaltılması veya kontrol edilmesi, araç ve cam arasındaki açının artırılarak camın daha yatay şekilde konumlandırılması, dikiz aynaların boyutlarının küçültülmesi veya kameralar ile desteklenmesi, kapı tutacaklarının akışın yönünü bozmayacak şekilde tasarlanması, tekerlerde kullanılan jantların kapatılması mümkünse tekerlerin araç gövdesi içerisine alınarak iç direnç oluşturacak akışın içeri girmesinin engellenmesi, araç altındaki kısımların plakalar yardımıyla kapatılarak akışın araç içerisine girişinin engellenmesi ve aracın arka uç kısmında kullanılacak spoilerlar sayesinde akışa yön verilmesi gibi birden fazla örnek olarak verilebilecek parametreler bulunmaktadır. Yapılacak bu tarz iyileştirmelerle araçlar aerodinamik açıdan daha kaliteli hale getirilebilmektedir.

REFERANSLAR

Aktas, U. and K. Abdallah "Aerodynamics Concept Study of Electric Vehicles.", Master's Thesis in Automotive Engineering, Department of Applied Mechanics Chalmers Unıversıty Of Technology Gothenburg, Sweden 2017

Altınışık, A. (2013). "Binek araç üzerindeki aerodinamik analizlerin deneysel ve sayısal olarak incelenmesi."

Bayındırlı, C. and M. Çelik, (2019),"Bir Taşıta Etki Eden Aerodinamik Direnç Kuvvetinin Bagaj Üstü Spoiler İle İyileştirilmesi." Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi 19(2): 470-479.

Cengel, Y. A. (2010). Fluid mechanics, Tata McGraw-Hill Education.

Cheng, S., et al. (2013). "Aerodynamic stability of road vehicles in dynamic pitching motion." Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 122: 146-156.

Crabtree, L. (1987). "Aerodynamics of Road Vehicles: From Fluid Mechanics to Vehicle Engineering. Edited by WH. Hucho. Butterworth & Company,(Publishers) Limited, London. 1987. 566 pp. Illustrated.£ 45.00." The Aeronautical Journal 91(906): 285-285.

Çelen, İ. H., et al. (2015). "Elektrikli Araba Tasarımı."

Demircioğlu, T. K. (2007). Bir araç modelinin aerodinamik analizi ve sonlu elemanlar yöntemi ile simülasyonu, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Desai, M., et al. (2008). "Experimental and computational aerodynamic investigations of a car." WSEAS Transactions on Fluid Mechanics 4(3): 359-366.

Dhande, D. and M. Bauskar (2013). "Analysis of Aerodynamic Aspects of SUV by Analytical and Experimental Method." International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering 3(7): 447-451.

Gebel, m. E., et al. "bir elektrikli aracin aerodinamik özelliklerinin deneysel ve sayisal olarak incelenmesi."

Fahrettin Gencer, Yalın Yamaç, Muhammet İbrahim Aşçı, Rahmi Gündeşli, (2020) "elektrikli bir aracin aerodinamik performansinin deneysel ve sayisal olarak incelenmesi", Kahramanmaras Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences, Volume 23, Issue 1

Günay, c., et al. "elektrikli arabalarin aerodinamik karakteristiklerinin parçacik görüntülemeli hiz ölçüm yöntemi (pghö) ve sayisal olarak incelenmesi."

Hucho, W. (1998). "Aerodynamics of Road Vehicles. 4-th Edition." Warrendale, Pa.: SAE Publication.

Ipci, d., et al. (2015). "bir kara taşit modeli etrafindaki akiş yapisinin sayisal olarak incelenmesi." makine teknolojileri elektronik dergisi **12**(2): 51-64.

Kavadar, G. (2006). Design and prototyping of a mechatronic system as a drag reduction device for busses, İzmir Institute of Technology.

Kieffer, W., et al. (2006). "CFD study of section characteristics of Formula Mazda race car wings." Mathematical and Computer Modelling **43**(11-12): 1275-1287.

Koike, M., et al. (2004). "Research on aerodynamic drag reduction by vortex generators." Mitsubishi motors technical review **16**: 11-16.

Kumar, A. and A. Singh (2015). Study on effect of ground clearance on performance of aerodynamic drag reduction devices for passenger vehicle using CFD simulations, SAE Technical Paper.

Marklund, J., et al. (2013). "Performance of an automotive under-body diffuser applied to a sedan and a wagon vehicle." SAE International Journal of Passenger Cars-Mechanical Systems **6**(2013-01-0952): 293-307.

Muyl, F., et al. (2004). "Hybrid method for aerodynamic shape optimization in automotive industry." Computers & Fluids **33**(5-6): 849-858.

Neşeli S.,Yalçın G.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C.(2019). Android Kontrollü Hovercraft Tasarımı. V Scıence Technology and Innovatıon Congress, 381-390. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5601133)

Neşeli S.,Yalçın G.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2019). Nano Yüzey Kalitesi Oluşturmak İçin Lepleme Makinesi Tasarımı. V Scıence Technology and

Innovatıon Congress, 374-380. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5601104)

Neşeli S., Terzioğlu H.,Yalçın G., Ağaçayak A.C. (2018). Düşük Hızlı Hava Araçları İçin Ön Kanatçık Tasarımı ve Akış Analizi. International Science and Academic Congress'xx18, 3 (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4542844)

Neşeli S., Terzioğlu H.,Yalçın G., Ağaçayak A.C. (2018). İnsansız Hava Taşıtları için Rüzgâr Tüneli Tasarımı ve Hava AkışAnalizi. International Science and Academic Congress'18, 3, 689-698. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4542796)

Ramasamy, D., et al. (2017). "Hybrid electric vehicle car body drag analysis using computational fluid dynamics." International Journal of Automotive and Mechanical Engineering **14**: 4496-4507.

Sterken, L., et al. (2014). Effect of rear-end extensions on the aerodynamic forces of an SUV, SAE Technical Paper.

William, Y. E., et al. (2013). Investigation of Crosswind Aerodynamics for Road Vehicles Using CFD Technique. Eleventh International Conference of Fluid Dynamics.

Yalçın G.,Neşeli S.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2018). Fatigue Tester Design and Frame Analysis for Estimation of Fatigue Life of Helical Compression Springs. International Conference on Engineering Technologies (ICENTE'1 8), 563-566. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4509752)

Yarin, T. G. (2019). Farklı taşıt modellerinin aerodinamik yapısının nümerik olarak incelenmesi, Bursa Uludağ Üniversitesi.

BÖLÜM 2

TAŞITLARDA KULLANILAN PORYA VE PORYA ÜZERİNE DÜŞEN KUVVETLERİN ANALİZİ

Enes COŞAR[*], Dr. Öğr. Üy. Hakan TERZİOĞLU[**],

Öğr. Gör. Gökhan YALÇIN[***]

[*]Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği, enescosar13044@gmail.com, ORCID NO: 0000-0002-6718-7928
[**]Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, hterzioglu@ktun.edu.tr, ORCID NO: 0000-0001-5928-8457
[***]Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Makine Ve Metal Teknolojileri Bölümü, gyalcin@ktun.edu.tr, ORCID NO: 0000-0003-4491-0228

GİRİŞ

Dünyada artan nüfus ve ulaşım gereksinimi nedeniyle fosil yakıtlarda azalma görülmektedir. Bu azalmanın önüne geçebilmek için farklı arayışlar içine girilmiştir. Harcanan enerjinin büyük çoğunluğu insanların ulaşım ihtiyaçlarını karşılayabilmek amacıyla kullanılmaktadır. Farklı arayışlar neticesinde elektrikli ulaşım araçları artık günümüzde daha yaygın hale gelmeye başlamıştır. Elektrikli araçlar verimi son derece yüksek olması ve doğa dostu bir enerjiye sahip olmasından dolayı tercih edilmektedir (Tümbek, 2019).

Dünya bazında otomotiv endüstrisi ve bundan kaynaklı yan sanayi, üretimdeki görevi yüksektir. Türkiye'de otomotiv sektöründe ve yan sanayisi konusunda öncü ülkeler arasında yer almaktadır. Jant ve porya konusu da otomotiv yan sanayisinde çok önemli bir yere sahiptir. Dünyada her geçen gün araçların sayıları arttığı düşünülürse, araç firmalarının farklı arayışlar içine girdiği görülmektedir. Bunun yolu hem üretim makinalarında hem de ürünlerde yenilikçi çözüm arayışlarını bulmaktan geçer (Akdoğan, Esener, Ercan, & Fırat. Yalçın, G., et. al. 2018-2019).

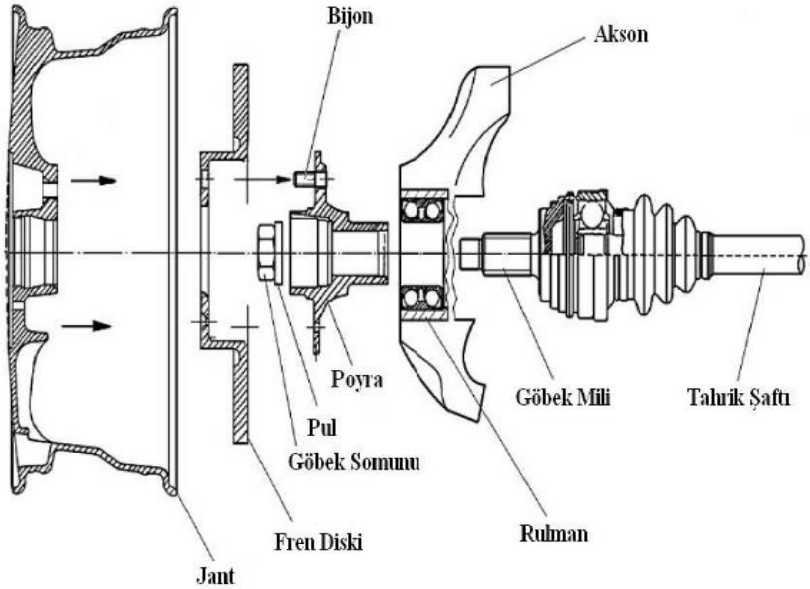
Bu çalışmada, araç poryalarının üzerine düşen yüklerin hesabı, araç porya üretim metotları, porya birim üretim maliyeti, süspansiyon sistemi parçaları ve bu parçaların içinde bulunduğu porya parçasının kinematik analizi ele alınmıştır. Porya araçlar için büyük öneme sahip olmakla birlikte tekerlerin görevini yerine getirebilmesi ve içerisindeki rulmanlar sayesinde sürtünmeyi azaltması için araçların

vazgeçilmez parçalarından biridir. Bunun yanı sıra porya elemanı araç gruplarında tekerlerin aks ile bağlantı içinde olmasını sağlayan ve aks parçasından gelen hareketi tekerlere iletmekle sorumlu elemandır. Süspansiyon sistemi parçaları arasında, bir bağlantı biçimi oluşmaktadır. Ayrıca süspansiyon omurgasını oluşturan helezon yayların ömürleri ve yorulmaları da önem kazanmaktadır (Yalçın, G. et. al. 2018). Bu nedenle kinematik analiz yapmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Kinematik analiz hareketlerin nasıl oluştuğu ile ilgilenmemekle beraber, hareketlerin konumu ve zamana bağlı parametrelerin incelenmesi için yapılan bir analiz çeşididir. Tasarımcılar tarafından oluşturulan süspansiyon sistemi modeli (Kinematik analiz) çoğu zaman sıfır serbestlik derecesinde olması istenmektedir (Başoğlu, 2006; Özdalyan, 2001).

1. PORYA NEDİR

Porya, aks parçasının gövdesi ile jant parçasını merkezlemekle sorumlu otomotivlerde kullanılan bir parçadır. Akstan gelen mil ve rulmanlar, birlikte poryaya yataklık etmekle sorumludur. Eskiden Anadolu ve Balkan ağızlarında porya, ortasına aks başının yerleştirildiği tekerlek göbeği (porya), tekerleğin ortasında bulunan ve delikli olan bir araç parçası olarak bilinmektedir. Şekil 1 de ön aksa ait porya ve fren sistemine ait parçalar görülmektedir. Şekil 2 de ise bir araca ait ön modülünün parçaları gösterilmiştir (Aktaş & Özata, 2017; BALTACIOĞLU, 2004).

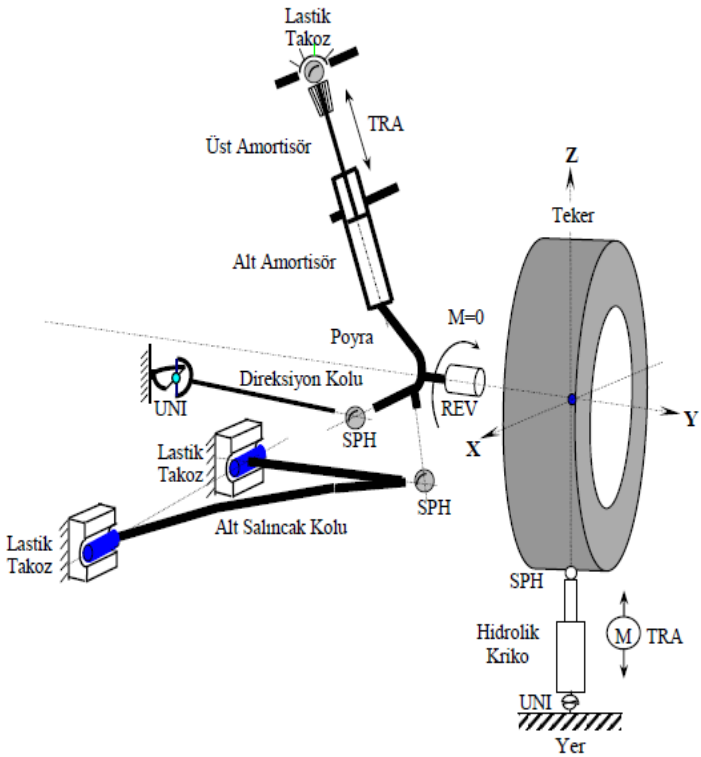
Şekil 1: Ön Aks Poryası ve Fren Sistemi Elemanları (Köksal et al.)



Şekil 2: Ön Modülün Parçaları (Gülbudak, 2009)

2. ARACIN ÖN SÜSPANSİYON SİSTEMİNİN KİNEMATİK ANALİZİ

Şekil 3'te ön süspansiyon sisteminin parçaları ve nasıl bir bağlantıya sahip oldukları görülmektedir. Genel olarak kinematik bir analiz yapılırken ön süspansiyon sisteminin serbestlik derecesinin sıfır olması beklenmektedir. Ancak bu durum her zaman mümkün olmayabilir. Bu durumun sağlanabilmesi için süspansiyonda ki parçaların bağlantısını sağlayan elemanların elastik olmaması gerekmektedir (Özdalyan, 2001).



Şekil 3: Ön Süspansiyon Sisteminin Modeli (Özdalyan, 2001)

2.1. MODELLEMENİN YAKLAŞIMI

Şekil 3'te görülmekte olan süspansiyon sisteminin teker elemanın dönüş yönü sabitlenmiş olup, 'z' yönünde hareketi sağlanmaktadır. Teker ve porya parçasının bağlantı biçimi menteşe elemanı ile sağlanmaktadır. Porya parçası araçlarda ki süspansiyon sisteminin en önemli elemanı olup tekerin dönmesini sağlayan bir süspansiyon elemanıdır. Araçlar hareket esnasında yoldan araç tekerine gelen kuvvetlere maruz kalmaktadır. Bu kuvvetler aracın porya parçasından direksiyonun koluna, alt salıncağın koluna ve daha sonrasında ise yay-amortisör ikilisine iletilmektedir. Yoldan gelen bu kuvvetlerin birçoğu şekil 3'te görülen lastik takozları ile absorbe edilmektedir (Özdalyan, 2001).

2.2. SERBESTLİK DERECESİ HESABI

Birbiri ile eş zamanlı çalışan sistemlerin bir serbestlik derecesi olduğu kabulü yapılabilir. Tablo 1'de yedi parçadan oluşan birbiri ile bağlantı içerisinde bulunmakta olan elemanın serbestlik dereceleri görülmektedir (Özdalyan, 2001).

Tablo 1: Parçaların Serbestlik Derecesi Hesabı (Özdalyan, 2001)

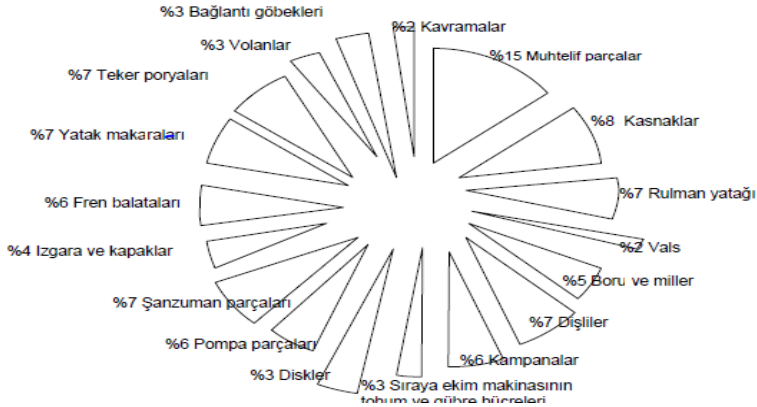
Parça Numaraları ve İsimleri	Bağlantı elemanlarının isimleri	Bağlantı Sayısı	Toplam sınırlandırma	Serbestlik Derecesi
Teker, Poyra ve Alt Amortisör, Üst Amortisör, Alt Salıncak kolu, Direksiyon Kolu, Hidrolik Kriko alt ve Hidrolik Kriko üst kolu	Menteşe (REVolute)	2	* - 5	- 10
	Küresel (SPHerical)	4	* - 3	- 12
	Doğrusal Kaymalı (TRAnslational)	2	* - 5	- 10
	Hareket girdisi (MOTion)	2	* - 1	- 2
	Üniversal mafsal (UNIversal)	2	* - 4	- 8
Parça Sayısı = 7	-	-	* + 6	+ 42
Σ Serbeslik Derecesi	Serbestlik derecesi balansı			0

3. PORYA ÜRETİM METODU

Mikro alaşımlı yapılı çelikler otomotiv firmalarında çok kullanışlı olmaları nedeniyle oldukça fazla tercih edilmektedir. Mikro alaşımlı çeliklerin avantajları ısıl işleme gerek duyulmaması, çarpılmanın olabildiğince azalması ve mekanik olarak iyi özelliklere sahip olduğundan dolayı tercih edilmektedir. Mikro alaşımlı çeliklerin otomotiv sektöründe kullanım alanları örnek olarak porya, krank mili, çeşitli süspansiyon parçaları verilebilir (Özcan, 2005).

Porya elemanının iki farklı metot ile üretilebilmesi mümkündür. Bunlardan bir tanesi ön dövmeli metot diğeri ise ön dövmeye maruz kalmadan üretilen metottur. Porya parçası ön dövmesiz bir biçimde üretildiğinde istenmeyen bir hata ortaya çıkmaktadır. Üretim neticesinde bu hata porya parçasının şaft kısımlarında doldurmama hatası oluşmaktadır. Şekil 4'te hata belirgin bir şekilde görülmektedir. Ön dövmeli üretim ile gerçekleştiğinde porya parçasının şaft kısmında herhangi bir hata tespit edilmemiştir. Bu durum gerçekte olan üretim metodu ile örtüşmektedir (Başoğlu, 2006). Şekil 5'te tarım makinelerinde dövme yöntemi ile en çok üretimi yapılmakta olan parçalar gözükmektedir.

Şekil 4: Dövmesiz Üretimde Doldurmama Hatası (Başoğlu, 2006)



Şekil 5: Döküm ile en fazla üretimi yapılan parçalar (KAVAKLI & HACISEFEROĞULLARI, 2009)

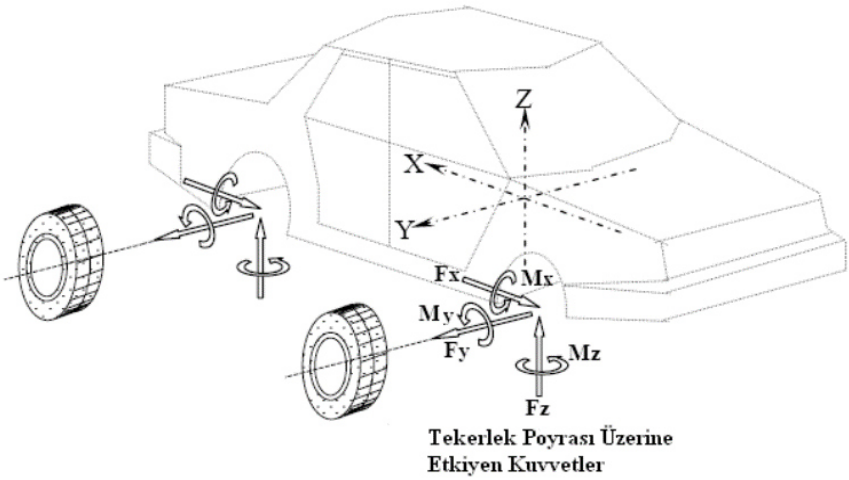
4. PORYA MALİYETİ BELİRLENMESİ

Yapılan araştırmalar neticesinde alınan veriler Konya da bulunan otomotiv parçalarının üretimini sağlayan bir özel işletmede gerçekleştirilmiştir. Bu işletmede T4 ve T5 olmak üzere iki farklı porya üretimi gerçekleştirilmektedir. Ancak en fazla T4 porya üretimi yapılmaktadır. Poryaların üretim maliyeti işçilik, malzeme ve üretim girdilerine göre değişmektedir. Bir ay boyunca yapılan birim başına düşen porya üretim maliyeti T4 porya için 80,38 ₺ ve T5 porya için ise 88,79 ₺ olarak tespit edilmiştir (Aktaş & Özata, 2017).

5. TAŞIT PORYA KUVVETLERİ

Statik şartlar altında porya araç ağırlığından dolayı oluşan düşey yönde bir kuvvete, porya içindeki rulmanın porya dışına çıkmasını engellemek için göbekteki somunun oluşturduğu sıkıştırma kuvvetine (sabit bir kuvvet) ve burulma momentine maruz kalmaktadır. Porya

üzerine etki eden kuvvetler şekil 6'da gösterilmektedir (Gülbudak, 2009).



Şekil 6: Porya Üzerine Gelen Kuvvetler (Gülbudak, 2009)

5.1. F_Z Kuvvetinin Hesaplanma Teorisi

Maksimum düşey yöndeki aks yüklerini hesaplayabilmek için, maksimum frenleme ivmesini (a) hesaplamamız gerekmektedir. Bu değer aracın durma süresine bağlıdır. Ayrıca bağıl frenleme ivmesini de (z) bulmamız gerekmektedir. Bu ivme $\frac{a}{g}$ işleminin sonucundan çıkan değere eşittir. F_Z kuvvetinin hesaplanma teorisi ön aksa gelen yükler için denklem 1 ve arka aksa gelen yükler için denklem 2'de gösterilmektedir (Altındemir, 2008).

Araç yüklü haldeyken;

$$F_{ZVy} = G_Y .(l_{Hy} / l + z. h_y / l) \quad (1)$$

$$F_{ZHy} = G_Y . (l_{Vy} / l - z. h_y / l) \quad (2)$$

- F_{ZVy} : ön aksa gelen yük (N)
- F_{ZHy}: arka aksa gelen yük (N)
- G_Y : aracın yüklü ağırlığı(N)
- l : Araç aks mesafesi [mm]
- l_{Vy} : yüklü haldeyken aracın ön aksının ağırlık merkezine uzaklığı [mm]
- l_{Hy} : yüklü haldeyken aracın arka aksının ağırlık merkezine olan uzaklığı [mm]
- z : maksimum bağıl frenleme ivmesi
- h_y : yüklü halde aracın ağırlık merkezinden yere olan mesafesi[mm]

5.2. Yüklü Haldeki Frenleme Kuvveti

Frenleme kuvveti araç hareket halindeyken hareket yönünün tersinde oluşan ve aracın yavaşlamasını sağlayan bir kuvvettir. Bu kuvvetin hesaplanma teorisi ön aks için denklem 3 ve arka aks için denklem 4'te gösterilmektedir (Altındemir, 2008).

Ön aks için : $B_{Vy} = F_{ZVy} \cdot z$ (3)

Arka aks için: $B_{Hy} = F_{ZHy} \cdot z$ (4)

5.3. Jant Göbeğindeki Momentin Hesaplanması (M_y)

Tekerin dönme esnasında jantın göbeğinde meydana gelen momenttir. Ön ve arka jantlar için bu momentin hesaplanma teorisi ön jant için denklem 5 ve arka jant için denklem 6'da gösterilmektedir (Altındemir, 2008).

Ön jant için: $M_{Vy} = r.(B_{Vy} / 2)$ (5)

Arka jant için: $M_{Hy} = r.(B_{Hy} / 2)$ (6)

5.4. F_X Kuvvetinin Hesaplanma Teorisi

Yukarıda Şekil 6'da gösterilen F_X kuvvetini hesaplayabilmek için yuvarlanma direnci katsayısını bilmemiz gerekmektedir. Yuvarlanma direnci katsayısı istenilen şartlara uygun sabit bir değer alınabilmektedir. Tablo 2'de yuvarlanma direnci katsayıları gösterilmektedir. Aracın saatte 50km hızdan çok daha fazla bir hızla gitmesi halinde yuvarlanma direnci katsayısı denklem 8'de gösterilmektedir. F_X kuvvetinin hesaplanma teorisi denklem 7'de gösterilmektedir (Jacobson, 2016; Sezer).

Tablo 2: Farklı Koşullarda Yuvarlanma Direncinin Katsayıları (Akdağ, Yavuz, Hocaoğlu, & İzmir)

Kaplama Cinsi	C_{rr} Katsayısı
Beton yollar ve ince dokulu asfalt kaplamalar	0.01-0.02
Kırma taş ve çakıl kaplamalar	0.03-0.04
Parke kaplamalar	0.04-0.05
Kuru ve sıkı toprak yollar	0.03-0.06
Gevşek toprak ve kumlu yüzeyler	0.015-0.06

$$F_X = M_y / r - (F_Z . e/r) \quad (7)$$

- e/r: Yuvarlanma direnci katsayısı
- r: Lastik dinamik yarıçapı

$$f = F_r / Mg \quad (8)$$

- f : Yuvarlanma direnci katsayısı
- F_r : Yuvarlanma direnci kuvveti
- M : Aracın kütlesi
- g: Yer çekimi ivmesi

5.5. F_y Kuvvetinin Hesaplanma Teorisi

F_y kuvveti yanal kuvvet olarak adlandırılır. Aracın hareket halindeyken viraj alma sırasında merkezkaç kuvveti etkisinde oluşan yanal kuvvet olarak bilinmektedir.

Toplam yanal kuvvetin hesaplanması denklem 9'da, ön aksa gelen yanal kuvvetin hesaplanması denklem 10'da ve arka aksa gelen kuvvetin hesaplanması denklem 11'de gösterilmektedir (Ayçiçek, 2002).

$$\sum \mathrm{Fy} = \mathrm{Fyf} + \mathrm{Fyr} = \frac{\mathrm{M}V^2}{R} \quad (9)$$

$$\mathrm{Fyf} = \mathrm{Fyr}\ .c/b \quad (10)$$

$$\mathrm{Fyr} = (\mathrm{M}.b/L).(V^2/R) \quad (11)$$

- R : Dönme yarıçapı
- M : Araç kütlesi
- V : Taşıt hızı
- Fyf : Aracın ön aksında oluşan kuvvet
- Fyr : Aracın arka aksında oluşan kuvvet

- L : Araç aks mesafesi
- c : Aracın arka aksının ağırlık merkezine olan uzaklığı
- b : aracın ön aksının ağırlık merkezine olan uzaklığı

REFERANSLAR

Akdağ, M., Yavuz, Ş., Hocaoğlu, M., & İzmir, İ. İ. Çift Motorlu Bir Lojistik Aracın Tasarımı Ve PLC İle Kontrolü.

Akdoğan, M. Y., Esener, E., Ercan, S., & Fırat, M. DİSK TİPİ BİR JANTIN KÖŞELEME YORULMA DAVRANIŞININ SONLU ELEMANLAR ANALİZİ İLE İNCELENMESİ.

Aktaş, R., & Özata, D. (2017). Otomotiv Parçaları Üreten Bir İşletmede Faaliyet Tabanlı Maliyetleme ve Zaman Etkenli Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Uygulamalarının Karşılaştırılması. Journal of Management & Economics, 24(1).

Altındemir, E. (2008). Hibrid Elektrikli Taşıtlarda Rejeneratif Frenleme. Fen Bilimleri Enstitüsü,

Ayçiçek, T. (2002). Bir Taşıt Seyir Dinamiği Modeli. Fen Bilimleri Enstitüsü,

BALTACIOĞLU, H. (2004). Yazılı Kaynaklar ve Arkeolojik Veriler Işığında Hattuša ile Arinna Arasındaki Uzaklık.

Başoğlu, T. B. (2006). Çapak Boyutlarının Ön Dövme İşlemine Etkisinin Sonlu Elemanlar Metodu İle İncelenmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü,

Gülbudak, K. (2009). Hafif bir ticari aracın ön tekerlek poyrası sekiz çizme testinin tezgah testine uyarlanması. Kocaeli Universitesi, Fen Bilimleri Enstitusu,

Jacobson, B. (2016). Vehicle dynamics compendium for course MMF062; edition 2016. Retrieved from

KAVAKLI, Ü., & HACISEFEROĞULLARI, H. (2009). KONYA BÖLGESİNDE DÖKÜM SANAYİNİN DURUMU. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 23(49), 44-49.

Köksal, Y. Z., Demiröz, A. O., Serin, O., Atabay, O., Ereke, M., & Ergeneman, M. Bir Güneş Arabasının Yürüyen Aksam Sisteminin Geliştirilmesi ve Optimizasyonu.

Neşeli S.,Yalçın G.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2019). *Nano Yüzey Kalitesi Oluşturmak İçin Lepleme Makinesi Tasarımı.* V Scıence Technology and

Innovatıon Congress, 374-380. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5601104)

Özcan, M. M. (2005). Mikroalaşımlı ve Sementasyon Çeliklerinin Yorulma Davranışlarının İncelenmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü,

Özdalyan, B. (2001). Bilgisayar benzeşimi ile ön süspansiyon sisteminin kinematik analizi. Teknoloji, 4.

Sezer, V. Metrobüs Şaft Torkunun Sınırlandırılmasına Yönelik Hibrit Güç Aktarma Yapısı ve Güç Yönetim Sistemi Tasarımı. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(1), 84-95.

Tümbek, M. (2019). Elektrikli araçlar için dış rotorlu doğrudan yol vermeli senkron motor tasarımı, analizi ve sürülmesi.

Yalçın G.,Neşeli S.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2018). F*atigue Tester Design and Frame Analysis for Estimation of Fatigue Life of Helical Compression Springs.* International Conference on Engineering Technologies (ICENTE'1 8), 563-566. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4509752)

Yalçın G.,Neşeli S.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2019). *Design and Construction of Compact CNC Router.* International Conference on Engineering Technologies (ICENTE'19), 1(3), 474-478. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5642081)

BÖLÜM 3

SÜSPANSİYON SİSTEMLERİ

Yahya KAYA [*], Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ[**],
Öğr. Gör. Abdullah Cem AĞAÇAYAK[***]

[*]Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği, Mail: k.yahya123@hotmail.com, ORCID NO: 0000-0001-9813-5154
[**]Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği, Mail: sneseli@selcuk.edu.tr, ORCID NO: 0000-0003-1553-581X
[***]Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Myo, Elektrik ve Enerji Üretimi Bölümü, Mail: acagacayak@ktun.edu.tr, ORCID NO: 0000-0002-9285-5764

GİRİŞ

Sürüş güvenliği ve konforu açısından oldukça önemli bir sistem olan süspansiyon sistemi tekerlekler ve araç gövdesi arasında bulunur. Asıl görevleri yoldan kaynaklı titreşimleri sönümlemek, virajlarda güvenli dönüşü sağlayarak savrulmayı ve yalpalamayı önlemektir (Demircan, 2012; Gülbudak, 2009).

1. SÜSPANSİYON SİSTEMLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Araçlarda kullanılan süspansiyon sistemi aslına bakarsak metal yayların geliştirilmeye başlamasıyla hayatımıza 17. yüzyılda girmiştir. İlk olarak yaprak yaylar kullanılmaya başlamış olup daha sonra ise damperler ve sönümleyici elemanlar kullanılarak gelişmiştir. Günümüzde ise gelişen teknolojiler ile yeni dizaynlara sahip üretim makinaları geliştirilmekte ve bu gelişimin üzerinde çalışmalar yapılmaktadır (Neşeli, S. et. al.2019, Yalçın, G., et. al.2018). Bu gelişen teknoloji sayesinde birçok araçta aktif süspansiyon sistemi kullanılmaktadır. Aktif süspansiyon sistemini ilk olarak Lotus firması Formula 1 aracında 1983 yılında kullanılmıştır. Bugünden itibaren 15 yıl boyunca birçok yarış otomobilinde kullanılmaya devam etmiştir. Fakat daha sonra teknolojik gelişmeler sonucunda sistem ucuzlamış, müşterilerin istekleri doğrultusunda aktif süspansiyon sistemi binek otomobillerde de kullanılmaya başlanmıştır.

Modern taşıtlardaki süspansiyon sistemleri iki ana göreve hizmet etmektedir. Birincisi yoldan kaynaklı tekerleklerde oluşan titreşimleri azaltarak maksimum sürüş konforu sağlamaktır. İkincisi ise lastiklerin

devamlı yol ile temasını sağlayarak bir güvenli sürüşü sağlamaktır (Bakanlığı, 2013; Yunus, 2016).

Bunun yanında zamanla süspansiyonu oluşturan yaylar gibi malzemelerin yorulma, yıpranma gibi dezavantajlarını da göz önünde bulundurmak gerekmekte ve bu konudaki çalışmalar ile yapılan malzemelerin geliştirilmesi günümüzde hala üzerinde çalışılan bir konudur (Yalçın, G., et. al. 2018).

2. GÜNÜMÜZDE KULLANILAN SÜSPANSİYON SİSTEMİ ÇEŞİTLERİ

2.1. Pasif Süspansiyon Sistemleri

Pasif süspansiyon sistemleri günümüz araçlarında en yaygın kullanılan süspansiyon sistemidir. Bu süspansiyon sisteminde aracın yol tutuşu, sürüş konforu ve güvenli sürüşün sağlanması için gerekli şartlar göz önüne alınarak üretilen elemanlardan oluşur. Taşıt hareket ederken bu değerler değiştirilemez. Değiştirmenin tek yolu ilgili parçayı yeniden üretip sisteme takmaktır (Çakan, 2013; Okuturlar & Tınkır, 2018).

2.2. Yarı Aktif Süspansiyon Sistemleri

Yarı aktif süspansiyon sisteminde araç hareket ederken sürücüye süspansiyon sisteminin ayarlarını değiştirebilme imkanı sunar ve bu özelliği ile pasif süspansiyondan daha iyi bir kullanış deneyimi ve yol tutuşu sağlar. Yarı aktif süspansiyon sisteminde bunu yapmanızı

sağlayan şey ise MR sönümleyicidir yani sönümleyici içindeki sıvının manyetik alanla viskozitesi değişerek sürüş özelliklerini iyileştirmesidir.

2.3. Aktif Süspansiyon Sistemleri

Aktif süspansiyon sistemi sensörler sayesinde yolun yapısını ve araç ağırlığı gibi faktörleri tanımlayarak aracın süspansiyon sistemini ona göre ayarlar. Aktif süspansiyon sistemi düşük frekanslı yol girişlerinde ve düşük hızlarda sağladığı avantajın yanı sıra düzgün yol ve ortalama hızlarda diğer sistemlere göre çok yüksek avantaj sağlamadığı gözlemlenmiştir. Pasif süspansiyon sistemiyle karşılaştırıldığında aktif süspansiyonun hem dikey düzlemde hem de yatay manevralarda daha avantajlı olduğu gözlenmektedir. Fakat bu sistem yüksek maliyet ve yüksek güç tüketimi nedeniyle çok fazla tercih edilmemektedir (Çakan, 2013; Ulukapı, 2005).

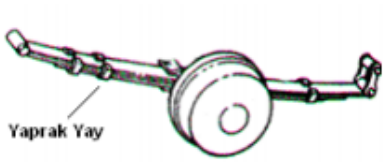
3. SÜSPANSİYON SİSTEMİ ELEMANLARI

3.1. Yaylar

Süspansiyon sistemindeki yayların amacı sürüş yüksekliğinin korunması ve darbe emici olarak kullanılmasıdır. Bir başka görevi ise yoldan kaynaklı bozuklukları ve titreşimleri direk araç şasesine aktarmayarak sönümleyici görevi görmesidir.

3.1.1. Yaprak yaylar

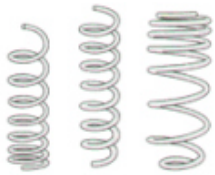
Yaprak yaylar farklı boylarda ve farklı kalınlarda metal plakaların üst üste dizilmesiyle elde edilir. Yoldan kaynaklı titreşimleri metal plakalar birbirine sürtünerek ve eğilerek yol düzensizliklerini en aza indirirler. Yaprak yaylar günümüzde hala ağır yük taşıyan araçlarda kullanılır. Olumsuz yanı ise zamanla bu metal plakalar aşınır ve belirli bir süre geçtikten sonra değiştirilmesi gerekir (Karakaş, 2020; Ulukapı, 2005). Sistem Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 13 : Yaprak yaylar (Ulukapı, 2005)

3.1.2. Sarmal Yaylar

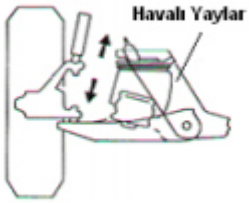
En çok kullanılan yay çeşididir. Yay sabiti yayın uzunluğu ve çapına bağlıdır. Yay sabitinin değişimi sarım çapı ve sarım sıklığına bağlıdır. Bu özellikten dolayı araç tipine göre ayarlanabilmektedir (Ulukapı, 2005). Sistem Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 14: Sarmal yaylar (Ulukapı, 2005)

3.1.3. Havalı Yaylar

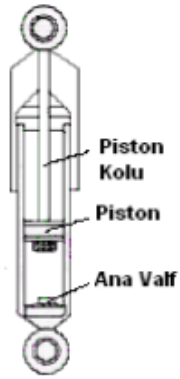
Havalı yaylar bir körük içine sıkıştırılan havanın yaylanması ile çalışır. Güçlü darbelerde körük içindeki hava bir valf sayesinde dışarı verilir daha sonra ise tekrar kompresör yardımı ile körük içine hava doluyor. Yüksek konfor sağlayan bu sistem binek araçların yanında ağır yük taşıyan araçlarda da kullanılır (Ulukapı, 2005). Sistem Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 15: Havalı yaylar (Ulukapı, 2005)

3.2. Sönümleyiciler (Amortisörler)

Sönümleyiciler arabada yayların yaylanma süresini kısaltma, yalpalama ve savrulmanın önüne geçmek için tasarlanmıştır. Çalışma prensibi ise piston aşağıya doğru basılırken küçük deliklerden sıvı yavaş şekilde akacak ve pistonu yavaşlatacaktır. Sistem Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 16: Sönümleyici modeli (Ulukapı, 2005)

3.2.1. Gaz Şarjlı Sönümleyiciler

Normal sönümleyicilerden farklı olarak gaz şarjlı sönümleyicilerin yedek tüplerinde nitrojen gazı bulunur. Bunun sebebi hidrolik sıvının üzerine basınç uygulayarak baloncuk ve köpürmelerin önüne geçmektir. Bununla beraber normal sönümleyiciler yüksek ısılarda özelliğini tam yerine getiremez fakat gaz şarjlı sönümleyiciler yüksek ısılarda da performans kaybını en aza indirirler.

3.2.2. PSD Sönümleyiciler

Sönümleyicileri daha iyi bir seviyeye çıkaran bu tasarımın normal sönümleyicilerden farkı hem yüksek valf açıklığını hem de düşük valf açılığını bir arada verebilmesidir. Bunu ise pistonun ucundaki kısımda hidrolik sıvının kolay akmasını sağlayan kanalların bulunmasıyla gerçekleşir. Fakat sistemin dezavantajı aracın süspansiyon aralığının uygun olmaması durumunda zor montajlanması ve doğru biçimde çalışmamasıdır.

3.2.3. Tek Tüplü Sönümleyiciler

Yukarıdaki sistemlerden farklı olarak bu sönümleyici sistemin de tek tüpten oluşmaktadır. Bu sistemde yedek tüp ve valf bulunmaz. Pistonlar ile alt taraftaki yüksek basınçlı gaz ile hidrolik sıvı birbirinden ayrılır. Bu sistem boyutundan dolayı binek araçlarda uygulanması zordur (Ulukapı, 2005).

3.3. Salıncak Kolları

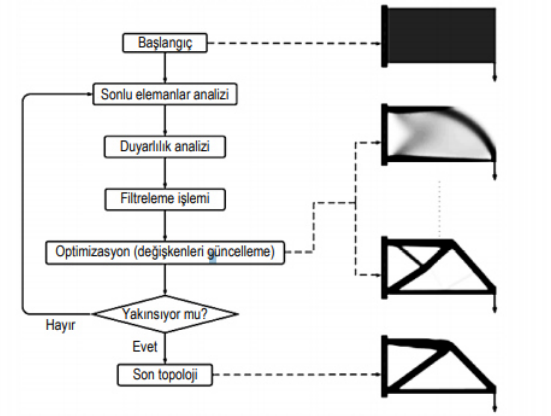
Salıncak kolları yandan ve önden gelen kuvvetleri alarak sadece dikey kuvvetlerin yaya iletilmesini sağlar. Bazı sistemlerde bir tane olduğu gibi birden fazla salıncak kolu olan sistemlerde vardır. Salıncak kolları Şekil 5'te gösterilmiştir (Bakanlığı, 2013).

Şekil 17: Salıncak kolları (Bakanlığı, 2013)

3.3.1. Topoloji Yöntemi ile Salıncak Tasarımı

Bu yöntem süspansiyon sisteminde kullanılan salıncakların hafifletilmesi için kullanılır. Bu yöntemin temeli parçanın bağlı olduğu yer ve kuvvet uygulanan nokta arasındaki en yüksek rijitliği

sağlamak için en uygun malzeme dağılımını sağlamaktır. Topoloji yöntemi Şekil 6'da gösterilmiştir (TOPAÇ, BAHAR, KAPLAN, & Sarıkaya, 2017; YILDIZ).



Şekil 18: Topoloji yöntemi(TOPAÇ et al., 2017)

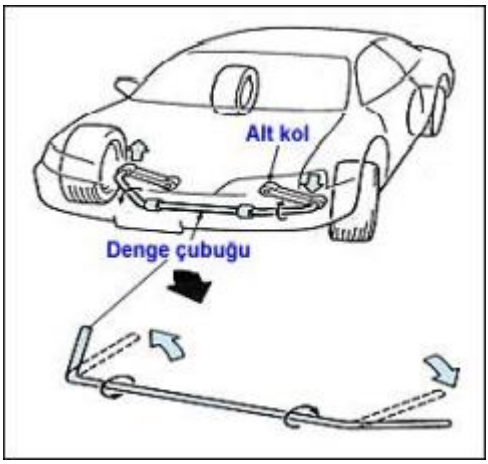
3.4. Rotiller

Rotiller salıncak ve aks taşıyıcı arasında bulunur. Aks taşıcının yukarı, aşağı, sağa ve sola dönmesi için ara birim olarak görev alır. Rotiller Şekil 7'de gösterilmiştir.

Şekil 19: Rotiller(Bakanlığı, 2013)

3.5. Denge (Viraj) Çubuğu

Araç dönüş sırasında savrulmayı önlemek için virajın dış kısımda kalan tekerleği yere bastırarak güvenli dönüşü sağlar. Aracın yol tutuşunu arttırdığı için kafadan ve arkadan kaymayı en aza indirir. Denge çubuğu Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 20: Denge çubuğu (Bakanlığı, 2013)

3.6. Burçlar

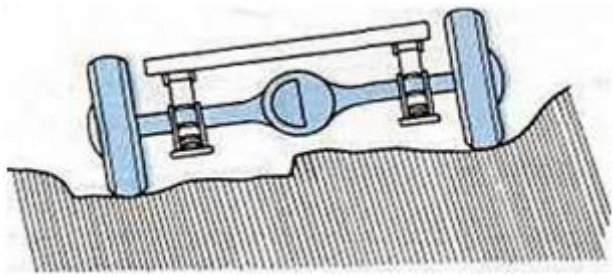
Burçlar süspansiyon sisteminin askı kolları ve gövde arasındaki bağlantılarda bulunur. Burçlar burulma ve eksenel yüklerini sönümleyerek sürüş konforunu arttırır (ERKEK, Necmettin, & GÜVEN, 2015). Burçlar Şekil 9'da gösterilmiştir.

Şekil 21: Burçlar (ERKEK et al., 2015)

4. SÜSPANSİYON SİSTEMİ TİPLERİ

4.1. Sabit Süspansiyonlar

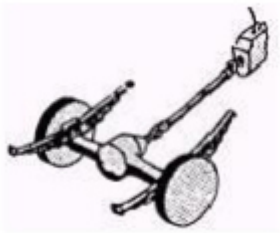
Aynı aks üzerindeki karşılıklı tekerleklerin aynı anda dikey hareket ettirilmesini sağlayan sistemdir. Bu sisteme akslı süspansiyon sistemi de denmektedir. Bu sistem genelde kamyon, kamyonet veya otobüslerde bulunabilir. Binek araçlarda ise konforlu olmadığı için tercih edilmez (Bakanlığı, 2013; Topaç, Avcıoğlu, Atak, & Yavuz). Sabit süspansiyon sistemi Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 22: Sabit süspansiyon sistemi(Bakanlığı, 2013)

4.1.1. Hotchkiss Süspansiyon Sistemi

Bu sistemde daha önce bahsettiğimiz yaprak yaylar kullanılır. Bu sistem dikey hareketlerde iyi olsa da yatay yönde gelen hareketlerde zayıf kalmıştır. Bu sistemin günümüzde kullanımının azalmasının asıl sebebi ise yaprak yayların birbirine sürterek zamanla aşınması ve kırılmasıdır (Bakanlığı, 2013; Ulukapı, 2005). Hotchkiss süspansiyon sistemi Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 23: Hotchkiss Süspansiyon Sistemi(Ulukapı, 2005)

4.1.2. Üç Çubuklu Süspansiyon Sistemi

Bu sistemde yaprak yaylar yerine sarmal yaylar kullanılır ve sürtünme problemini en aza indirdiği için Hotchkiss süspansiyon sisteminin yerine tercih edilir (Bakanlığı, 2013; Ulukapı, 2005). Üç çubuklu süspansiyon sistemi Şekil 12'de gösterilmiştir.

Şekil 24: Üç çubuklu süspansiyon sistemi(Ulukapı, 2005)

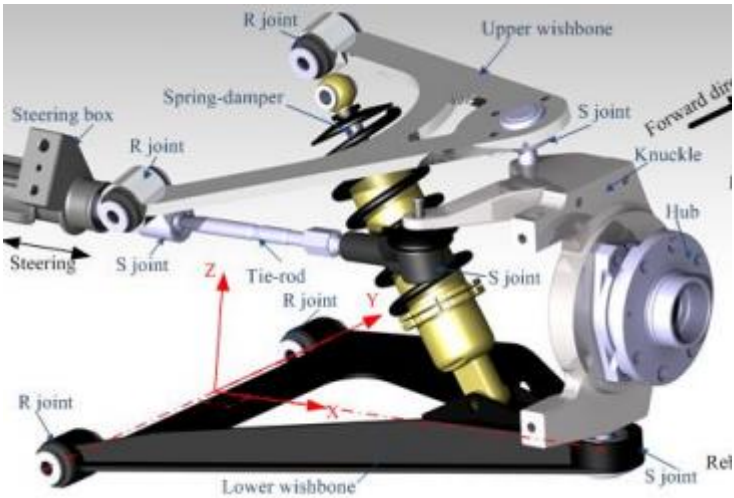
4.2. Serbest (Bağımsız) Süspansiyonlar

Bağımsız süspansiyon sistemi sayesinde bütün tekerleklerin kendi başlarına hareket edebilmesini sağlamıştır. Aks gibi büyük parçaların olmadığı için aracın ağırlığı azaltılmıştır. Bu tip süspansiyonlar yol titreşimlerini büyük ölçüde sönümleyerek konfor sağlamışlardır.

4.2.1. Çift Salıncaklı Süspansiyon Sistemi

Bu süspansiyon sisteminde hem altta hem de üstte olmak üzere iki adet salıncak vardır. Bu sistemde salıncakların farklı uzunluklarda olması, tekerleğin dikey hareketlerinin dengelenmesini sağlar. Bu uzunluk farkından dolayı tekerlerden birisi bir tümseğe çıktığında kısa olan salıncak daha az yol kat ederek tekerlek aracın içine doğru eğilir ve tekerleğin sürünerek aşınmasını sağlayan yatay hareketin önüne geçilmiş olur. Bu sistemin en büyük artısı ise virajlarda aracın devrilmeye olan eğilimi nedeniyle dışta kalan tekerin pozitif kamber

açısı değişiminin önüne geçmesidir (PUTGÜL & ALTIPARMAK, 2016; Tanik & PARLAKTAŞ, 2015). Çift salıncaklı süspansiyon sistemi Şekil 13'te gösterilmiştir.



Şekil 25: Çift salıncaklı süspansiyon sistemi(Tanik & PARLAKTAŞ, 2015)

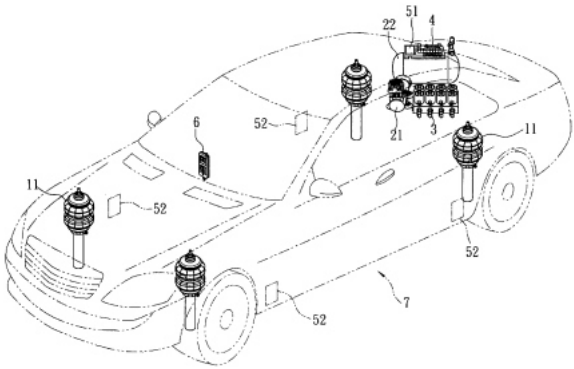
4.2.2. MacPherson Süspansiyon Sistemi

Bu süspansiyon sisteminde sadece alt salıncak bulunmaktadır. Üstte ise bir sarmal yay amortisör yardımı ile şaseye bağlanır. Genelde önden çekişli araçlarda kullanılır. Parça sayısı az olduğu için imalattan ya da montajdan kaynaklanan hatalarda en aza indirilmiştir. Düşük maliyet ve basit yapısı nedeni ile alt ve orta segment arabalarda tercih edilir (Okuturlar & Tınkır, 2018; PUTGÜL & ALTIPARMAK, 2016; Yıldızhan, 2009). MacPherson süspansiyon sistemi Şekil 14'te gösterilmiştir.

Şekil 26: MacPherson Süspansiyon sistemi(PUTGÜL & ALTIPARMAK, 2016)

4.2.3. Havalı Süspansiyon

Bu süspansiyon sisteminde yay yerine hava körükleri bulunur. Bu sayede araçtaki yük ağırlığı değişse bile aracın yerden yüksekliği değişmez. Araç için yüklü veya yüksüz halde ideal sürüş konforu sağlanmış olur. Hava kompresörlerine ihtiyaç duyulduğu için genelde büyük taşıtlarda veya lüks otomobillerde kullanılır (Demircan, 2012; Kazemeini, 2013). Havalı süspansiyon sistemi Şekil 15'te gösterilmiştir.



Şekil 27: Havalı süspansiyon(Lin, Hung, & Yang, 2012)

4.2.4. Bose Süspansiyon Sistemi

Bose süspansiyon sistemi aktif süspansiyon sisteminin bir çeşididir. Bu sistemde elektromanyetik motorlar vardır ve beyin yolun yapısına göre bu motorları harekete geçirerek maksimum konforu sağlar(Brown, 2008; Kazemeini, 2013; Yunus, 2016). Bose süspansiyon sistemi Şekil 16'da gösterilmiştir.

Şekil 28: Bose süspansiyon sistemi(Kazemeini, 2013)

SONUÇ

Tübitak elektrikli otomobil yarışlarında önemli parametreler olan araç ağırlığı ve yakıt tüketimi olduğundan aktif ve yarı aktif süspansiyon sistemi ekstra güç harcayacağı için tercih edilmemektedir. Sabit süspansiyon sistemini tercih edilmemesinin nedeni ise konforsuz ve ağır olmasıdır. MacPherson süspansiyon sisteminin tercih etmeme sebebimiz ön kesit alanı olarak daha fazla olması ve özel üretiminin

daha zor yapılıyor olmasıdır. Bose süspansiyon sisteminin tercih edilmeme sebebi ise çok fazla güç tüketiminin yakıt açısından verimsiz olmasıdır. Çift salıncaklı süspansiyon sisteminin tercih edilme nedenleri ise özel üretiminin kolay olması, ağırlık olarak ayarlanabilir olması, ön kesitinin araç şasesinden dışarıya çıkmayacak şekilde konumlandırılabilir olması gibi parametrelerdir. Bundan dolayı elektrikli araçlarda sıklıkla tercih edilen süspansiyon çeşidi Çift salıncaklı süspansiyon sistemidir.

KAYNAKÇA

B Bakanlığı, T. M. E. (2013). Motorlu Araçlar Teknolojisi-Süspansiyon Sistemleri. In: Ankara.

Brown, S. N. (2008). Active vehicle suspension. In: Google Patents.

Çakan, A. (2013). *Karayolu taşıtları süspansiyon sisteminde aktif titreşim kontrolü.* Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,

Demircan, K. (2012). *Süspansiyon tasarımında amortisör bağlantı takozlarının optimizasyonu ve iyileştirilmesi.*

ERKEK, M., Necmettin, K., & GÜVEN, C. (2015). Kauçuk Burçların Hiperelastik Modellenmesi ve Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 20*(1), 65-74.

Gülbudak, K. (2009). *Hafif bir ticari aracın ön tekerlek poyrası sekiz çizme testinin tezgah testine uyarlanması.* Kocaeli Universitesi, Fen Bilimleri Enstitusu,

Karakaş, H. (2020). *Kumlama işleminin yaprak yayların yorulma ömrü üzerindeki etkilerinin incelenmesi.* Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,

Kazemeini, A. (2013). *Improving Control Mechanism of an Active Air-Suspension System.* Eastern Mediterranean University (EMU),

Lin, M., Hung, S.-S., & Yang, M.-C. (2012). Intelligent electronic air suspension system that automatically adjusts its air pressure. In: Google Patents.

Neşeli S.,Yalçın G.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2019). *Nano Yüzey Kalitesi Oluşturmak İçin Lepleme Makinesi Tasarımı.* V Scıence Technology and Innovatıon Congress, 374-380. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5601104)

Okuturlar, H., & Tınkır, M. (2018). *Bir binek araç süspansiyon sisteminin nümerik ve deneysel dinamik analizi.* Necmettin Erbakan Üniversitesi,

PUTGÜL, Y., & ALTIPARMAK, D. (2016). Taşıt Süspansiyon Sistemi Çeşitleri ve Ön Düzen Geometrisine Etkileri. *Politeknik Dergisi, 19*(2), 195-202.

Tanik, E., & PARLAKTAŞ, V. (2015). On the analysis of double wishbone suspension. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 9*(3), JAMDSM0037-JAMDSM0037.

Topaç, M. M., Avcıoğlu, A. E., Atak, M., & Yavuz, G. TAKTİK TEKERLEKLİ ZIRHLI TAŞITTA BAĞIMSIZ SÜSPANSİYON UYGULAMASI.

TOPAÇ, M. M., BAHAR, E., KAPLAN, A., & Sarıkaya, E. (2017). Topoloji optimizasyonu yardımıyla, askeri taşıt bağımsız ön süspansiyonu için alt salıncak tasarımı. *IDEFIS, 2017*, 2nd.

Ulukapı, M. (2005). *Aktif Ve Yarı Aktif Süspansiyon Sistemlerinin Simülasyon Ortamında İncelenmesi.* Fen Bilimleri Enstitüsü,

Yalçın G.,Neşeli S.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2018). F*atigue Tester Design and Frame Analysis for Estimation of Fatigue Life of Helical Compression Springs.* International Conference on Engineering Technologies (ICENTE'1 8), 563-566. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4509752)

Yalçın G.,Neşeli S.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2019). *Design and Construction of Compact CNC Router.* International Conference on Engineering Technologies (ICENTE'19), 1(3), 474-478. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5642081)

Yıldız, A. R. Yapay Arı Koloni Algoritması İle Taşıt Salıncak Kolunun Optimum Boyutlarının Bulunması.

Yıldızhan, M. (2009). *Araç tasarım optimizasyon uygulamaları çözümlemesi ve doğrulanması için model tabanlı yöntemler.* Uludağ Üniversitesi,

Yunus, İ. (2016). *Araç süspansiyon parametrelerinin kontrolü için model geliştirilmesi.* Uludağ Üniversitesi,

BÖLÜM 4

ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA DİREKSİYON SİSTEMİ

Murat BOZKIR[*], Öğr. Gör. Gökhan YALÇIN[**],
Öğr. Gör. Abdullah Cem AĞAÇAYAK[***]

[*]Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği, murtbzkr@gmail.com, ORCID NO: 0000-0003-4585-5347
[**]Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, gyalcin@ktun.edu.tr, ORCID NO: 0000-0003-4491-0228
[***]Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Elektrik ve Enerji Üretimi Bölümü, acagacayak@ktun.edu.tr, ORCID NO: 0000-0002-9285-5764

GİRİŞ

Araçlarda yön verme mekanizmasını sağlayan yapı direksiyon sistemidir. Günümüz dünyasında çeşitli direksiyon sistemleri kullanılmaktadır. Sürücü konforu, araç dönüş rahatlığı, viraj kabiliyetini yükseltmek için zaman içinde çeşitli değişiklikler yapılmaktadır.

Gelişen teknoloji ve üzerinde çeşitli çalışmalar yapılarak geliştirilen üretim makinaları ile sağlamlık, fiyat düşüklüğü ve konfor son yapılan araçlarda araştırma ve geliştirme konusunda üzerinde oldukça fazla durulan konulardır (Yalçın, G., 2019, Neşeli, S., 2019). Sürücü ve yolcu rahatlığı, emniyeti sürüş açısından önemli detaylardır. Sürüş anında olabilecek arıza, birçok can ve mal kaybına neden olmaktadır. Araç dönme mekanizmalarında kullanılması gereken kuvvet yüksektir. Yüksek kuvvetleri daha düşük kuvvetlere çevirmek için mekanik çözüm ya da ek sistemler kullanılmaktadır. Yardımcı sistemler genellikle güç aktarım üniteleri olmaktadır(Sarıkaya, 2007).

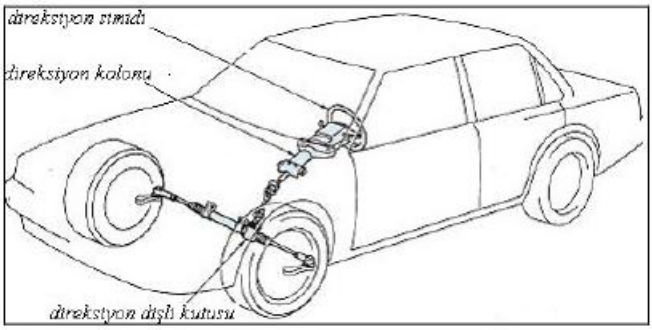
Bu çalışmada direksiyon sistemi elemanlarının belirli kurallara göre seçilmesi amaçlanmaktadır. Ackerman prensibi, araç dönüş yarıçapı gibi kurallara uyularak dişli takımı, direksiyon mili gibi parçaların uygunluğu kontrol edilmektedir.

1. DİREKSİYON SİSTEMİ ELEMANLARI

Direksiyon simidinden başlayarak aracın lastik bağlantılarına kadar olan, aracın dönme mekanizmasını oluşturan tüm parçalara direksiyon

sistemi elemanı denir. Direksiyon simidine sürücünün uyguladığı çevirme hareketini bağlantılar sayesinde tekerlere iletmesini sağlar. Tekerlek ise süspansiyon sistemi ile araç gövdesine bağlanmaktadır. Bu şekil aracın yol tutuşu, yola karşı gösterdiği tepki ve direksiyon kontrolündeki kolaylık sağlanmış olur. Süspansiyonun omurgasını oluşturan yayların ise zamanla yorulma etkisi üzerinde ise çalışmalar yapılmaktadır (Yalçın, G., et. al. 2018).

Şekil 1' de direksiyon sisteminin araç içindeki konumu ve direksiyon ekipmanları gösterilmiştir (Ünal, 2007).



Şekil 1. Direksiyon ekipmanı konumu ve isimleri(ADIYAMAN & ACAROĞLU, 2019)

1.1. Direksiyon Simidi

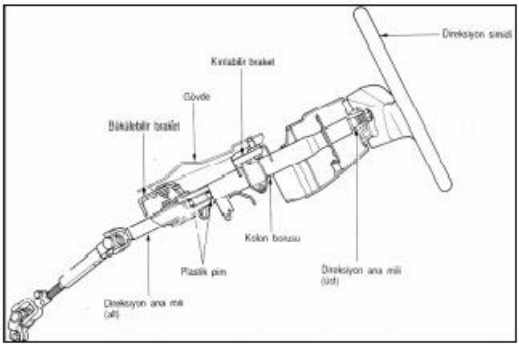
İlk hareketin verildiği bölümdür. Sürücünün araç yönünü belirlemek için simidi her iki yönde 360˚ çevirmesi ile araca yön verilir. Burada yapılan hareket direksiyon miline iletilir. Alüminyum krom gibi metallerden oluşur. Sürücünün direksiyon tutuşunu daha konforlu ve rahat kavraması için örtü malzemesi kullanılır (Boyalı, 2009).

2.2 Direksiyon Mili

Direksiyon simidinden aldığı dönme hareketini dişli takımına iletimini sağlar. Sabit ve hareketli olarak iki çeşittir. Koruma sebebi ile bazı araçlarda direksiyon kolonu ile kaplanır.

2.3. Direksiyon Kovanı

Direksiyon milinin üzerinde bu mili korumaya yarayan kolon borusuna direksiyon kovanı denir. Kaza anında milde oluşabilecek hasarı engellemek için darbeyi absorbe edecek mekanizma bulunmaktadır. Aynı zamanda sürücüde oluşacak hasarı da engellemektedir. Kovanın iç yüzeyinde bulunan braket –direksiyon miline bağlanmayı sağlar- kırılarak darbeyi engeller. Sürüş anında yolda oluşan yol tutuş hissini azaltarak direksiyon simidine gönderir. Direksiyon mili, direksiyon simidi ve direksiyon kovanı şekil 1'de gösterilmektedir (ŞEN & KAHYALAR).



Şekil 2. Direksiyon Mili ve Direksiyon Kovanı (Sarıkaya, 2007)

2.4. Dişli Kutusu

Dairesel hareketi doğrusal harekete çeviren direksiyon sistemi elemanıdır. Kremayer ve döner bilyalı olarak iki çeşittir. Hareketi iletirken sürücüye kolaylık sağlamaktadır. Dişliler yardımı ile direksiyon simidinden gelen kuvveti çoğaltarak rot başlarına ve dingil başlarına iletilmekle sorumludur (FIRAT, Tokmak, & İşler, 2012).

2.5. Pitman (Komuta Kolu)

Dişli takımının hareketini küçük rota iletimini sağlar. Dişli takımına bir cıvata ile bağlanır. Pitmanın diğer ucu kısa rot ile bağlıdır (KALKAN).

2.6. Rotlar ve Rot Başları

2.6.1. Uzun Ara Rot

Sağ, sol rotlara ve komuta koluna bağlı olan rot çeşididir. Komuta koluna verilen hareketi rotlara aktarmakla görevlidir. Şekil 3'te uzun ara rot örneği verilmiştir(Sarıkaya, 2007).

Şekil 3. Uzun Ara Rot Örneği(Sarıkaya, 2007)

2.6.2. Rot

Direksiyonun üzerindeki ayar borusuna vidalanmıştır. Mafsallar arasındaki mesafenin ayarlanmasını sağlar (PEHLİVAN & ÖZSOY, 2014).

2.6.3. Rot Başı

Rot başları rotların ucuna bağlanarak deveboynunu, uzun ara rot ile rotları birleştirir. Şekil 4'te rot başı, rot kolu ve akson gösterilmiştir (Ünal, 2007).

Şekil 4. Rot başı, rot kolu ve akson (PEHLİVAN & ÖZSOY, 2014)

2.6.4. Kısa Rot

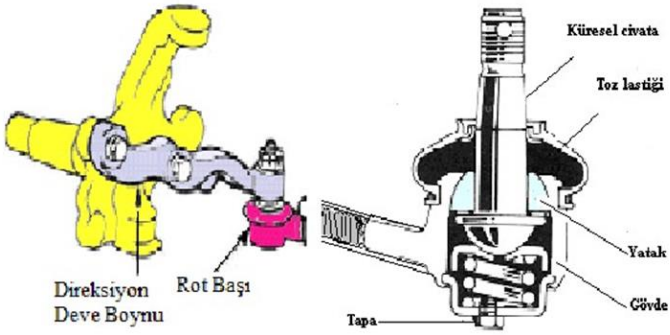
Komuta kolunu deveboynuna bağlamaktadır. Kısa rot, komuta kolunun sağa, sola hareketini, ileri ve geriye aktaran bir bağlantı gibi çalışmaktadır(Ünal, 2007).

Şekil 5. Örnek Kısa Rot ve Rot Başı(Sarıkaya, 2007)

2.7. Deve Boynu

Deve boynu, kısa ve uzun rotların hareketini direksiyon mafsalına aktarılmaktadır. Şekil 6'da direksiyon deve boyu bağlama şekli

gösterilmiştir (Ünal, 2007).



Şekil 6. Deve Boynu ve Rot Başlığı Örnek Bağlama Modeli(DİFERANSİYEL, MODELLENMESİ, & DALI)

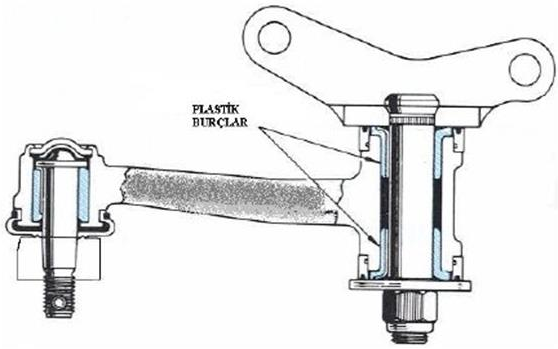
2.8. Direksiyon Mafsalı

Ön tekerlere uygulanan kuvveti azaltmak amacıyla kullanılmaktadır. Direksiyon mafsalları king pimleri etrafında dönerek ön tekerlere yön vermektedir. Direksiyon mafsalı örneği şekil 7'de gösterilmiştir (MAKARACI, Demir, & BAHÇACI, 2013).

Şekil 7. Çeşitli Direksiyon Mafsalları(Ünal, 2007)

2.9. Avare Kol

Avare kol mili gövdeye ve uzun ara rota bağlanır. Uzun ara rota destek verir ve uzun ara rotunun hareketini kısıtlar. Örnek avare kol şekil 8'de gösterilmiştir (IŞILAK).

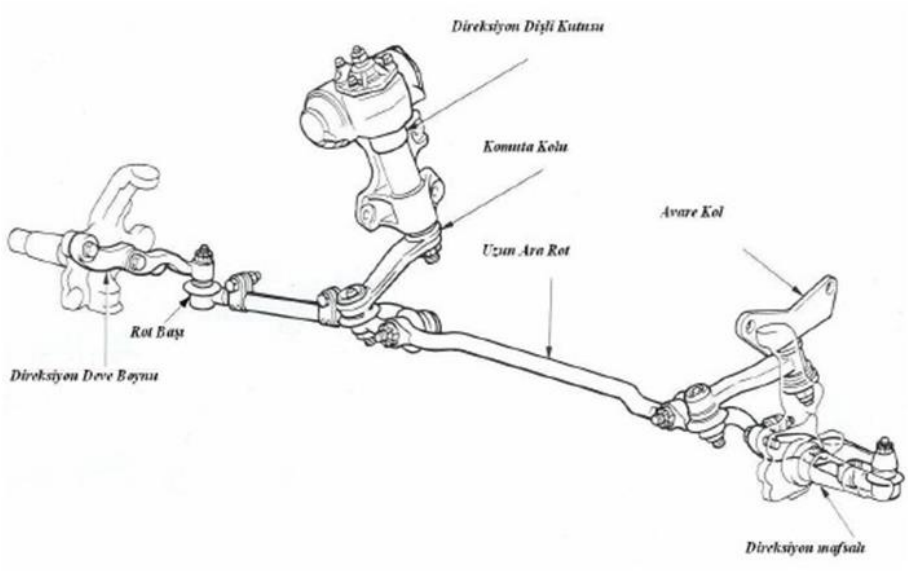


Şekil 8. Avare Kol İçinde Bulunan Plastik Burç gösterimi(Ünal, 2007)

2.10. Mekanik Direksiyon

Sonsuz vida-sektör, sonsuz vida-döner bilyeli somun, kam-levye, pinyon-kremayer, sonsuz vida-rulo makara olarak beş çeşit mekanik direksiyon vardır. Mekanik direksiyonlarda daha çok pinyon-kremayer ve bilyeli direksiyon tercih edilir (DEVECİLİ & UYMAZ).

Mekanik direksiyonların bazı dezavantajları vardır. Direksiyona uygulanacak döndürme kuvveti fazladır. Direksiyondan alınan dönme kuvveti dönme bölgesine daha geç ulaştırmaktadır. Yol hakimiyeti yüksek hızlarda daha düşüktür. Direksiyon bırakıldığı anda aracın geri toplama süresi daha küçüktür (DEVECİLİ & UYMAZ).



Şekil 9. Mekanik Direksiyon Ve Ekipmanları(Ünal, 2007)

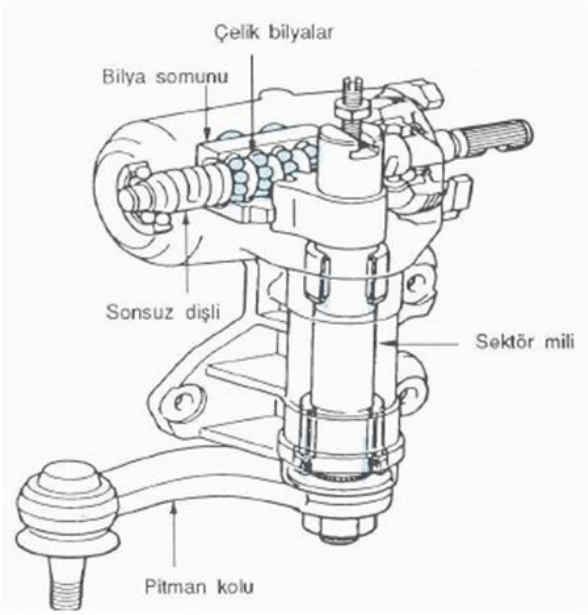
2.10.1. Pinyon – Kremayer Tipli Mekanik Direksiyon

Bir üniversal mafsal ile pinyon miline bağlanmaktadır. Pinyon dişlisi dönme hareket anında kremayere kuvvet uygulamaktadır. Pinyon, kremayer ile sürekli şekilde etkileşim halinde olmaktadır. Sadece 360º hareket yapabilir. Kremayer ise çizgi halinde sağa ve sola olmak üzere çizgisel hareket yapabilmektedir. Kremayer, kuvveti uçları yumuşak bir mafsal yardımı ile kısa rot tarafından deveboyunlarına bağlanabilir. Bu sayede direksiyon simidinden alınan kuvvet her iki direksiyon koluna iletilmiş olmaktadır (Güven & Rende, 2017).

2.10.2. Bilyeli Tip Mekanik Direksiyon

Direksiyon simidinin arka tarafında milden sonra gelen kısım sonsuz vida bilyeli aktarım görevini yaparak somunu destekler. Sonsuz vida

ve somun birlikte hareket eder. Somun, sonsuz vida ile birlikte hareket ettiği için dönme hareketi yerine aşağı yukarı hareket eder. Bilyeler içinde bulunduğu vida kanalının sonuna gelir ve borunun içerisine girmeye çalışır. Borunun içinden geçip başa somunun diğer ucuna geri döner. Bilye ve somun aşağı yukarı sürekli hareket etmesinden dolayı döner bilyeli somun ismi verilmiştir. Şekil 10'da bilyeli tip mekanik direksiyon modeli gösterilmiştir (Koçak, 2014).



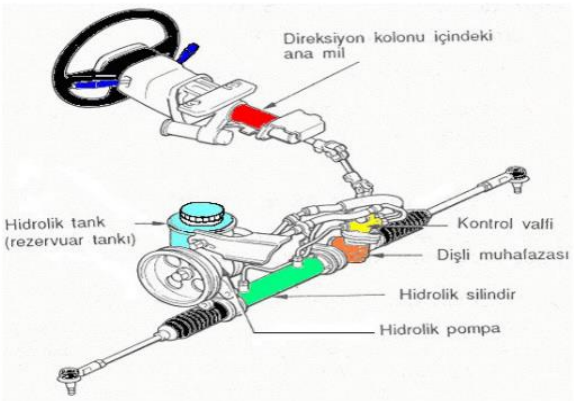
Şekil 10. Döner Bilyeli Mekanik Direksiyon(Başlamışlı et al., 2013)

2.11. Hidrolik Direksiyon

Sürüş konforunu yükseltmek için gelişmiş araçlarda teker yanak genişliği büyük ve daha az basınçlı lastikler kullanılır. Bunun etkisiyle sürtünme fazla olur ve dönme yapmak için uygulanması gereken kuvvet artar. Direksiyon dişli miktarı artmasıyla dönme yapma

kuvveti azaltılabilir. Fakat dönemeçlerde dönmeyi zorlaştırır (Devecili & Uymaz).

Kuvveti olduğu kadar küçük miktarda tutmak için yardımcı sistemlere gereksinim duyulmaktadır. Direksiyon dönme kuvvetini düşürmek ve sürücünün daha rahat bir sürüş sağlaması için dönme momentini yükseltmek gerekir. Bu sebeple hidrolik basıncından yardım alınmaktadır. Dönme kuvvetini azaltmak için gerekli olan iki çeşit sistem vardır. Her iki durumda da hidrolik basınç kullanılır. Hidrolik basıncı kremayer ve piyon dişlisi üzerine uygulanarak çalışmaktadır. Şekil 11'de hidrolik direksiyon modellemesi gösterilmiştir (Karakul & Ercan).



Şekil 11. Hidrolik Direksiyon ve Elemanları (Inallu, 2014)

2.12. Elektro Mekanik Direksiyon Sistemleri

Mekanik direksiyonları hareket ettirmek için oldukça fazla kuvvet gerekmektedir. Hidrolik sistemlerde ise yağ pompalama miktarındaki farklılıklar sürüş konforunu düşürmektedir. Fazla hız zamanında

pompa motor ile birlikte çalıştığı için gereğinden fazla enerji harcamaktadır. Bu sebeplerden dolayı çözüm amaçlı elektronik kontrollü bir direksiyon sistemi teknolojisi geliştirilmiştir. Şekil 12'de örnek elektro-mekanik direksiyon gösterilmiştir (Balcı, 2010).

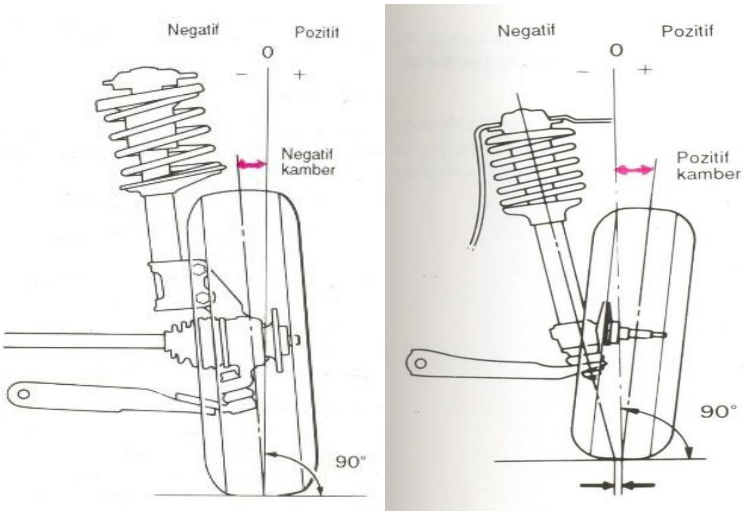
Şekil 12. Elektro Mekanik Direksiyon Sistemi (ADIYAMAN & ACAROĞLU, 2019).

3. ÖN DÜZEN GEOMETRİSİ

Ön tekerlerin süspansiyon bileşenleri ve direksiyon sistemi parçalarının birbiriyle, hareket alanı ve aracın sürüş istikametiyle oluşturduğu açı ve mesafelerdir.

3.1. Kamber Açısı

Tekerin zeminle düşey ekseni arasında kalan açıdır. Ölçüsü derece ile belirlenir. (+ -) 5º arasında değişir. Kamber açısı aracın yolda gelişebilecek darbeleri ya da tepkileri sürücüye iletilmeden absorbe etmeyi sağlar. Şekil 13'te pozitif ve negatif kamber konumları gösterilmiştir (Özdalyan, 2001).



Şekil 13. Pozitif ve Negatif Kamber Açıları(Inallu, 2014)

3.1.1. Pozitif kamber

Ağır vasıta araçlar üzerine yük bindiği zaman lastikler negatif kambere doğru yönelmektedir. Araca yük yüklemeden önce lastiklere verilecek pozitif kamber ağırlığı dengeler. Sürücünün direksiyon eforunu azaltmak için teker sapma yarıçapı küçültülür. Bu sayede ön düzlem sistemine gelecek yük engellenmektedir (ALBAK, SOLMAZ, & ÖZTÜRK).

3.1.2. Sıfır Kamber

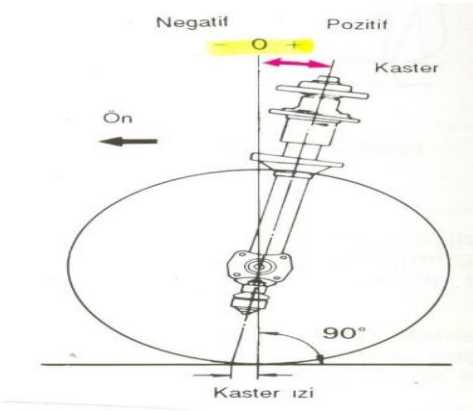
Sıfır kamber kullanma amacı lastiklerde oluşan tek yanak aşınma oranını tekerin her iki yanağına dağıtmak için kullanılır. Tekerlere pozitif kamber vermek aracın tekeri dış çapından daha küçük bir yarı çapla döner. Bu sebeple lastiğin dış tarafı iç tarafından daha çabuk aşınır. Negatif kamber verilme durumunda araç lastik iç tarafı daha fazla aşınır. Arkların daha dirençli imal edilmesi ve yol yüzeyi düz olması sebebiyle sıfır kamber uygulamak daha iyidir (ALBAK et al.).

3.1.3. Negatif Kamber

Ağır yük araçlarda ağırlık dağılımını dengelemek için genelde pozitif kamber kullanılır. Fakat günümüzde viraj dönüş direncini artırmak için hafif negatif kamber tercih edilmektedir. Tekerlerin viraj alma potansiyelini yükselterek aracın yol tutuşunu da arttırır (Yelkencioğlu, 2009).

3.2. Kaster Açısı

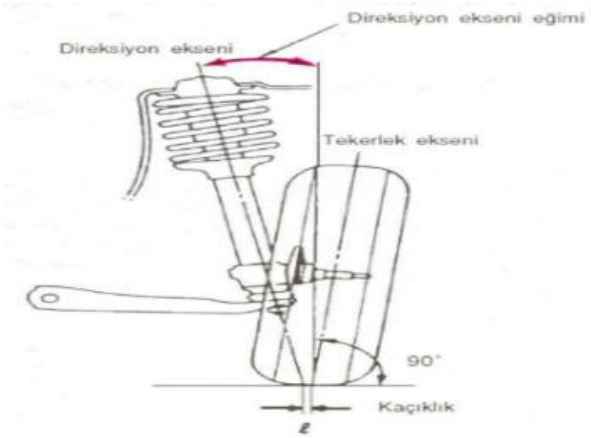
Kaster açısı araç dikey ekseni ile direksiyon ekseni arasında oluşan açıdır. Pozitif kaster, aracın düz bir şekilde hareket etmesini sağlamaktadır. Araca gelecek darbeleri absorbe etmek için verilmektedir. Viraj dönüşünden sonra aracın tekerleğinin eski konumuna gelmesini sağlamaktadır. Kaster açısı aracın kolay manevra yapmasını destekler. Kaster açısı 0-5º derece arasındadır. Pozitif ve negatif kamber açıları şekil 14’te gösterilmiştir (Özdalyan, 2001).



Şekil 14. Kaster Açısı(Inallu, 2014)

3.3. King-Pim Açısı

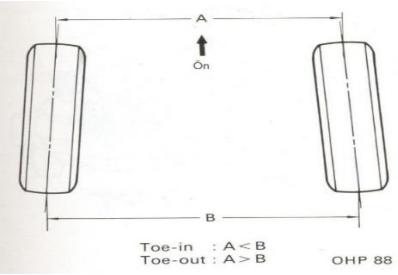
Lastiklerin sağ ve sola dönüş eksenine direksiyon ekseni denir. Hayali bir eksendir. Fren mekanizması için alan açılır. Ackerman geometrisi için direksiyon kollarına açı verilmesini sağlamaktadır. Açı aralığı 0-20º derecedir (ADIYAMAN & ACAROĞLU, 2019).



Şekil 15. King-Pim Açısı(Inallu, 2014)

3.4. Toe Açısı

Ön tekerlerin arka tekerlere göre birbirine daha yakın ya da daha uzak olması durumuna toe açısı denir. Birbirine daha yakın ise toe-in daha uzak olması teo-out olarak adlandırılır. Toe-in ve toe-out açıları şekil 16'da gösterilmiştir (Özdalyan, 2001).



Şekil 16. Toe-in Toe-out Açıları (Özdalyan, 2001)

Pozitif kamber tepkisini azaltmak için genellikle toe-in açısı verilir(Yıldızhan, 2009).

4. Hesaplamalar

4.1. Ackerman Prensibi

Virajlarda aracın bütün lastiklerinin aynı dönme merkezine ait olmaları istenir. Bu kural hiçbir zaman uygulanamaz. Yaklaşık çözümler uygun kabul edilir. Görevi lastikleri olabildiği kadar küçük yanal kayma hareketi yapmasını sağlamaktır. Ackerman prensibi iç teker dönüş açısının dış teker dönüş açısına oranla daha büyük olmasıdır. Mükemmel sonuç hiçbir zaman elde edilemez. Ackerman prensibinin sağlanması için gerekli hesaplama denklem 1'de

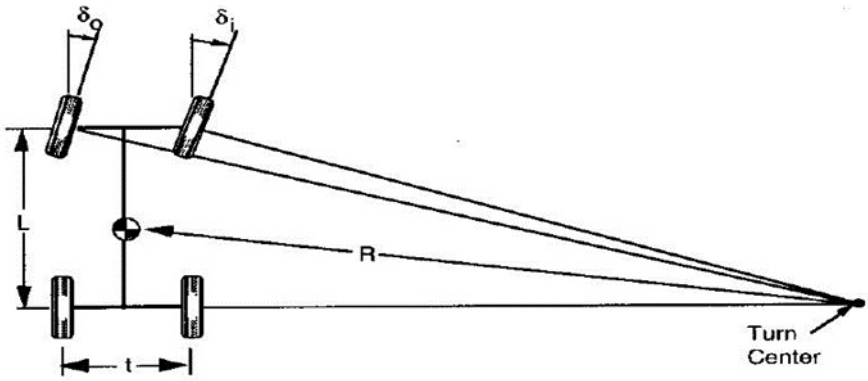
gösterilmiştir (DİFERANSİYEL et al.).

t= ön tekerlekler arası mesafe

L= iki dingil arası mesafe

δi: içteki tekerleğin dönüş açısı

δo: dıştaki tekerleği dönüş açısı



Şekil 17. Ackerman Prensibi Gösterimi (Ozan, 2012)

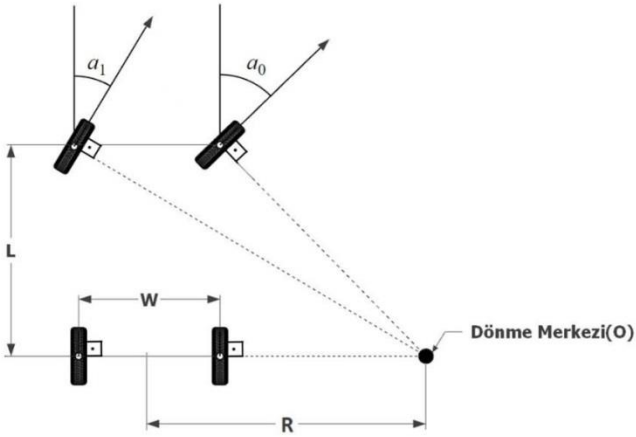
$$cos\delta i - \cos\delta o = \frac{t}{l} \quad (1)$$

4.2. Araç Dönme Yarıçapı

Yön verilen bir araç ağırlık notası ekseninde R yarıçaplı bir yörünge izler. Aracın R yarıçaplı yörünge hesabı denklem 2'de ve aracın ön dönüş açısı hesabı denklem 3'de gösterilmiştir.

$$R = \sqrt{a^2} + l^2 cot^2\delta \quad (2)$$

δ : Araç ön tekerler dönme açıları ***cot*** ortalamasıdır. Aynı anda benzer dönüş yarı çapına sahip ve aynı ön – arka teker mesafesi olan bisiklet şeklinin dönüş yarıçapıdır (Özdalyan, 2001).

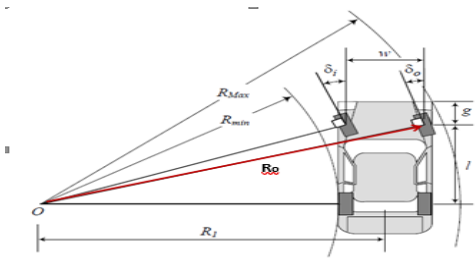


Şekil 18. Araç Dönme Yarıçapı Gösterimi (Ozan, 2012)

$$cot\delta = \frac{cot\delta o + cot\delta i}{2} \quad (3)$$

4.3. Maksimum Dönüş Hesabı

Araç dönüş yönüne göre merkez konumdan en dışta kalan tekere göre alınan yarıçap maksimum dönme yarıçapıdır (Özdalyan, 2001).



Şekil 19. Maksimum Yarıçap Hesabı(Özdalyan, 2001)

SONUÇ

Bu çalışmamızda direksiyon sisteminin ackerman prensibi gibi belirli kurallara dayanılarak sistem seçimi, gerekli olan malzeme seçimleri ve seçilen malzemelerin elektrikli araçlar ile ilgili kontrollerini sağlamak amacıyla yapılmıştır. Teknolojinin gelişmesi ile sürüş konforu, lastiklere gelebilecek darbeleri absorbe etmek ya da en aza indirmek, araç yönünü değiştirebilecek, sürücüye verilebilecek zararları azaltmak amacıyla direksiyon sisteminde değişikliklere gidilmiştir.

KAYNAKÇA

Adıyaman, A., & Acaroğlu, M. (2019). Bağımsız Süspansiyonlu Ticari Araçlarda Elektronik Kontrollü Dümenlemenin Araştırılması. Selçuk-Teknik Dergisi, 18(2), 99-115.

Albak, E. İ. S., Solmaz, E., & Öztürk, F. Değişken Kesite Sahip Burulma Kirişli Süspansiyon Sistemlerinin Kinematik Performansının İncelenmesi. Uludağ University Journal Of The Faculty Of Engineering, 25(3), 1287-1296.

Balcı, Ş. (2010). Otomobil elektrikli direksiyon sisteminin modellenmesi ve duyarlılık analizi.

Başlamışlı, Ç. S., Aghazadeh, R., Özgen, G. O., Ünlüsoy, Y. S., Samandarı, H., Kayabaşı, S., . . . Ciğeroğlu, E. (2013). Araç sürüş konforunun artırılması için pasif titreşim sönümleyicilerinin geliştirilmesi ve test edilmesi.

Boyalı, A. (2009). Hibrid elektrikli yol taşıtlarının modellenmesi ve kontrolü. Fen Bilimleri Enstitüsü.

DEVECİLİ, A. O., & UYMAZ, G. Östemperleme Isıl İşlem Sıcaklığının En GJS 600-3 Sfero Döküm Malzemede Mekanik Özelliklere Etkisi ve Hidrolik Direksiyon Kutusuna Uygulanması. Makina Tasarım ve İmalat Dergisi, 14(2), 47-53.

Diferansiyel, E., Modellenmesi, S., & Dalı, M. M. A. Yüksek Lisans Tezi.

FIRAT, E., Tokmak, V. O., & İşler, V. (2012). Araç Dinamiği Modellenmesi, Simülasyonu ve Görselleştirilmesi. Journal of Defense Sciences/Savunma Bilmleri Dergisi, 11(1).

Güven, F., & Rende, H. (2017). Elektrikli Araçların Tasarımında Malzeme Seçiminin Önemi. Engineer & the Machinery Magazine, 58(689).

Inallu, A. T. (2014). Şerit Takip Sistemi Merkezli Direksiyon Üzerinde Kuvvet Geribesleme Sistemi Tasarımı Ve Sürüş Simülatörüne Uygulanması. Fen Bilimleri Enstitüsü.

IŞILAK, C. Elektrikli Araçların Konvansiyonel Araçlara Göre Gövde, Şasi ve İç Trim Açısından Tasarım Farklılıkları.

Kalkan, M. P. Otomobil Teknolojilerinin Gelişimi Ve Patent.

Karakul, O., & Ercan, Y. Hidrolik Bir Direksiyonun Modellenmesi Ve Performansının Teorik Değerlendirilmesi.

Koçak, S. (2014). Bilyeli sonsuz vida mekanizması tasarımı ve imalatı. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

MAKARACI, M., Demir, S., & BAHÇACI, O. (2013). Direksiyon Aksonlarının Statik Hasar Analizi. Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 1(2), 21-27.

Neşeli S.,Yalçın G.n,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2019). Nano Yüzey Kalitesi Oluşturmak İçin Lepleme Makinesi Tasarımı. V Scıence Technology and Innovatıon Congress, 374-380. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5601104)

Ozan, B. (2012). Ağır Ticari Bir Taşıtta Düz Yolda Giderkenki Kontrol Edilebilirliğin İyileştirmesi İçin Kinematik Ve Esneklik Analizleri Kullanılarak Direksiyon Sistemi Optimizasyonu Yapılması. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özdalyan, B. (2001). Bilgisayar benzeşimi ile ön süspansiyon sisteminin kinematik analizi. Teknoloji, 4.

PEHLİVAN, M. K., & ÖZSOY, M. (2014). Rot Başının Bilgisayar Destekli Yapısal Çözümlemesi. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 1(1), 45-51.

Sarıkaya, A. (2007). Güç Takviyeli Direksiyon Sistemlerinin Modellenmesi Ve Kontrolü. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Şen, O., & Kahyalar, M. C. Direksiyon Millerinde, Direksiyon Üst Mili Ve Çatallı Parça Bağlantısında Kullanılan Birleştirme Yöntemlerinin Ürün Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. Uluslararası Batı Karadeniz Mühendislik Ve Fen Bilimleri Dergisi, 1(1), 1-14.

Ünal, F. (2007). Elektrikli Direksiyon Sistemleri. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yalçın G.,Neşeli S.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2019). Design and Construction of Compact CNC Router. International Conference on Engineering Technologies (ICENTE'19), 1(3), 474-478. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5642081)

Yalçın G.,Neşeli S.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2018). Fatigue Tester Design and Frame Analysis for Estimation of Fatigue Life of Helical Compression Springs. International Conference on Engineering Technologies

(ICENTE'1 8), 563-566. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4509752)

Yelkencioğlu, E. (2009). Düzlemsel beş kollu süspansiyon sisteminde kamber açısının kontrol edilmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yıldızhan, M. (2009). Araç tasarım optimizasyon uygulamaları çözümlemesi ve doğrulanması için model tabanlı yöntemler. Uludağ Üniversitesi.

BÖLÜM 5

ARACIN VİRAJ ESNASINDAKİ KARAKTERİSTLİĞİNİN İNCELENMESİ

Hasan Hüseyin DEĞER[*], Dr. Sait ARAS[**]

*Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği, hasdeger42@gmail.com, ORCID NO: 0000-0001-9890-6406
**Selçuklu Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, saitaras@gmail.com, ORCID NO: 0000-0003-2618-535X

GİRİŞ

Günümüz dünyasında dünya nüfusunun artması sonucu beraberinde birçok sorunu da birlikte getirmektedir. Bunların başında ise yakıt rezervlerinin azalmasına rağmen gelişen sanayi ve ulaşım sektörünün enerji ihtiyacının artmasıdır. Bu içten yanmalı motora sahip taşıt sayısındaki artış ise doğaya yayılan zararlı gaz miktarını da artırmaktadır. Bunun sonucunda ise farklı enerji kaynağı arayışları ve artmıştır. Fosil kaynakların dışındaki kaynaklar arasında ise yenilenebilir enerji kaynakları öne çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları olarak günümüzde güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve termal enerji kullanımı en başta gelen kaynak türleridir. Bu alanlarda çok çeşitli çalışmalar ve araştırmalar yapılmaktadır (Ağaçayak, A.C., et al., (2018), Ağaçayak, A.C., Yalçın G.&Neşeli, S., (2019), Ağaçayak, A.C.,&Terzioğlu, H.,(2018).

Bunlara ek olarak petrol kaynaklarının tükenecek olması da göz önüne alınınca elektrikli araçlara olan ilgi hızlanmıştır. Elektrikli araçların geçmişi seneler öncesine dayanmasına rağmen fazla yol alamaması sebebiyle fazla ilgi giderek artmıştır. Ancak şu dönemde yakıt ihtiyacını en aza indirmek için elektrikli araçlara ihtiyaç duyulmaktadır. Elektrikli araçlar batarya , elektrik motoru ve güç aktarım organları olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır (Kerem 2014, Tümbek 2019). Çeşitli elektrik araçlarında elektrik motorlarının sürme yöntemi ve çalışmaların yoğunlaştığı konulardandır (Neşeli, S., et. al. 2018).

Dünya karayolu taşıtlarının,yolun durumu, sürücü, araç özellikleri ve diğer etmenler gibi taşıt hızını etkileyen bazı etmenler bulunmaktadır (Bennett 1994) .

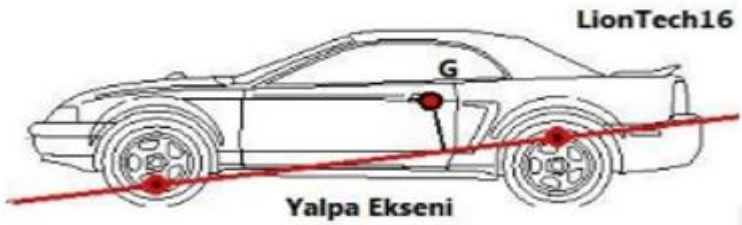
Viraj, yolun eğimi, yolun genişliği, görüş kapasitesi, pürüzlülük taşıtların hızını etkileyen yol durumlarıdır. Bunlar arasında viraj ve eğim en fazla etkisi olanlardır (Abdul-Mawjoud and Sofia 2008) .

Virajlı yol durumlarında taşıtlar dairesel bir hareket yapmaya maruz kalırlar. Bunun sonucunda virajın merkezine doğru bir merkezcil kuvvet ve tersi yönde de bir merkezkaç kuvveti oluşmaktadır. Araçların emniyetli bir şekilde seyahat edebilmeleri için aracın kütlesi ve hızı ile birlikte virajın keskinliğine göre ortaya çıkan merkezkaç kuvveti taşıtın yola tutunma kuvvetini geçmemelidir. Geçmesi durumunda araç virajın dışına savrulacaktır (Kumaş, Gencer et al. 2012) .

Taşıtlar, yol eğimi ve viraj nedeniyle çoğunlukla aynı hızlarda yol ilerleyemezler. Bu sebeple aracın hareket ettiği yolun eğimi ayrıca viraj karakteristiklerini içeren hesaplamalar yapılması gereklidir.

Virajdaki merkez kaç kuvvetinin etkisini ve bu etkiyle araçların yoldan savrulmamasında aracı yola bağlayan aktarma parçalarının da büyük bir önemi vardır. Aracın yerden yüksekliğini ve yol ile gövde arasındaki titreşim azaltımını sağlayan yayların üretim metodu, yayların zamanla yorulmalardan kaybettikleri esnekli üzerine de çalışmalar yapılmaktadır (Yalçın, G., 2018).

Bu çalışmada, yalpa ekseninin yerden uzaklığının virajı dönerken ki etkisini, viraj denge çubuğunun yapısını ve araca kattığı faydaları, viraj hız hesaplamalarını, virajı dönerken etki eden parametreleri açıklanacaktır. Yalpa ekseni, taşıtların hareket halindeyken viraja girdiği esnada ağırlığı ve etkiyen kuvvetlere maruz kalırken, etrafında dönmeye çalıştığı hayali eksendir. Şekil 1'de araçlardaki yalpa ekseni gösterilmektedir.

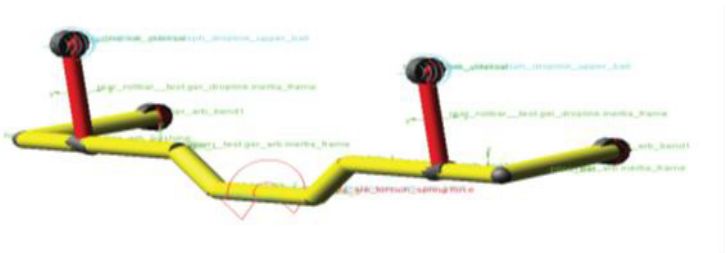


Şekil 1. Yalpa ekseni hayali eksen çizgisi

1. VİRAJ DENGE ÇUBUĞU

Araçların virajları dönmesi esnasında virajın dış tarafında kalan tekerler üzerinde yük transferi oluşmaktadır. Oluşan bu yük transferi sebebi ile aracın gövdesinde yüksek yalpa açısı ortaya çıkmaktadır. Bu etmen aracın yüksek hızlarda devrilmesine sebep olabilir. Araçların gövdesinde oluşan bu yüksek yalpa açısını daha düşük seviyelere indirgemek için ise süspansiyon sistemlerinde viraj denge çubuğu kullanılmaktadır. Şekil 2'de ön virajı almak için denge çubuğu ve şekil 3'de ise arka viraj denge çubuğu gösterilmektedir (Gögen, Emre et al. 2017).

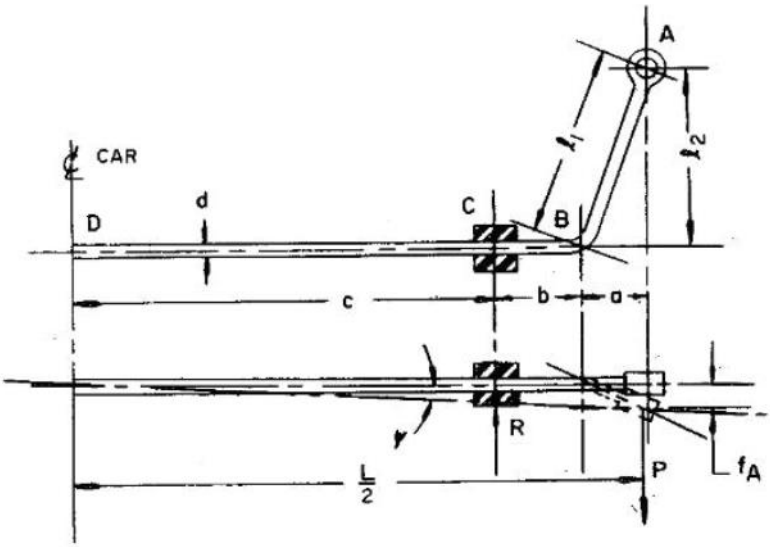
Şekil 2. Ön Viraj Denge Çubuğu Modeli(Gögen, Emre et al. 2017).



Şekil 3. Arka Viraj Denge Çubuğu Modeli(Gögen, Emre et al. 2017).

Viraj denge çubukları araçlara kauçuk malzemeli elemanlar yardımıyla yataklanmaktadır. Kauçuk elemanların sertliğine veya yumuşaklığına göre viraj denge çubuklarının araçlarda yarattığı burulmaların etkileri değişiklik göstermektedir. Ayrıca yay katsayıları azalması sebebiyle viraj denge çubuklarında düşük çaplara nazaran büyük çaplarda yüksek gerilmeler oluşmaktadır. Büyük çapa sahip bir viraj denge çubuğunun araca aktaracağı tepki kuvvetleri de fazladır. Bu gibi olaylar deformasyonlara sebep olabilir ve viraj denge çubuğunun çapı arttığı sürece bize bazı olumsuz etkileri de olmaktadır. Bu olumsuz etkiler ise ağırlık artışı, maliyet artışı, yataklamada kullanılan kauçuğun daha büyük boyutlarda olması gibi

durumlarla karşılaşılmasıdır. Şekil 4'te viraj denge çubuğu parametreleri gösterilmiştir (Gögen, Emre et a2017).



Şekil 4. Viraj denge çubuğu parametreleri (Gögen, Emre et al. 2017).

Viraj denge çubuğunun burulma katsayısı hesabı denklem 1'de gösterilmiştir. Denklem 1'de geçen değerler şekil 4'de verilmiştir (Louca, Rideout et al. 2004).

$$C_V = 3EIL^2 \;/\; 2\,[\,L_1^3 - A^3 + L/2 \times (a+b)^2 + 4L_2^2 \times (b+c)\,] \qquad (1)$$

Burada "E" young modülünü, "I" kesit atalet momentini ifade ediyor.

2. YALPA EKSENİ

Yalpa ekseni, taşıtların hareket halindeyken viraja girdiklerinde ağırlığın ve diğer etkiyen kuvvet etkisindeyken etraflarında dönmeye çalıştıkları hayali bir eksendir. Bu eksen çizgisi süspansiyonu simetrik çizilen araçların tam orta eksenlerinde bulunur.

Bu kısımda etkisi önemli olan olay taşıtın yalpa ekseninin yeri değil taşıtın ağırlık merkezinin konumu ile taşıtın yalpa ekseni arasındaki dik uzaklıktır. Bu nedenle taşıtların viraja girdikleri esnada uygulanan merkezkaç kuvveti dolayısıyla taşıtın ağırlık merkezi yalpa eksenin çevresinde dönmeye çalışacak bu da bir moment etkisi oluşturacaktır. Bu yüzden süspansiyon sistemindeki amaç yalpa eksenini imkânlar dâhilinde aracın daha yüksek hızlarda virajı alabilmesi için taşıtın olabildiğince ağırlık merkezine yaklaştırmaya çalışmaktır. Bunun içinde şu yöntemler uygulanabilir; süspansiyon sisteminin tipi değiştirilebilir, kolların uzunlukları, birbiriyle yaptığı açılar yada şasiye bağlantı noktalarının konumu değiştirilebilir (Topaç, Avcıoğlu et al.) .

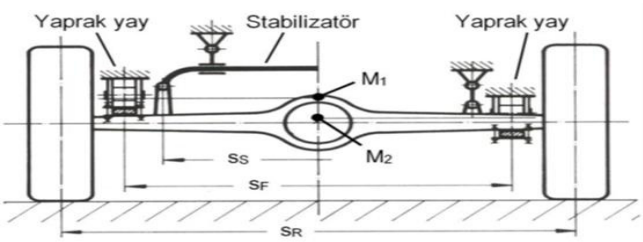
Taşıtlarda kullanılmakta olan yaylar, taşıtlarda kullanılan tekerlekler, viraj denge çubuğu, yaylar arasındaki mesafe, taşıt tekerleğinin iz genişliği ve viraj denge çubuğunun kolları arsındaki mesafe yalpa açısını etkileyen faktörlerdir.

Süspansiyon sisteminin ön ve arka aks için dönme noktası tespit edilerek tespit edilen noktaların birleştirilmiş durumu aracın yalpa eksenini tayin etmektedir. Araç bu yalpa ekseni etrafında dönmeye çalışır (Gögen, Emre et al. 2017).

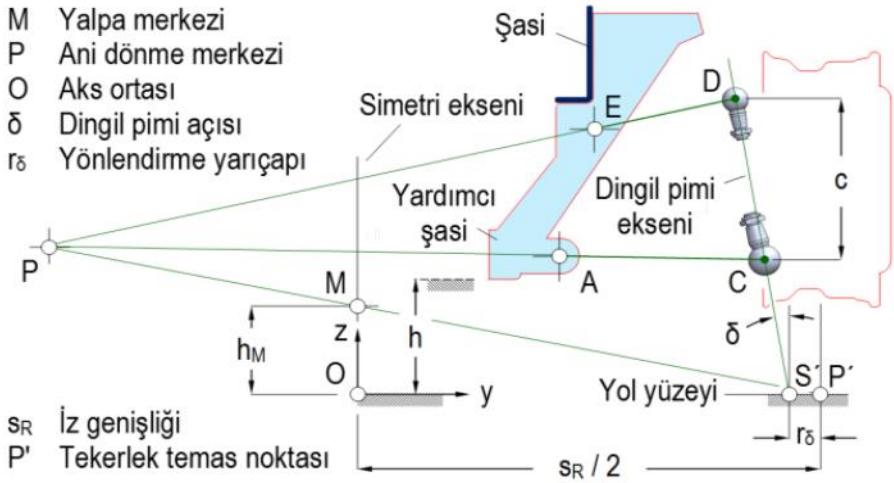
Yalpa açısı denklem 2'de gösterilmektedir.

$$\gamma = [M_ö \, x(a_y/g)x(h_ö - h_{Rö})] + [M_a \, x(a_y/g)x(h_a - h_{Ra})] \, / \, [(C_{Yö} + C_{Ya}) + Ø \, x \, (C_{Tö} + C_{Ta}) + (C_{Vö} + C_{Va})] - [(M_ö \, x \, (h_ö - h_{Rö})) + (M_a \, x \, (h_a - h_{Ra})] \quad (2)$$

Formülde geçen “M” Newton cinsinden yaylandırılan kütle, “h” ağırlık merkezi yerden yüksekliği, “hR” yalpa merkezi yerden yüksekliği, “CY” yayların burulma katsayısı, “CT” tekerleklerin burulma katsayısı, “CVe” viraj denge çubuğunun efektif burulma katsayısı, “ay” taşıtın yanal ivmesi, “g” yerçekimi ivmesi, “γ” yalpa açısı, “Ø” düzeltme faktörü olarak ifade edilmektedir. Şekil 5’de sabit akslar için taşıtların yalpa merkezi yükseklikleri gösterilmektedir. Şekil 6’ da ise bağımsız süspansiyon sistemleri için yalpa merkezi gösterilmektedir (Gögen, Emre et al. 2017).



Şekil 5 Yalpa Merkezi Yükseklikleri: **a.** Sabit Aks (von Estorff 1969).



Şekil 6. Çift Salıncaklı Bağımsız Süspansiyon (von Estorff 1969).

3. VİRAJ HIZ HESABI

Virajlar taşıtların hızları üzerlerinde çok önemli etkilere sahiptir (Abdul-Mawjoud and Sofia 2008) . Virajlı yollarda hareket eden taşıtlar üzerinde virajın merkezi doğrultusunda merkezcil kuvvet ve tersi yönde de merkezkaç kuvveti oluşur. Taşıtların konforlu ve emniyetli bir şekilde seyahat edebilmeleri için merkezkaç kuvveti taşıtın yola tutunma kuvvetini geçmemelidir.

Taşıtların seyir halindeyken virajlarda savrulmadan ilerleyebilmesi için hesaplamalar yapılması gerekmektedir. Bu hesaplama denklem 3 ve denklem 4'ten elde edilebilir (Gillespie 1992, AASHTO 2001, Kumaş, Gencer et al. 2012).

$$V_{viraj} = \sqrt{g.R.(e + \mu s)} \quad \text{(m/s)} \qquad \textbf{(3)}$$

$$V_{viraj} = \sqrt{127.R.(e + \mu s)} \quad \text{(km/h)} \qquad \textbf{(4)}$$

Burada, "e" yolun yatay eğimini, "R" viraj yarıçapını (m), "μs" yanal tutunma kuvvetini ve g yer çekimi ivmesini temsil etmektedir.

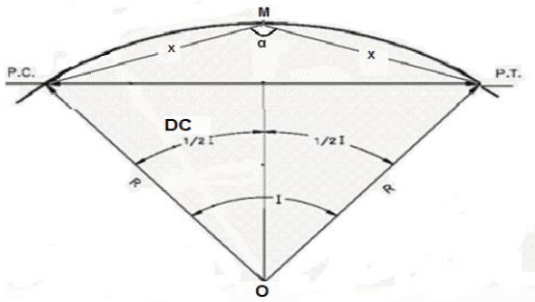
Viraj yarıçapının bulunabilmesi için hızlara göre tavsiye edilen yanal tutunma katsayıları tablo 1'de gösterilmiştir (AASHTO 2001).

Tablo 1. Yanal Tutunma Katsayıları(Kumaş, Gencer et al. 2012).

Tasarlanan Hız (km/h)	Yanal Tutunma Katsayısı (μs)
30	0,17
80	0,14
130	0,08

Viraj hesaplarını yaparken viraj çapı kullanılacağı yerde viraj açısı (DC) tarzında da denklem 5'den elde edilebilir. Şekil 7'de viraj yarıçapı gösterilmektedir.(Fitzpatrick, Elefteriadou et al. 2000).

DC = 1746,38 / R **(5)**



Şekil 7. Viraj Yarıçapı(Kumaş, Gencer et al. 2012).

KAYNAKÇA

AASHTO, A. (2001). "Policy on geometric design of highways and streets." American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC **1**(990): 158.

Abdul-Mawjoud, A. A. and G. G. Sofia (2008). "Development of models for predicting speed on horizontal curves for two-lane rural highways." Arabian Journal for Science and Engineering **33**(2): 365.

Ağaçayak, A.C., Terzioğlu, H., Neşeli, S., Yalçın G., (2018). "Small Power Wind Turbine Design," Acad. Studies in Eng., Gece Publishing, pp. 121- 130.

Ağaçayak, A.C., Yalçın G., Neşeli, S., (2019). Mühendislik Alanında Araştırma Makaleleri, "Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretimi," Gece Akademi, Basım sayısı:1, 195-218, ISBN:978-625-7958-40-0.

Ağaçayak, A.C.,&Terzioğlu, H., (2018). "Analysis of Thermoelectric Cooler Used to Produce Electrical Energy in Terms of Efficiency" Acad. Studies in Eng., Gece Publishing, pp. 111- 121. ISBN:978-605-288-611-3

Bennett, C. R. (1994). "A speed prediction model for rural two-lane highways."

Fitzpatrick, K., et al. (2000). Speed prediction for two-lane rural highways, United States. Federal Highway Administration.

Gillespie, T. D. (1992). Fundamentals of vehicle dynamics, Society of automotive engineers Warrendale, PA.

Gögen, E., et al. (2017). "Aracın Yalpa Karakteristiğinin Taşıt Dinamiğine Olan Etkisinin Analitik ve Nümerik Yöntemlerle İncelenmesi." Mühendis ve Makina **58**(689): 49-61.

Kerem, A. (2014). "Elektrikli araç teknolojisinin gelişimi ve gelecek beklentileri." Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi **5**(1): 1-13.

Kumaş, H., et al. (2012). "AĞIR ARAÇLAR İÇİN YOL EĞİMİ VE VİRAJ YARIÇAPI DİKKATE ALINARAK EN HIZLI GÜZERGÂHIN BELİRLENMESİ." Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi **27**(2).

Louca, L. S., et al. (2004). "Generating proper dynamic models for truck mobility and handling." International Journal of Heavy Vehicle Systems **11**(3-4): 209-236.

Neşeli S.,Yalçın G.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2019). Android Kontrollü Hovercraft Tasarımı. V Scıence Technology and Innovatıon Congress, 381-390. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5601133)

Topaç, M. M., Et Al. "Taktik Tekerlekli Zırhlı Taşıtta Bağımsız Süspansiyon Uygulaması."

Tümbek, M. (2019). "Elektrikli araçlar için dış rotorlu doğrudan yol vermeli senkron motor tasarımı, analizi ve sürülmesi."

von Estorff, H. (1969). ": Technische Daten Fahrzeugfedern Teil: 3 Stabilisatoren. Stahlwerke Brüninghaus GmbH."

Yalçın G.,Neşeli S.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2018). Fatigue Tester Design and Frame Analysis for Estimation of Fatigue Life of Helical Compression Springs. International Conference on Engineering Technologies (ICENTE'1 8), 563-566. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4509752)

BÖLÜM 6

ELEKTROMOBİL - HİDROMOBİL ARAÇLARDA KULLANILACAK PARÇALARIN EL YATIRMA YÖNTEMİ VE MALZEME SEÇİMİ

Ertuğ AKBAYIR*, Yusuf EROL**, H. Başak TAŞCI***, Beyzanur BAŞAR****, Öğr. Gör. Gökhan YALÇIN*****

*Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Metalurji Malzeme Mühendisliği, f171219044@ktun.edu.tr, ORCID NO: 0000-0003-3210-2696
** Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Metalurji Malzeme Mühendisliği, f171219040@ktun.edu.tr, ORCID NO: 0000-0003-3376-0949
*** Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Metalurji Malzeme Mühendisliği, f171219034@ktun.edu.tr, ORCID NO: 0000-0001-9824-6516
**** Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Metalurji Malzeme Mühendisliği, f161219041@ktun.edu.tr, ORCID NO: 0000-0002-3644-2076
*****Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, gyalcin@ktun.edu.tr, ORCID NO: 0000-0003-4491-0228

1. GİRİŞ

Ülkemizde hızla gelişen teknoloji ve artan rekabet, yüksek performanslı bazı ürünlerin tasarlanmasına sebep olmuştur. Bu nedenle yüksek mukavemetli ve hafif malzemelerin kullanımı daha aktif rol almıştır. Bu gereksinimler sonucunda; kompozit malzemenin kullanımının sürdürülebilirlik ve geliştirilmesi açısından, itici güç olmuştur. Havada, karada ve suda hareket eden araçlarda kompozit malzemelerin kullanımı hızla artmaktadır. Bu araçların hem daha hafif olmalarına hem de farklı dizayn edilmiş araçların dış etkenlere karşı daha dayanıklı olmalarını sağlamaktadır. Böylece birden fazla alanda hizmet verebilen araçların gelişimine de olanak sağlanmaktadır (Neşeli, S., et. al. 2019). Günümüzde kompozit malzemelerin kullanımının artmasıyla beraber cam elyaf takviyeli malzemelerin üretimi; gıda sektörü, korozyon dayanımlı ürünler, otomotiv, ev aletleri, denizcilik, havacılık, yapı sektörü, savunma, elektrik-elektronik ve iş ekipmanları gibi birçok endüstriyel alanda kullanımı artmıştır. (Genç 2006)

Ayrıca malzemelerin yüzey kalitesinde artırma ve geliştirilmiş malzeme üretim makinaları konusunda makinaların üzerinde yapılan araştırmalarda mevcuttur (Neşeli, S., et. al. 2019, Yalçın, G., et. al. 2019).

Malzemelerde bor, karbon, aramid ve cam gibi sentetik elyaflar ile silsal, jüt, kenaf, bambu, pamuk gibi doğal elyaflar takviye fazı olarak kullanılmaktadır.Termosetler ile termoplastikler karşılaştırıldıklarında; termosetler termoplastiklere göre daha ucuzdur ve kolay Günümüzde

en yaygın kullanılmakta olan termosetler; vinilester, epoksi ve fenoildir. Epoksi reçineler iyi aşınma direncine, mekanik özelliklere ve kimyasal özelliklere sahip olmasına karşın polyesterden daha pahalıdırlar. Bu da, polyesterlerin takviye fazı olarak kullanılmasını avantajlı hale getirmektedir. Polyesterlerin viskozitesi düşük olduğu için ıslatma yeteneği yüksek bir reçinedir ve kimyasal, çevresel, ekonomik etkilere dayanıklıdır. (Dutton, Kelly et al. 2004)

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği önderliğinde, daha üstün teknolojiler ile üretilen malzemelerin ve bununla birlikte kompozit malzemelerin kullanımının önemi artmaktadır. Bu çalışmada ise; TÜBİTAK Efficiency Challenge yarışına katılacak elektrikli ve hidromobil araçların geliştirme sürecinde; prototip araçların dış kabuğu üretiminde kullanılan başlıca malzemeler cam elyaf ve polyester reçinedir. Bu malzemelerin seçimi ve el yatırma metodu incelenmiştir.

2. CAM ELYAFI

Cam elyafın ana malzemeleri; alümina (Al_2O_3), kireç (CaO), borosilikat (B_2O_3) gibi bileşiklerdir. Yüksek mekanik özellik, neme karşı direnç ve yüksek yalıtım özelliği sayesinde en çok kullanılan takviye malzemesidir.

Cam elyaf üretiminde; farklı taşlar ve kumlar 1600 °C'de sıvı halde birleşirler. Birleşim sonucunda oluşan sıvı, kovanlardan geçerek 4 ila 25 mikron çaplarındaki cam elyaf ipliklerini meydana getirirler. Oluşan iplikler alçak veya yüksek basınç altında birleşerek; lifleri

oluştururlar. Cam elyafı kolay işlenebilirlik ve güçlü kimyasal direnç gösterir. (Mouring 1998)

3. MATERYAL VE METOT

Çalışmada kullanılmış olan cam elyaf takviyeli kompozit malzemeden üretilmiş parçalar, el yatırması yöntemiyle: Üretimde matris malzemesi olarak; el yatırması polyester reçinesi, jelkot ve takviye malzemesi olarak da E sınıfı cam elyaf malzeme kullanılmıştır.

3.1. KALIPLAR

El yatırması, püskürtme gibi kalıplama yöntemlerinde kalıpların tasarımı cam elyaf takviyeli kompozitin performansı, kullanım ömrü ve daha az yüzey işlem gereksinimi açısından önemlidir. (AŞ 2006)

Kalıplar alçı, ağaç, fiber takviyeli plastik ya da metal olabilir. Uygulama kolaylığı ve maliyet göz önüne alındığında; en uygun yöntem ağaç kalıp yöntemidir. Ağaç kalıp üretimi MDF-LAM levhaların üst üste yapıştırılması ile başlar. Üretilecek olan parçanın boyutuna göre yapıştırılan MDF-LAM kalınlıkları değişiklik gösterebilir. Yapıştırılan levha CNC tezgahında işlenir. CNC' den çıkan kalıbın yüzey pürüzleri giderilerek el yatırması yöntemine hazır hale getirilir.

3.2. Kalıp Ayırıcı

Kalıp Ayırıcılar cam elyaf takviyeli kompozit parçaların kalıptan ayrılmasını sağlayan malzemelerdir. Bu ürünler reçineye katılarak da uygulanabilir veya hem reçineye katılarak hem de kalıba sürülerek uygulanabilmektedir. (DEMİRCAN, KAYRAN et al.) Vakslar,

silikonlar ve teflon gibi kalıp ayırıcılar, kalıp yüzeyine doğrudan uygulanabilir. Düzgün yüzeyler veya basit şekilli parçalarda ince polyester film (Mylar) kullanılır. Karmaşık parçalarda ise vaks ile polivinil alkol (PVA) kullanılmaktadır. PVA suda çözünür ve %15 PVA içeren solüsyon sünger ile sürülerek uygulanır. Su buharlaştıktan sonra kalıp yüzeyi PVA ile kaplanmış olur. (AŞ 2006)

3.3. Jelkot

Jelkotlar; kompozit malzemeye iyi bir dış görünüm sağlamak ve dış etkilerden en az etkilenmesini sağlamak amacıyla kalıbın içine uygulanmak için üretilmiştir. Çizilmeye ve hava koşullarına dayanım sağlamak amacıyla jelkotlar geliştirilmiştir. Jelkot uygulanmış kompozit parçalarının denizcilik sektöründen hijyenik uygulamalara kadar uzanan geniş bir yelpazesi bulunmaktadır.

Kalıp yüzeyinde bir tabaka oluşturacak şekilde bir fırça yardımı ile jelkotun sürüldüğü kalıp üzerinde aynı yönde tek kat şeklinde sürülmesi gerekir. Jelkot her zaman aynı yönde sürülmeli, fırça birbirini tekrar eden ileri ve geri yönde el hareketleri ile kullanılmalıdır. Şekil 1'de kullanım şekli gösterilmiştir. Sonuçta ulaşılması gereken kalınlık 0.25 - 0.5 mm arasında olmalıdır. İlk kat işlemi yapıldıktan sonra ikinci kat için jelkotun jelleşmesi veya dokunulduğu zaman yapışkan olmaması gerekir.(Genç 2006)

Şekil 29. Jelkotun Kalıba Uygulanma İşlemi (Genç 2006)

3.3 Sıvı Reçine

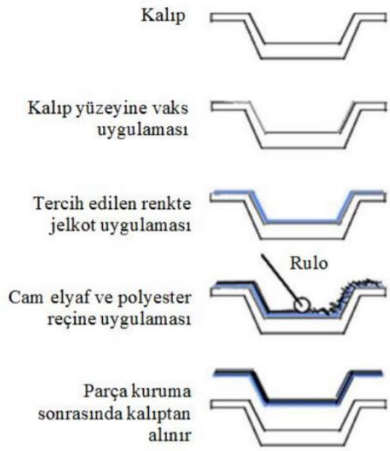
Epoksi reçineler; iyi bir kimyasal direnç ve şiddetli birleştirme gücüne sahip olan, aynı zamanda yaygın olarak kullanılan plastik malzemelerdir. Farklı reçine grupları içinde çevresel etkilere karşı dirençlerde ve mekanik açıdan daha iyi özelliklere sahiptirler. Epoksi reçine sertleşme esnasında neme ve düşük büzülmeye karşı kimyasal direnç gösterir. Epoksi reçinelerin geneli petrolden üretilen bir üründür. Normal şartlar altında fazlasıyla kararlıdır, reaksiyona tek tür sertleştirici bile girdiğinde kürlenir.(Durgun 2013)

Reçine bazlı malzemeler, üretilen ürünün kalıptan istenilen renkte çıkmasını sağlar. Böylelikle Böylelikle kalıplama işlemi ardından ürün hazırlanmış olur. Ürünün renksiz olması için; kalıba yalnızca sıvı reçine dökülür. Yani renk pigmenti katılmaz. Reçine katalizör kullanılarak aktif hale getirildikten sonra, kısa bir süre içerisinde, kalıba dökülmesi gerekmektedir. Aksi takdirde, ürün donar ve üründe çatlaklar meydana gelir. (Warring 1983, Genç 2006)

3.4. El Yatırma Metodu

Kalıplama yöntemleri arasında el yatırma yöntemi Şekil 2' de gösterilmiştir. Prototip olarak üretilecek araçlar için en yaygın olarak kullanılan ve fazlasıyla avantaj sağlayan bir metottur. Başlangıçta hazırlanan kalıpların yüzeyleri zımparalanır, pürüzsüz hale getirilir ve kalıp ayırıcıyla kaplanır. Kalıp ayırıcının çok fazla kullanılması, ürünün yüzeyinde bozulmalar meydana getirmektedir (Yöney 2007).

Jelkot üzerine fırça ile reçine sürülür ve kumaş şeklindeki cam elyaf yerleştirilir. Fırça darbesi ile reçine emdirilmeden diğer işlemlere geçilmemelidir. Bu işlemde rulolanarak, hava kabarcıklarının ve fırça darbelerinin giderilmesi sağlanır. Sertleşmeden kalıptan ayrılan malzemelerde çatlamalar oluşacağından kalıptan ayırılmadan önce (1-2 saat içerisinde sertleşme gerçekleşir.) beklenmelidir. Bu sürenin azalması istenirse oda sıcaklığı yükseltilip sistemin uçuculuğu arttırılabilir. Ürün kalıptan çıkarıldıktan sonra, çapakların giderilmesi için zımparalama işlemi yapılır ve ardından isteğe göre boya işlemine tabii tutulabilir. El yatırma yönteminde kullanılan malzemeler tablo 1'de gösterilmiştir.(AŞ 2006)



Şekil 30. El Yatırma Metodu (Durgun 2014)

Tablo 1. Metotta kullanılan Malzemeler ve Miktarları

Kullanılan Malzemeler	Kullanılan Miktar
Polyester	53,45%
Jelkot	15,00%
Serteştirici	0,50%
Hızlandırıcı	0,40%
Kobalt	0,15%
Elyaf	30,50%

3.4.1. El Yatırma Yönteminin Avantajları

- Düşük kalıp ve üretim maliyeti.
- Uygulama kolaylığı.
- Bulunduğu yerde kalıplanabilme imkânı.
- Çeşitli renklerde dekoratif yüzey elde edilebilmesi.
- Montaj kolaylığı.
- Üretilen parçalarda boyut kısıtlamasının olmaması.

- İstenilen renklerde yüzey elde edebilme. (KORKUT, OZKAN et al.)

3.4.2. El Yatırma Yönteminin Dezavantajları

- Çevre kirliliği.
- Üretimde kalite problemi.
- Üretilen parçanın tek taraftaki yüzünün düzgün olması.
- Yapan kişinin bu işteki el becerisi.
- İnsan gücünün yoğun olması.

4. Malzeme Seçimi

Araç ağırlığının %72-75'ini metaller oluşturur ve geriye kalan oranda ise plastik, çeşitli kompozit malzemeler ve seramikler oluşturmaktadır. Bazı performans araçlarında ise karbon fiber gibi çeşitli hafif ve dayanımı yüksek malzemeler kullanılmaktadır. Otomotiv endüstrisinin bazı malzemelerden beklentileri tablo 2'de belirtilmiştir. (Can 2018)

Seçilen malzemenin fonksiyonunu yerine getirmesi, zorlama şekline yatkınlığı, şekillendirilmesi, montajının üretime uygun olması, maliyetinin düşük olması ve çevresel etkilerinin normal şartlara uyması gerekmektedir. Malzeme seçiminde dört önemli faktör vardır:

- Malzemelerin belirlenmesi,
- Malzemelerin incelenmesi,
- Malzemelerin sıralanması,
- Malzemelerin araştırılması. (Güven and Rende 2017)

Tablo 2. Endüstrinin Malzemeden beklentileri (Güven and Rende 2017)

İhtiyaç	Eylem	Malzemenin Önemi
Kaynakların korunması Çevrenin korunması	Tüketimin azaltılması Araç ağırlığının azaltılması	Hafif metallerin kullanımı Etkinlik/Ağırlık oranı Düşük sürtünmeli malzeme çifti
	Kirletici gazların azaltılması • Kullanımda • Üretimde	Toksik olmayan malzeme kullanımı Düşük emisyonlu işlem
	Geri dönüşüm	Geri dönüştürülebilir malzeme Yeniden kullanılabilir plastik malzeme uygulamaları Yenilenebilir organik malzeme kullanımı
Düşük Fiyat	Geliştirme ve üretimde maliyetin düşürülmesi	Düşük fiyatlı malzeme kullanımı Düşük maliyetli üretim süreci

4.1.1. Metaller

Çelikler; malzeme seçiminde daha büyük bir kullanıma sahiptirler. Bunun nedeni ise; kaynaklanmaları ve yüksek dayanıma sahip olmaları, malzeme seçiminde önemli avantajlarındandır. Çeliklerin yanı sıra alüminyum ve magnezyum da iyi mekanik özelliklere sahiptirler. Hafif metallerden olmalarının yanı sıra darbe etkilerini de azaltabilmektedirler. (Akbulut, Karadayı et al. , Güven and Rende 2017)

4.1.2. Alüminyum

Alüminyumun araç gövdelerinde kullanımı 1899'lu yıllara dayanmaktadır. İlk yıllarda döküm alüminyum parçaların kullanılmasıyla başlayan serüven; araçlarda yanlar, kapı ve gövdelerin

üretimiyle devam etmektedir. Çağımızda enerji tüketimi ve hava kirliliğini azaltan, yakıtı verimli araç üretimi başlıca hedef olmuştur. Karbon ayak izi kuralına göre, %11 ağırlık azaltmanın yakıt ekonomisinde %5.4 iyileştirici etkisi gözlemlenmiştir. Ağırlık azaltmanın etkisi kademeli olarak aynı zamanda yakıt ekonomisi sağlar. Alüminyumla birlikte güvenlik ve araç ömrü de uzamış olur. Zamanla çeliğin yerine geçmesi araçta hafiflik ve korozyon direnci de demektir.(Yılmaz 2016)

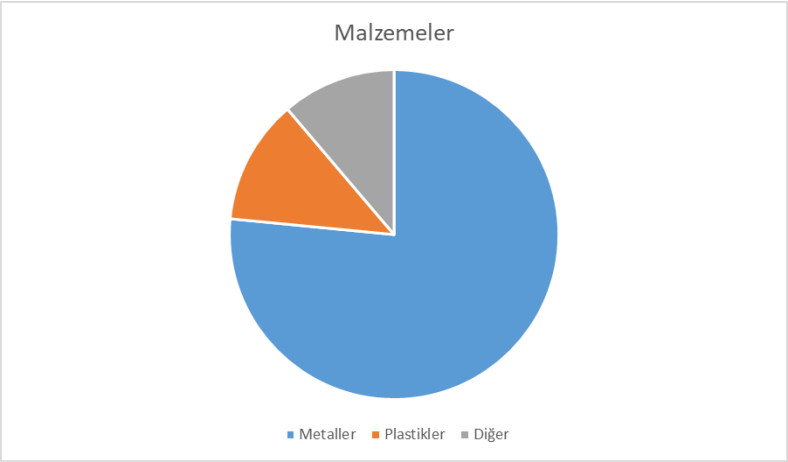
Alüminyum yoğun olarak motor blokları, tekerlekler, yürüyen aksam, aktarma organlarında karşımıza çıkar. Bunlar döküm, ekstrüzyon ve dövme işlemeli parçalardır. (Miller, Zhuang et al. 2000)
Genellikle, alüminyum ve çelik rekabet halindedir. Alüminyum parçalar küçük araçlarda döküm, ekstrüzyon, basma olarak üretilir ve montajlanır. Montaj ve birleştirme kısımlarında nokta kaynak, metal inert gaz kaynak, lazer kaynak, perçinleme ve yapıştırma tercih edilir. Alüminyumun çeliğe karşı dezavantajlı olduğu noktalarda karşımıza ilk engel olarak maliyet çıkar. Alüminyum çelikten yaklaşık olarak üç kat daha pahalı olması ve beraberinde paneller için ilave şekillendirme gereksinimi külfetlidir. (Özcömert 2006)

4.1.3. Plastikler

Malzeme seçiminde otomobil parçasını üretmek için hafif malzemeleri seçmek, kütle tasarrufu açısından oldukça önemli faktörlerdendir. Gerek elektromobillerde gerekse hidromobillerde tercih edilen malzemelerin hafif olması yakılan enerji miktarını

azaltmaktadır. Tablo 3'de genel olarak malzeme seçiminde yüzdelik dilimler gösterilmiştir. (Güven and Rende 2017)

Tablo 3. Elektrikli Araçlarda kullanılan malzemeler



4.2. Malzeme Seçiminin Çevreye Olan Etkileri

Elektrikli araçlar, "çevreci araçlar" olarak adlandırılırlar. Bu da malzeme seçiminde malzemelerin ve üretim sürecinin önemini arttırmaktadır. Bu yüzden seçilen malzemenin geri dönüşümü oldukça önemli bir faktördür. (Güven and Rende 2017)

4.3. Maliyet

Elektrikli arabalarda kullanılacak olan parçaların ve malzemelerin üretim maliyetleri yüksektir. Ancak hafif ve daha çevreci olmalarını göz önüne aldığımız zaman, daha ekonomiktir. Kullanılan malzemelerden olan alüminyum ve magnezyumu maliyet açısından kıyasladığımız zaman diğer metallere ve dökme demirlere göre daha maliyetlidir. Ancak parçaların bu malzemelerle üretildiklerinde geri

dönüşümlerini göz önüne aldığımız zaman daha az maliyete sebep olabilmektedir. Tablo 4'te üretimde kullanılacak malzemelerin fiyat bilgisi verilmiştir. (Güven and Rende 2017)

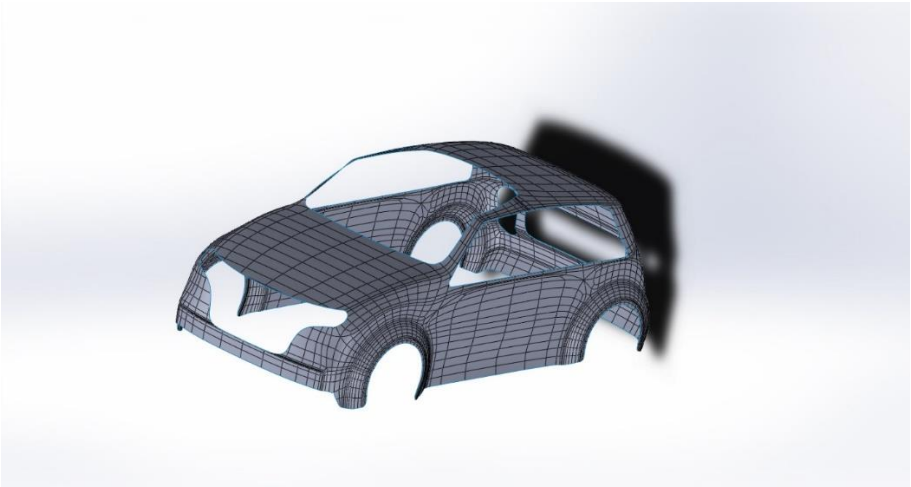
Tablo 4. Malzemelerin Fiyat Listesi

Malzeme	Birim	Fiyat
Alüminyum 6061 Serisi (şasi için)	Kg Fiyatı	29,50TL+KDV
Cam Fiber Kumaş	200 gr/m2	57,85TL+KDV
Epoksi Seti	1,5 Kg (1Kg Epoksi + 0,5 Kg Sertleştirici)	1012TL+KDV
Kalıp Ayırıcı	0,75 Kg	212TL+KDV
Jelkot	4 Kg	100,5+KDV
Ham MDF	210 x 280 x 18	264TL+KDV
*Fiyat bilgisi 12.12.2020 tarihi için geçerlidir.		

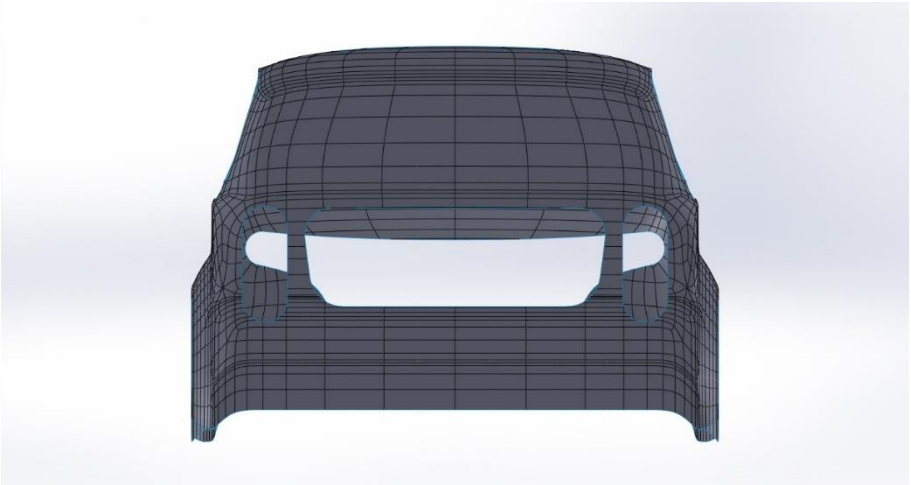
5. SONUÇLAR

Üretilen malzemenin ergonomik ve ekonomik olduğunu kullanım alanlarında sağladığı kolaylık ve sürdürülebilirlik oranlarından çıkarılmaktadır. El yatırma yöntemi elektrikli araç üretiminde tercih edilmesi için oldukça ergonomiktir. El yatırma yöntemi ile üretilecek kabuğun Solidworks programı üzerinden yapılan çizimleri Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilmektedir. Kompozit yapılı malzemelerin içyapıları kovalent bağ ile bağ kurdukları için yüksek dayanımlara erişebilirler. Dayanımdaki kasıt; mukavemet/ağırlık oranıdır. Klasik malzemelerdeki oran kompozit malzemelere göre düşüktür. İçyapının özelliklerinden ötürü kompozit malzemelerde yüksek mukavemet, yüksek elastite modüllerine, sürünme özellikleri, bunun gibi yapısal özelliklere sahiptirler. Bu parametreler hem kompozit malzeme

kullanımının hem de bu malzemenin üretim şeklinin el yatırma yöntemi olmasının ne kadar uygun ve doğru olduğunu kanıtlar niteliktedir.



Şekil 31. Kabuğun Solidworks Üzerinde Çizimi



Şekil 32. Kabuğun Arkadan Görünümü

6. KAYNAKÇA

Akbulut, H., et al. "Cam Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Düşük Hızlı Darbe Davranışlarının Nümerik Analizi."

AŞ, C. E. S. (2006). "CTP teknolojisi." Cam Elyaf Sanayii AŞ, İstanbul.

Can, M. F. (2018). "BaTiO3\Epoksi Kompozit Malzemelerin Kapasitör Uygulamaları İçin Üretimi Ve Karakterizasyonu." Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi **18**(3): 1083-1088.

DEMİRCAN, A., et al. "KOMPOZİT YAPILI MİNİ İHA'LAR İÇİN KALIP ÜRETİM TEKNİKLERİ VE AERODİNAMİK YÜZEYLERİN ÜRETİMİ."

Durgun, İ. (2013). "Vakum İnfüzyon Yöntemi Ile Karbon Fiber Motor Kaput Üretimi." II. Ulusal Ege Kompozit Malzemeler Sempozyumu.

Durgun, İ. (2014). "El Yatırma Yöntemi İle Kompozit Parça Üretimi, 7." Mühendislik ve Teknoloji Sempozyumu, Ankara.

Dutton, S., et al. (2004). Composite materials for aircraft structures, American Institute of Aeronautics and Astronautics.

Genç, Ç. (2006). Cam elyaf takviyeli plastiklerin üretim yöntemlerinin deneysel karşılaştırılması, Kocaeli Universitesi, Fen Bilimleri Enstitusu.

Güven, F. and H. Rende (2017). "Elektrikli Araçların Tasarımında Malzeme Seçiminin Önemi." Engineer & the Machinery Magazine **58**(689).

KORKUT, T. B., et al. "ELEKTRİKLİ OTOMOBİLDE KOMPOZİT LEVHA KULLANIMI."

Miller, W., et al. (2000). "Recent development in aluminium alloys for the automotive industry." Materials Science and Engineering: A **280**(1): 37-49.

Mouring, S. E. (1998). "Composites for naval surface ships." Marine Technology Society. Marine Technology Society Journal **32**(2): 41.

Neşeli S.,Yalçın G.n,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2019). Nano Yüzey Kalitesi Oluşturmak İçin Lepleme Makinesi Tasarımı. V Scıence Technology and Innovatıon Congress, 374-380. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5601104)

Neşeli S.,Yalçın G.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C., (2019). Android Kontrollü Hovercraft Tasarımı. V Scıence Technology and Innovatıon Congress, 381-390. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5601133)

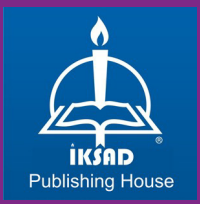
Özcömert, M. (2006). "Otomotiv endüstrisinde alüminyum." İstanbul Ticaret Odası: 3-7.

Yalçın G.,Neşeli S.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2019). Design and Construction of Compact CNC Router. International Conference on Engineering Technologies (ICENTE'19), 1(3), 474-478. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5642081)

Yılmaz, F. (2016). "Elektrikli Araçlar ve Alüminyum."

Yöney, H. (2007). "El yatırma yöntemi ile elyaf takviyeli kompozit yapıların üretilmesi ve özellikleri."

Warring, R. H. (1983). The glassfibre handbook.



ISBN: 978-625-7687-47-8