



**TAMBURLU FREN TEST CİHAZI
TAMBUR AŞINTI
MİKTARININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Halil PARLAK

Danışman

Prof. Dr. İbrahim MUTLU

OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2022

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TAMBURLU FREN TEST CİHAZI
TAMBUR AŞINTI
MİKTARININ BELİRLENMESİ

Halil PARLAK

Danışman
Prof. Dr. İbrahim MUTLU

OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2022

TEZ ONAY SAYFASI

Halil PARLAK tarafından hazırlanan “Tamburlu Fren Test Cihazı Tambur Aşını Miktarının Belirlenmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 06 / 07 / 2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. İbrahim MUTLU

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Bekir GÜNEY
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu

Üye : Dr. Öğr. Üyesi İbrahim YAVUZ
Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Fakültesi

Üye : Prof. Dr. İbrahim MUTLU
Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... /..... /..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

06 / 07 / 2022

Halil PARLAK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TAMBURLU FREN TEST CİHAZI TAMBUR AŞINTI MİKTARININ BELİRLENMESİ

Halil PARLAK

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İbrahim MUTLU

Fren sistemi aracın güvenli bir biçimde yavaşlamasını veya durmasını sağlayan aktif güvenlik sistemlerinden biridir. Ülkemizde karayollarında kullanılan motorlu ve motorsuz taşıtların fren sistemlerinin kontrolleri Araç Muayene İstasyonlarında ve servis istasyonlarında yapılmaktadır. Fren sistemlerinin kontrollerinde en önemli kontrol, aracı güvenli bir şekilde durdurabilecek fren veriminin hesaplanmasıdır. Fren veriminin hesaplanması: Laboratuvarlarda, servis istasyonlarında veya üretim bantlarında kullanılan test cihazlarından birisi olan tamburlu tip fren test cihazı ile ölçümlenmektedir. Bu çalışmada farklı kullanım adetlerine sahip fren test cihazlarından aynı araç ile fren kuvvet testleri gerçekleştirilmiştir. Cihazlardan alınan fren kuvvetleri kendi içlerinde değerlendirilerek fren kuvvet oluşumunda tambur üzerindeki dış kalınlıklarının etkisi araştırılmıştır. Fren veriminin hesaplanmasında kullanılan fren kuvvetinin ölçülmesini etkileyen, tambur üzerindeki dış kalınlıklarının kullanım adedine bağlı olarak değerlendirmesi yapılmıştır.

2022, ix + 41 sayfa

Anahtar Kelimeler: Tambur, Aşıntı, Fren testi, Fren kuvveti.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DRUM BRAKE TESTER DETERMINATION OF DRUM WEAR AMOUNT

Halil PARLAK

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Automotive Engineering

Supervisor: Prof. Ibrahim MUTLU

The brake system is one of the active safety systems that allow the vehicle to slow down or stop safely. Brake systems of motorized and non-motorized vehicles used on highways in our country are checked at Vehicle Inspection Stations and service stations. The most important control in the controls of the brake systems is the calculation of the braking efficiency that can safely stop the vehicle. Calculation of brake efficiency: It is measured with a drum type brake tester, which is one of the test devices used in laboratories, service stations or production lines. In this study, brake force tests were carried out with the same vehicle from brake test devices with different usage numbers. The effect of tooth thickness on the drum on the brake force formation was investigated by evaluating the brake forces taken from the devices. The tooth thickness on the drum, which affects the measurement of the brake force used in the calculation of brake efficiency, has been evaluated depending on the number of uses.

2022, ix + 41 pages

Keywords: Drum, Wear, Brake test, Brake force.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca her koşulda sonsuz ilgilerini, desteğini ve emeğini bizlerden hiç esirgemeyen Sayın Prof. Dr. İbrahim MUTLU hocama teşekkür ederim.

Tez çalışmalarımın başından sonuna kadar benimle tüm bilgi birikimini paylaşan ve desteğini esirgemeyen Sayın Emirhan YELEKİN hocama teşekkür ederim.

Tezimin her evresinde bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan saygı değer arkadaşım Yüksek Mühendis Yusuf KARAMAN' a ve değerli arkadaşım Yüksek Mühendis Mehmet TOKLUCU' ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tüm eğitim öğretim ve çalışma hayatım boyunca maddi manevi desteklerini benden hiç esirgemeyen, her koşulda yanımda bulunan sevgili Eşime, çocuklarıma ve kıymetli aileme saygılarımı sunar sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim.

Halil PARLAK
Afyonkarahisar 2022

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİN	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	6
2.1 Tamburlu Fren Test Cihazları.....	6
2.2 Literatür Çalışmaları	7
2.3 Taşıt Sınıfları	14
2.4 Araçlarda Fren Sistemleri	15
2.4.1 Mekanik Fren Sistemleri	15
2.4.2 Hidrolik Fren Sistemleri.....	16
2.4.3 Havalı Fren Sistemleri.....	16
2.4.4 Elektrikli Fren Sistemleri	17
3. MATERYAL METOT	18
3.1 İş Akış Şeması	18
3.2 Çalışma Düzenneği	19
3.2.1 Fren Test Cihazlarının Belirlenmesi	19
3.2.2 Fren Test Aracının Belirlenmesi	20
3.2.3 Fren Testlerinin Gerçekleştirilmesi.....	21
3.2.4 Fren Testlerinin Sonuçları.....	23
3.2.4.1 El Freni Boşta Ön Aks Fren Test Sonuçları	24
3.2.4.2 El Freni Çekili Ön Aks Fren Test Sonuçları	25
4. BULGULAR	28
4.1 Fren Verimlerinin Değerlendirilmesi.....	28
4.2 Fren Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi	31
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	35
6. KAYNAKLAR.....	37
ÖZGEÇMİŞ.....	41

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

°C	Santigrat derece
%	Yüzde
daN	Dekanewton
η	Frenleme verimi
kg	Kilogram
$\geq$	Büyük eşittir

Kısaltmalar

vb	Ve benzeri
SAE	Otomotiv Mühendisler Birliği(Society of Automotive Engineers)
ANSYS	Swanson analiz sistemleri(Swanson analysis systems)
FFT	Fast fourier transform (Hızlı fouier dönüşümü)
ALB	Yük algılama valfi
İSG	İş sağlığı ve güvenliği
$F_{Sol(Ort)}$	Sol aks fren kuvvetleri ortalaması
$F_{Sağ(Ort)}$	Sağ aks fren kuvvetleri ortalaması
N	Aks ağırlığı
$Sapma(\%)$	Aracın ön aks sağ ve sol fren kuvvetlerindeki sapma miktarı
$F_{Max(Ort)}$	Aracın ön aksındaki sağ veya sol fren kuvvetleri ortalaması büyük olan
$F_{Min(Ort)}$	Aracın ön aksındaki sağ veya sol fren kuvvetleri ortalaması küçük olan

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.2 Disk frenler (İnt.Kyn.2).....	15
Şekil 2.3 Pascal kanunu (İnt.Kyn.2).....	16
Şekil 2.4 Havalı fren sistemi (İnt.Kyn.2).	16
Şekil 3.1 İş akış şeması	18
Şekil 4.1 Fren test cihazları kullanım adetleri arttıkça el freni çekili ve el freni boşta konumları arasındaki fren verim fark değerleri arasındaki ilişki	31
Şekil 4.2 Fren test cihazları kullanım adetleri arttıkça el freni çekili ve el freni boşta konumları arasındaki fren sapma değerleri arasındaki ilişki.....	34



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Fren test cihazı bilgileri.....	20
Çizelge 3.2 El freni boşta ön aks fren test sonuçları	25
Çizelge 3.3 El freni çekili ön aks fren test sonuçları.....	27
Çizelge 4.1 Fren verim farkları	30
Çizelge 4.2 Ortalama fren kuvvetleri sapma değerleri.....	33
Çizelge 5.1 Fren kuvvet sapmaları	35
Çizelge 5.2 Fren verim farkları	36



RESİMLER DİZİN

	Sayfa
Resim 2.1 Fren test cihazı.....	7
Resim 3.1 Fren test cihazı tamburu.....	19
Resim 3.2 Testlerde kullanılan test aracı	21
Resim 3.3 Fren test aracı ile fren testini gerçekleştirilmesi soldan görünüm	22
Resim 3.4 Fren test aracı ile fren testini gerçekleştirilmesi sağdan görünüm	22



1. GİRİŞ

Fren sistemleri günümüzde araçlarda aktif olarak kullanılan güvenlik sistemlerindendir. Taşıtların güvenli şekilde yavaşlamasına olanak sağlayan veya mevcut konumunda durmasını sağlayan sistemlerdir. Aracın çalışmaması, arıza yapması vb durumların sonucunda maddi hasar oluşurken; Hareket halindeki aracın durdurulamaması durumunda maddi hasarların yanında can kaybı ile sonuçlanması kaçınılmazdır.

Günümüzde fren sistemleri, güç iletim sistemlerine ve işlevselliklerine göre sınıflandırılır. Günümüz otomobillerinde disk fren sistemleri yaygınlaşmış olup kampana fren sistemlerinin yerini almıştır. Genellikle ön akslarda disk fren sistemi arka akslarda kampana fren sistemi tercih edilmektedir (Yavuzaslan 2006).

Taşıtlardaki fren sistemleri, hareket halindeki aracın hızını kademeli olarak azaltmak, ihtiyaç durumunda tamamen durdurmak veya hareketsiz bir aracın sabit bir şekilde durmasını sağlamak olarak sıralanabilir. Fren sistemleri; fren kumanda sistemi, Aktarma düzenekleri ve tekerlek fren sistemlerinden meydana gelir (Avunç 2007).

Taşıtlarda aktif ve pasif olmak üzere, kaza öncesi ve oluşabilecek kaza sonrası araçta bulunanların can ve mal güvenliğini sağlayan güvenlik sistemleri vardır. Aktif güvenlik sistemleri kazayı önlemeye yönelik, pasif güvenlik sistemleri kaza sırasında araçta bulunanların can güvenliğini korumak için yapılan sistemlerdir. Kaza oluşmadan önce fren sistemi sürücünün ilk müdahale ettiği aktif güvenlik sistemidir. Bu sebeple, fren sistemi performanslarının en uygun araçla ve en doğru biçimde ölçülmelidir. Testlerde fren gücü, fren kuvvetleri ve fren momentleri vb parametreler kullanılmaktadır (Köylü ve Tural 2016).

Taşıtlarda fren sistemleri üzerinde oluşturulan frenleme kuvvetleri, taşıtın tekerlekleri tarafından oluşturulan frenleme torkunun fonksiyonlarıdır. Fren kuvvet dağılımı, frenleme dengesi η , arka fren kuvvetinin, toplam fren kuvvetine oranıdır (Eken 2011).

Günümüzde otomotiv sektörü hızla gelişmekte ve kendisi ile beraber otomotiv yan

sanayisinin gelişmesine olanak sağlamıştır. Bununla birlikte son yıllarda sekiz milyona yakın insanın hayat kaybına sebep olan trafik kazaları dünyadaki önemli sorunlar arasındadır. Can ve mal kaybına sebep olan trafik kazaları insanlığı yeni arayışlara yöneltmiştir. Otomotiv fren sistemlerindeki iyileştirmeler ile can ve mal kaybına sebep olan trafik kazalarının en aza indirilmesi amaçlanmaktadır (Kapkın 1996).

Hareket halindeki taşıtın hızını azaltmak için frenleme yapıldığında, eylemsizlik prensibi gereği araç ileri yönde hareket etmek ister ve lastiklerle yol yüzeyi arasında ileri yönde kuvvet oluşur. Bu kuvvet fren şiddeti ile beraber doğru orantılı olarak büyür. Çok sert ani frenlemede yol lastik sürtünme katsayısını aşmaktadır. Bu durumda lastiklerin bloke olması ve yola tutunamaması sebebiyle lastikler kaymaya başlamaktadır (Çataltepe 2008).

Hareket halindeki taşıtların, hızları sebebiyle kinetik enerjileri, konumları sebebiyle potansiyel enerjileri vardır. Taşıtlarda frenleme esnasındaki kinetik enerji, ısı enerjisine dönüşür. Taşıtlarda frenleme süresince, kararlılığın korunması, frenleme kuvvet değişimi, tekerlek yol etkileşimleri, durma mesafesi gibi faktörler fren sistemlerinde dikkat edilmesi gereken hususlar arasındadır (Bacak 2006).

İstenilen frenleme ivmesine ulaşabilmesi farklı parametrelere bağlıdır. Bu parametreler, ideal frenleme kuvvetine, yol tekerlek arası sürtünme katsayısına ve frenleme performansına bağlıdır. En yüksek istenilen frenleme ivmesine tüm tekerleklerin tutunma noktasına kadar frenleme yapılmasıyla ulaşılır. Tekerleğe aktarılan en yüksek tutunma kuvvetinin, frenleme esnasında tekerleğe etki yapan yerçekimi kuvvetine oranı, frenleme oranının en yüksek değeridir (Vatansever 2019).

Taşıtlarda fren kuvvetine bağlı olarak tekerleklerde oluşan moment etkisiyle tekerleklerde blokaj (kilitleme) oluşur. Taşıtlarda frenleme esnasında önce ön tekerlerin sonra arka tekerleklerin kilitlenmesi istenir. Frenleme kuvveti uygulandığında arka tekerleklerin kilitlenmesi ön tekerlerden önce oluşması durumunda arka tekerlerdeki kayma sebebiyle lastikler yola tutunamayacak ve taşıtta savrulma oluşacaktır. Taşıtlarda önce ön tekerleklerin bloke olması istenmektedir (Arıkan 1999).

Fren, seyir durumunda olan taşıtı en kısa mesafede, en kısa sürede hızını yavaşlatma veya en kısa zamanda aracı durdurma işlemidir. Frenleme kuvveti, seyir halindeki taşıtın hızını kesip yavaşlatmak, istenildiği zaman durdurmak için tatbik edilen kontrollü kuvvettir (Timur 2014).

Günümüzde çağımızın vazgeçilmez unsuru olan teknoloji, mühendislik teknolojisinin ilerlemesiyle etkileyici bir gelişim göstermiştir. Teknolojik gelişmeler sebebiyle taşıt ve motor teknolojisinin ileri boyutlara geçmesiyle taşıtlarda kullanılan fren sistemlerinin geliştirilmesi ihtiyacı doğmuştur. Sanayi devriminde ulaşım aracı olarak buhar motorunun icadından önce en önemli ulaşım aracı hayvanlardı (Genç 2019).

Frenleme mesafesi frenlemede en önemli kavramlar arasındadır. Taşıtların frenleme anında durma mesafelerinin taşıtların frenleme anındaki hızına ve mevcut ağırlığına bağlı olduğu dikkate alınmalıdır. Frenleme mesafesi bunlara ilaveten aracın yüküne, yolun eğimine (yokuş aşağı - yokuş yukarı), tekerleklerdeki sürtünmeye vb koşullara bağlı olduğu unutulmamalıdır (Öncel 2020).

Taşıtlarda ilk fren denemelerinde ulaşılmak istenen sonuç bugünkünden çok farklıydı. Sadece frenlemenin gerçekleşmesi amaca ulaşılması için yeterliydi. Bugün ise, çalışmaların amacında sonuca ulaşabilmenin ötesinde izlenen yol, maliyet, süre kısacası sonuca ulaşmadaki verimlilik önem kazanmıştır. Artık tasarımı modellemenin ötesinde tasarımı sorgulayabilmek, daha az maliyetlerle deneysel sonuçları elde edebilmek, yapılan çalışmalar sonucunda müşteri memnuniyetini ve firmaların rekabet gücüne katkı sağlamaktadır (Pektaş 2006).

Fren Sistemler, seyir halinde olan taşıtların güvenli şekilde hareketlerine devam etmesi, idare edilmesi ve gerektiğinde durdurulması için taşıtlardaki güvenlik sistemidir. Araçlarda sürtünme etkisiyle, sürtünme enerjisinin ısı enerjisine dönüşmesi sonucu frenleme oluşur. Araç üreticileri ilk başlarda fren sistemini sadece tahrikli tekerleklerde kullanmışlardır. İlk araçların motor güçleri ve buna bağlı hızlarının düşük olması sebebiyle frenlemeleri yeterliydi. Teknolojinin hızla gelişmesi araçların motor devirlerinin ve buna bağlı güçlerinin artması araçları hızlandırmıştır. Bununla beraber mevcut fren sistemleri araçlar için yetersiz kalmıştır (Çolak 2019).

Taşıtlarda kullanılan fren sistemlerinin amacı, hareket halindeki taşıtı en ideal sürede ve emniyetli olarak durdurmak, hareketsiz sabit duran aracın kendiliğinden hareket etmesini engellemek ve yol eğimleri sebebiyle istenmeyen ivmelenmeleri engellemektir. Bu nedenle kara yolu taşıtlarında kullanılmak amacıyla farklı niteliklerde fren sistemleri mevcuttur (Can 2019).

Geçmişten günümüze fren sistemleri, taşıt ve yol güvenliği için araçlarda bulunan en önemli donanımların başında gelmektedir. Kısaca fren sistemi, araç hızını kontrollü bir şekilde azaltan ve ihtiyaç durumunda durmasını sağlayan ve duran aracın sabit bir şekilde durmasına olanak sağlayan aktif güvenlik sistemleridir. Bu sebeple fren sistemlerinden, her koşulda yüksek kararlılık, güvenilirlik ve dayanıklılık üretici ve tüketicilerin beklentileri arasındadır. Geçmişten günümüze araçların her türlü kullanım şartları altında kendilerinden beklenen en hızlı ve en güvenilir bir şekilde durabilme kabiliyetini yerine getirebilmelidirler (MEB 2013).

Araçlardaki fren sistemleri kullanım amacına göre aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

- Hareket halindeki araca negatif ivmelenme sağlayarak hızının azaltılması.
- Hareket halindeki aracın durmasını sağlamak.
- Hareket halinde olmayan durağan aracın sabit bir şekilde durmasını sağlamak (MEB 2013).

Günümüzde kullanılan taşıtlarda araçların kullanım şekillerine uygun özellikte farklı fren sistemleri ile karşılaşmaktadır. Günümüzde kullanım amacına göre en yaygın fren sistemleri binek araçlar için hidrolik fren sistemi veya Ağır araçlarda kullanılan havalı fren sistemidir. Şekil 1.1’de binek araçlarda kullanılan hidrolik bir fren sistemi ile fren sistemi parçaları bulunmaktadır (MEB 2013).

Günümüzde aktif olarak kullanılan toplu ve özel karayolu ulaşım araçlarının istenmedik bir durumda veya aracın kullanıcısının kontrolü altında kontrollü bir şekilde yavaşlatılması, kontrollü bir şekilde durdurulması veya aracın bulunduğu yerde sabitlenmesi için taşıtlarda bulunan aktif güvenlik sistemleridir. Günümüzdeki araç üreticilerinin özellikle üzerinde durduğu yaya ve araç içi kullanıcıların hayatı ve mal

güvenliğini en üst düzeyde sağlayacak fren sistemleri; Karayollarında yük ve yolcu taşımacılığında kullanılan ağır vasıtalarda fren kararlılığı en uygun düzeyde olacak şekilde olmalıdır. Fren sistemlerinin taşıtı güvenli bir şekilde yavaşlatacak, gerektiğinde durduracak ve bulunduğu yerde sabitleyecek biçimde tasarlanmalıdır (Eken 2011).

Günümüzde kullanılan fren sistemleri, araçlarda sürüş konforu için kullanılan aktif güvenlik sistemlerinden biridir. Aracın istendiğinde hızını azaltabilen, istendiğinde durmasını sağlayan veya durağan aracın sabit kalmasını sağlayan sistemin adıdır fren sistemi. Bu sebeple fren sistemlerinde yüksek kararlılık ve güvenilirlik en önemli beklentiler arasındadır. Araçların her türlü kullanım koşullarında istenilen kararlılığı sağlaması esastır. Taşıt yapılarına uygun olarak taşıtlarda farklı fren sistemleri bulunmaktadır. Karayollarında yaygın olarak binek araçlarda hidrolik fren sistemi, ağır vasıtalarda havalı fren sistemi tercih edilmektedir (Anonim 2020).

Kozlu, yapmış olduğu çalışmada; taşıtlarda frenleme esnasında kaybolan enerjinin, tekrardan kazanılmasını hedeflemiştir. Seyir sırasında çok fazla miktarda frenleme yapmak zorunda kalan şehir içi toplu taşıma aracı olan otobüs üzerine hidrolik sistem tasarlamıştır. Frenleme esnasında sürtünme yoluyla dışarıya atılan ısı enerjisini, taşıtın ilk hareketinde kullanabilmek için hidrolik enerji olarak depolanması sayesinde, yakıt tasarrufunu ve egzozdan atılan çevreye zararlı emisyonların azaltılmasını hedeflemiştir (Kozlu 2007).

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Tamburlu Fren Test Cihazları

Tamburlu fren test cihazlarından biri olan IW 2 LON, test istasyonlarında aktif olarak kullanılan modüldür. Test aracındaki ölçüm değerleri, fren kuvvet değerleri analog ekrana aktarılmaktadır. Otomatik test ünitesi araçtaki fren arıza kontrolünün yapılmasını sağlar. Servis ve atölye kullanımları için uygundur. PC ara yüzü sayesinde birçok verilerin analizinin yapılmasına olanak sağlar (İnt.Kyn.1).

Standart olarak sunulan donanımlar:

- Motor koruma,
- Role veya uygun anahtar bulunan, fren kontrol test cihazları, amortisör kontrol test cihazları, yanal kayma ölçümleri için analog ekran
- Ölçülen fren kuvvetleri arasındaki farkların görüntülenebilmesi
- Kilitlene bilme özelliğine sahip ana şalter
- PC ve yazıcı kullanımları için R232 ara yüz desteği
- Elektronik çalıştırma desteği
- Otomatik olarak gecikmeli başlama
- Tek Teker kullanımına geçiş
- Test sonrası otomatik durma
- İstenilen blokajda ölçülen fren kuvvetinin görüntülenmesi
- Otomatik kapama ve yediden başlatma,
- DMS (Elektronik Gerilim Ölçme) sistemi
- Kapalı Tamburlu set (IW 2 RS 2)
- Tambur yüzeyi kaynaklı kaplamalı veya plastik kaplamalı
- Elektro-statik mavi renkli toz boya: mavi, (RAL 5010)
- TÜV onaylı, GS onaylı (İnt. Kyn. 1).

Resim 2.1 de fren testlerini gerçekleştirildiği fren test cihazlarından bir tanesinin resmi bulunmaktadır.



Resim 2.1 Fren test cihazı.

2.2 Literatür Çalışmaları

Yüce, yapmış olduğu çalışmasında; Tasarlamış ve üretimini gerçekleştirmiş olduğu test cihazı ile otomotiv tipi araçlarda değişken ısı, basınç ve hızlarda kullanılan fren balatalarının sürtünme katsayısını tespit etmiştir. Geliştirmiş olduğu test cihazı, otomobil fren sistemlerinde kullanılan diskli fren sistemi balatalarının sürtünme katsayısının hesaplanmasını sağlamıştır. Sürtünme katsayısı farklı parametrelere bağlıdır. Kısaca balata çalışma koşulları ve balata imalatındaki malzeme bileşenlerine bağlıdır. Çalışma koşullarındaki farklılıklar, değişken devir, sıcaklık gibi değişkenlerdir. Tasarımı yapılan cihazda, hız 0-1,4 m/s, basınç 0-40 MPa, değerler aralığında ayarlanabilmektedir. Oluşturulan sürtünme katsayısı - zaman - sıcaklık grafikleri hız ve basınç farklılıkları etkilerini göstermektedir (Yüce 2013).

Bayrakçeken ve Altıparmak, yapmış oldukları çalışmada; Hidrolik çalışma sistemine sahip tamburlu tip fren test cihazı taşıtlarda fren kuvvetini ölçebilmek için elektromekanik sisteme dönüştürülmüştür. Diğer fren test cihazlarına göre fren testleri daha güvenilir, daha hassas şekilde yapılmasına olanak sağlamıştır. Böylece frenleme sırasında frenleme kuvvet değişiklerini daha ayrıntılı görülebilmesi ve tespit edilen verilerin bilgisayar ortamında değerlendirilmesine imkân oluşmuştur (Bayrakçeken ve Altıparmak 2003).

Bayrakçeken ve Düzgün, yapmış oldukları çalışmada; Taşıtlardaki frenleme kuvvetinin

frenleme sırasında direk ölçümü çok kolay olmayan bir durum olmasına rağmen, frenleme mesafesi ve buna bağlı olarak fren verimi hesaplaması hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Taşıtlardaki frenleme mesafesi için yapılan çalışmalarda, her zaman uygun koşullarda deneyler yapılamayabilir. Araçlarda mevcut bazı veriler ile yol deneyine gerek duymadan matematiksel hesaplamalarla fren mesafesi ve buna bağlı olarak fren verimi hesaplanabilir. Bu çalışmada, elde edilen frenleme mesafesi ve verimi değerleri analizleri sonucu, frenleme mesafesi ve verimi için matematiksel modeller ve kullanılan bu matematiksel modellerin farklılıkları tespit edilmiştir (Bayrakçeken ve Düzgün 2005).

Bayrakçeken ve Altıparmak, yapmış oldukları çalışmada; Taşıtlarda frenleme kuvvetlerini anlık olarak en doğru biçimde ölçebilmek ve frenleme kuvvet analizlerini yapmak için elektro-mekanik bir fren test cihazı geliştirmişlerdir. Deneyler sonucunda elde edilen veriler ile matematiksel model oluşturulmuştur. Geliştirilen model sayesinde fren performansını etkileyen lastik diş derinliği, lastik hava basıncı ile direksiyon dönüşüne bağlı tekerlek sapma açısının etkilerini incelemişlerdir (Bayrakçeken ve Altıparmak 2007).

Bayrakçeken, ve arkadaşları, yapmış oldukları çalışmada; Taşıt sürücüleri yokuş aşağı sürekli frenleme yapabildikleri gibi yol ve kullanım koşulları gereği bas bırak şeklinde veya ani frenleme şeklinde de frenleme yapmaları sonucunda yakıt tüketiminin olumsuz etkilenmesini ve uygulanan fren kuvvetine bağlı olarak oluşan yakıt tüketimin artışı incelemişlerdir. Fren test cihazında fren testi sırasında 3000 d/d 4. vites konumundaki araca 4, 5, 6 ve 7 bar fren sistemi basıncında her 20 saniyede bir 120 saniye süre boyunca kuvvet uygulanmışlardır. Deneyler sırasında kaydedilen fren kuvvetleri ve yakıt tüketimleri karşılaştırılmıştır. Uygulanan fren basınç değerlerine bağlı olarak fren kuvveti ve fren kuvvet artışına bağlı olarak da yakıt tüketimi artmıştır (Bayrakçeken ve ark. 2020).

Bayrakçeken, ve arkadaşları, yapmış oldukları çalışmada; Farklı yaş sınıflarından ve farklı cinsiyetteki yirmi araç sürücüsünün panik frenleme sırasındaki tespit edilen verileri incelenmiştir. İnceleme sonucunda ortak frenleme profili oluşturulmuştur. Fren

pedalına uygulanan kuvvet ne kadar artarsa, fren iç hat basıncı, kaliper basıncı, fren kuvvetlerini artırdığını ve tam frenleme mesafesinin azaldığını gözlemlemişlerdir. Frenleme profilini yaş, boy ve kilo gibi parametrelerin çok fazla etkilemediği, bunu yanında frenleme performansında erkek sürücülerin bayan sürücülere oranla daha iyi olduğunu gözlemlemişlerdir (Bayrakçeken ve ark. 2020).

Mutlu ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada; Asbestsiz fren balatalarına alternatif cam elyaf, kevlar ve taş yünü kullanılarak fren balataları imal edilmiştir. Üretilen asbestsiz fren balataları yüksek basınçta fren kuvveti ile sıcaklık arasındaki değişim ile birlikte balatanın yanma (kivılcımlaşma) eğilimini belirlemek istemişlerdir. Thepra marka test cihazında bu amaçla imalatı yapılan disk fren balataları 60 bar sistem basıncıda deneye tabii tutulmuşlardır. Testler sonucundaki değerler grafiklere aktararak yüksek basınçta sürekli frenleme şartlarında fren kuvveti ve sıcaklık değişimi incelenmiştir (Mutlu ve ark. 2006).

Sugözü ve Dağhan yapmış oldukları çalışmada; Silika, zirkon ve alümina (kütlece %5 ve %10) olmak üzere üç değişik aşındırıcıyla altı adet fren balata numunesi üretmişlerdir. Üretilen numunelerin sürtünme özelliklerini araştırmışlardır. Numuneler önce toz karıştırma sonra ön şekillendirme son olarak sıcak presleme geleneksel yöntemlerle üretilmiştir. Pad-on-disk tipi aşınma test cihazında numunelerin sürtünme karakteristiği ve aşınma karakteristiği belirlenmiştir. Numunelerin mekanik özellikleri ve porozite, sertlik, basma dayanımı, çekme dayanımı, yoğunluk gibi fiziksel özellikleri incelenmişlerdir. Çalışma sonucunda aşındırıcı miktarındaki artışa bağlı olarak sürtünme katsayısının azaldığı ve özgül aşınma oranının azaldığı görülmüştür. Kütlece %10 alümina bulunduran numunenin daha iyi sürtünme performansını sergilediğini tespit etmişlerdir (Sugözü ve Dağhan 2018).

Öktem ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada; SAE J-661 standardına göre doğal tozlarla imalatı gerçekleştirilen fren balatalarının sürtünme karakteristiği test edilmiştir. Bunun için bilgisayar destekli yeni tip fren balataları sürtünme test cihazı imal edilmiştir. Üretilen fren test cihazı otomasyon, mekanik tasarım ve hidrolik kontrol sistemlerinden oluşmaktadır. Geliştirilen test cihazı, taşıtlarda kullanılan gerçek balata

numunelerini yüksek hassasiyetle test edebilmesi, gürültü seviyesini ölçebilmesi diğer test cihazlarından ayıran özellikleridir. Böylece taşıtlarda kullanılan balata numunelerinin sürtünme katsayısını daha kısa sürede ve daha yüksek doğrulukta tespit edilebilmesine olanak sağlayan balata test cihazını geliştirmişlerdir (Öktem ve ark. 2018).

Şahin, yapmış olduğu çalışmada; Fren test cihazında kullanılan rulmanların titreşim genlik değerlerini 7 ay boyunca aylık olarak ölçülmüştür. Fren test cihazı rulman bağlantı yatağı üzerinden düzenli olarak Vibrotest 80 model titreşim cihazı ile verileri almıştır. Ölçülen verileri zarf analizi ve FFT (fast fourier transform) ile rulmanın zamana bağlı incelemesini yapmıştır. Rulman ömrünün test zaman ve test edilen taşıt adedine bağlı olduğunun belirlemiştir (Şahin 2019).

Hamurişci ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada; Ağır ticari araçların laboratuvar koşullarında fren sistemlerinin test edilmesine olanak sağlayacak frenleme test düzeneğini kavramsal olarak tasarlanmışlardır. Ağır ticari araçların öncelikle dönen kütleleri ile ötelenen kütlelerinin frenlenebilmesi için yenilmesi gerekli atalet hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonunda eşdeğer ataletin sağlanabileceği kütle sisteminin tasarımını gerçekleştirmişlerdir (Hamurişci ark. 2010).

Üstün, yapmış olduğu çalışmada; otomotiv sektöründe kullanılan balatalara alternatif özellikler sahip, standartlara uygun, termal genleşmesi düşük, termal iletkenliği yüksek, aşınma direnci yüksek ve kararlı sürtünme katsayısına sahip otomotiv balata malzemesini imal etmektir. Fren balata numunelerinin üretimi için öncelikle bileşenlerin formülasyonu yapılarak sırasıyla karıştırma sonra presleme ile ön şekillendirme ve fırınlama işlemlerini uygulamışlardır. Üretimi gerçekleştirilen numunelere testler uygulanarak sonuçlarını değerlendirmişlerdir (Üstün 2011).

Ay, yapmış olduğu çalışmada; Disk fren termo-mekanik davranışını ANSYS® yazılımı ve sonlu elemanlar yöntemiyle incelemiştir. Sayısal yaklaşımlarla Isı taşınım katsayısını hesaplamış, binek otomobile ait disk-balata fren çiftinin kararlı hal termik analizlerini SAE J2522 kapsamlı fren etkinlik test standardından elde edilmiş deneysel verileri kullanılarak gerçekleştirmiştir. Frenleme anında disk sıcaklığının maksimum olduğu

bölgelerde, oluşan deformasyonların da maksimum olduğu ve sonuçların birbirleriyle alakalı olduğunu ortaya koymuştur (Ay 2021).

Kahya, yapmış olduğu çalışmada; Kızılçam, fıstıkçamı, sedir kozalağı tozu, karaçam ve sarıçam katkı maddeli balatlar üretmiştir. Üretmiş olduğu balatalara, Pin-on disk tipi test cihazında sürtünme testleri gerçekleştirmiştir. Test sonuçlarında elde ettiği verilerle zamana bağlı sürtünme katsayısı - sıcaklık grafikleri yardımıyla performansları değerlendirilmiştir. Kızılçam, fıstıkçamı, sedir kozalağı tozu, karaçam ve sarıçamın fenolik reçineye alternatif bir bağlayıcı malzeme olarak balatalarda kullanılabileceğini belirlemiştir (Kahya 2017).

Erdem ve Altıparmak, yapmış oldukları çalışmada, fren disk sıcaklıklarındaki artışın taşıtın frenleme performansına etkilerini araştırmışlardır. Bu sebeple durma mesafesi testleri gerçekleştirilmiştir. Testler hafif ticari araçta, başlangıç hızlarında, farklı disk sıcaklıklarında, taşıt yükleri ve pedal kuvvetlerinde gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen fren etkinliği testlerinin sonuçlarında, fren disklerindeki oluşan sıcaklık artışının aracın frenleme mesafesini olumsuz etkilediği görülmüştür. Frenleme başlangıç hızları, taşıt yükü ve değişken pedal kuvvetleri değişimlerine göre yapılan değerlendirme sonucunda, disk sıcaklığındaki artışın frenleme mesafesini artırdığını gözlemlemiştir (Erdem ve Altıparmak 2014).

Başar ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada; Fren balata numunelerini üç farklı oranlarda kütlece (%4, %8 ve %12) kolemanit ve boraks takviyeli olarak üretilmiştir. Pin-on-disk tipi aşınma test cihazı kullanılarak fren balata numunelerinin sürtünme ve aşınma karakteristiği tespit edilmiştir. Üretimi gerçekleştirilen numunelerden en iyi sürtünme katsayısı sonucunu %4 kolemanit ve boraks takviyeli malzemenin verdiğini tespit etmişlerdir. Üretilen fren balatalarının standartlara uygun olduğu ve takviye oranının frenleme performansında etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Başar ve ark. 2018).

Özçelik, yapmış olduğu çalışmada; manüel olarak gerçekleştirilen Dört yöllü emniyet valf kontrolünün otomatik olarak yapılabilmesi için bir test cihazı tasarlanmış ve imal

etmiştir. Test cihazı, temel olarak mikro denetleyici kart, selenoid valf, basınç transmitteri ve PC yazılımından oluşan otomatik bir sistemdir. Geliştirilen test cihazı sayesinde, dörtyollu emniyet valfinin kontrolü en az 90 saniye azaltılmış, teknisyenin test esnasındaki ergonomik olmayan hareketleri engellenmiş, ölçüm doğruluğu ve hassasiyeti artırılmış, tankların boşaltılması esnasında atmosfere salınan hava içerisindeki zararlı maddelerin yayılması engellenerek iş sağlığı ve güvenliği de sağlanmıştır (Özçelik 2021).

Toklucu, yapmış olduğu çalışmada; ağır vasıta taşıtlarının havalı fren sistemi sızdırmazlık testinin bilgisayar destekli olarak mikro denetleyici kart ve basınç sensörü kullanımı ile otomatik olarak yapılması amacıyla bir test cihazı ve test yazılımı geliştirmiştir. Geliştirilecek test cihazı ile halen manuel olarak yapılan mevcut testin güvenilirliğinin artırılması, operatörün test için harcadığı zamanın en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda operatör tarafından yapılabilecek hatalar tamamen ortadan kaldırılmış ve testin geçerliliği artırılmıştır. Testin otomatik yapılması operatörün test için harcadığı zamanı ortadan kaldırarak 4 dakikalık tasarruf sağlamıştır. Yıllık bir milyon aracın muayene edildiği düşünüldüğünde, yılda 4 milyon dakikalık bir iş gücü tasarrufu sağlanmış olacaktır (Toklucu 2020).

Aksu, yapmış olduğu çalışmada; pnömatik ALB testini gerçekleştiren operatörün testi yardım almadan tek başına yapabilmesi ve testin güvenilirliğinin artırılması amacı ile mikro denetleyici kart, basınç sensörü, LCD ekran kullanılarak bir test cihazı tasarımı yapılmıştır. Çalışma sonucunda pnömatik ALB testini operatörün tek başına yapabilmesi, güvenilirliğinin artırılması, zamandan ve iş gücünden tasarruf edilebilmesi sağlanmıştır (Aksu 2020).

Düzgün, yapmış olduğu çalışmada; fren performansına etki eden faktörler, fren deneyleri ve deneylerde kullanılan standartlar incelemiştir. Fren performansının en önemli göstergesi olan durma mesafesi ve buna etki eden faktörler üzerinde durmuştur. Durma ve fren mesafesinin doğru ölçülebilmesi ve en uygun deney yönteminin belirlenmesi amacı ile sistematik yol fren deneyleri yapılmıştır. Anlamlı sonuçlar elde edilmiştir (Düzgün 2002).

Mavi, yapmış olduğu çalışmasında; Karayollarındaki taşıtlarda değışken hızlarda ve farklı fren basınç değeriinde oluşan sıcaklık etkisinin fren kuvvetinde oluşan değışimi deneysel olarak ele almıştır. Yapmış olduğu deney sonuçlarında en uygun fren kuvvetinin olması gerektiği sıcaklık aralığını tespit etmiştir. Fren sistemi karayollarında kullanılan araçların aktif güvenlik sistemleri arasında en önemli olanıdır. Günümüzde taşıt fren sistemlerinin geliştirilmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Taşıtlarda frenleme esnasında sürtünme sebebiyle ısınma oluşmaktadır. Bu ısınma fren kuvvetinde farklılıklar oluşmasına sebep olmaktadır. Yüksek ısı sebebiyle fren sistemindeki özellikle disk, balata gibi parçaların sürtünme kararlılığının değışmesi, özelliklerini kaybetmesi frenleme performansını düşürmektedir (Mavi 2014).

Okumuş, yapmış olduğu çalışmasında; Üç farklı araç gruplarındaki süspansiyon körüklerine etki eden basınç değeri tespit edilmiştir. Tespit edilen basınç değeri yardımcı ile körük imalatçısının belirlediği ilgili körük basınç değeriine karşılık gelen kuvvet değeri yardımcıyla aks gruplarına gelen yükler tespit edilmiştir. Bu aks yükleri taşıtın frenleme performansının hesaplanmasında kullanılmıştır. Sırasıyla Çekici - yarı römork (tek dingilli), çekici - yarı römork (çift dingilli) ve çekici - yarı römork (tek dingilli) tam römork araç grupları incelemiştir. 9 farklı yük durumunda optimum frenlemeyi sağlayabilmek için teker grubuna ters yönde sürtünme kuvveti uygulanmıştır. Hesaplanan değeri grafik ortama taşınmıştır. Yazılımı gerçekleştirilen program güncel veriler kullanıldığından, üç farklı araç grubu ve farklı yol konumlarında (kuru - kaygan, düz - viraj vb) frenleme kuvvetlerinin en uygun değeriini hesaplayacaktır (Okumuş 2012).

Güner, yapmış olduğu çalışmasında; ön tekerlekler diskli, arka tekerlekler kampanalı çapraz bağlı hidrolik bir fren sisteminin limitör valfi ve kuvvetlendirici desteği ile taşıt frenleme performansı incelemiştir. Fren sistemini oluşturan tüm elemanlar grubunun dinamik denklemleri elde edilmiş ve bunların taşıtın durma mesafesi, hızı ve ivmesi üzerindeki etkileri araştırmıştır. Dinamik denklemlerin çözümünde sayısal bir integrasyon metodu olan Newmark metodu kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar taşıt termal analizi için gerekli dinamik değışkenleri sağlamış ve disk ile kampana sıcaklık analizleri yapılmıştır. Teorik sonuçlar deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmış ve birbirine

çok yakın değerlere sahip oldukları görülmüştür. Frenleme sistemi üzerinde performans artırıcı çalışmalar yapmıştır. Geliştirilen model ile taşıt üzerinde test yapılmasına gerek kalmadan fren sistemi parametrelerinin frenleme üzerindeki etkileri çok kısa sürede ve ek maliyet getirmeden gerçek sonuçlara çok yakın olarak elde edilmiştir (Güner 2002).

2.3 Taşıt Sınıfları

Ülkemizde Araç muayene işlemleri, 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu, Karayolları Trafik Yönetmeliği, Sanayi ve Ticaret Bakanlığınca yürürlüğe konulan Tip Onay Yönetmelikleri, Araçların İmal Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmelik ile bu Yönetmelikte yapılan düzenlemeler dikkate alınarak Ek-1’de belirtilen sınıflara göre ve asgari Ek-2’de verilen cetveldeki hususları kapsayan kontrol ve testleri içerir. Bu kontrol ve testlerin yapılması zorunludur (Araç Muayene İstasyonlarının Açılması, İşletilmesi ve Araç Muayenesi Hakkında Yönetmelik 23.09.2004).

- 1) Yolcu taşımak için kullanılan ve sürücü koltuğu haricinde 8’den fazla koltuğu olan motorlu taşıtlar,
- 2) Yük taşımak için kullanılan ve azami müsaade edilebilir ağırlığı 3500 kg’dan fazla olan motorlu taşıtlar,
- 3) Azami müsaade edilebilir ağırlığı 3500 kg’dan fazla olan römorklar ve yarı römorklar,
- 4) Taksiler ve ambulanslar
- 5) Normal olarak karayolunda yük taşımak için kullanılan ve azami müsaade edilebilir ağırlığı 3500 kg’ dan az olan tarım ve orman traktörleri haricindeki en az dört tekerlekli motorlu ve motorsuz taşıtlar,
- 6) Yolcu taşımak için kullanılan ve sürücü koltuğu haricinde 8’den az koltuğu olan en az dört tekerlekli motorlu taşıtlar,
- 7) Traktörler,
- 8) Motosikletler, Motorlu Bisikletler,

1, 2 ve 3 numarada yer alan taşıtlar ağır araçlar, 4, 5, 6, 7 ve 8 numarada yer alan taşıtlar hafif araçlar sınıfına girer (Araç Muayene İstasyonlarının Açılması, İşletilmesi ve Araç

Muayenesi Hakkında Yönetmelik 23.09.2004).

2.4 Araçlarda Fren Sistemleri

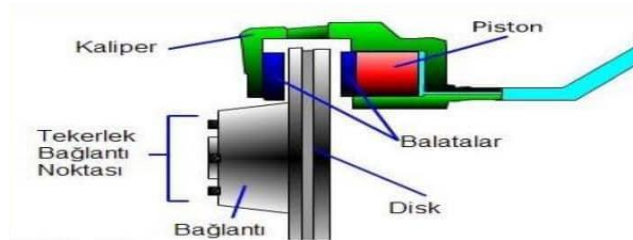
Fren sistemi hareket halindeki taşıtların kontrollü bir şekilde yavaşlamasını veya gerektiğini durmasını sağlayan, durağan konumdaki bir aracın bulunduğu yerde sabitlenmesini sağlayan sistemdir. Aracın kontrollü bir şekilde durabilmesi için uygulanan fren gücünün, aracın motor gücünün üzerinde olmalıdır. Kinetik enerji, cismin kütlesi ile hızın karesi çarpımının yarısı ile ifade edilir. Kinetik enerji mevcut aracın kütlesi ile daima doğru orantılıdır. Aracın kütlesi arttıkça kinetik enerjide artacaktır. Buradaki önemli husus kinetik enerjinin, aracın hızının karesine bağlı olarak artmasıdır. Yani aracın hızı 3 kat artarsa kinetik enerjisi 9 kat artacaktır. Bu sebeple fren sistemi bu oluşan enerjiyi yenerek aracı güvenli bir şekilde durdurabilmelidir (İnt.Kyn.2).

Temel olarak fren sistemleri 4 gruptan oluşmaktadır.

- Mekanik Fren Sistemleri
- Hidrolik Fren Sistemleri
- Havalı Fren Sistemleri
- Elektrikli Fren Sistemleri

2.4.1 Mekanik Fren Sistemleri

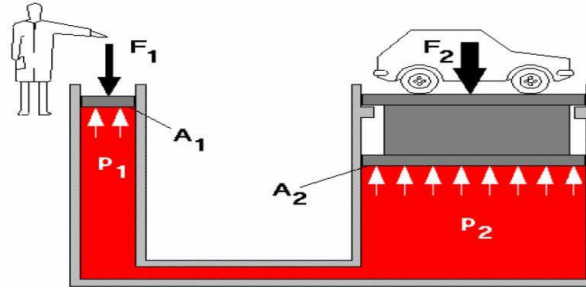
Araç kullanıcısı tarafından fren pedalına uygulanan ayak kuvveti aracın tekerleklerine mekanik bağlantılarla iletilerek aracın güvenli bir şekilde durması sağlanır. El fren sistemlerinde genellikle mekanik fren sistemi kullanılmaktadır (İnt.Kyn.2).



Şekil 2.1 Disk frenler (İnt.Kyn.2).

2.4.2 Hidrolik Fren Sistemleri

Günümüzde binek araçların çoğunda tercih edilen fren sistemidir. Araçta bulunan fren pedalına uygulanan çok küçük bir kuvvet kaldıraç prensibi sayesinde fren merkezine artarak büyük kuvvet olarak iletilir. Paskal kanunu prensibine göre fren sistemi ana merkezinde meydana gelen hidrolik kuvvet fren diski ile fren balatası tarafından fren kuvvetinin oluşmasını sağlar (İnt.Kyn.2).

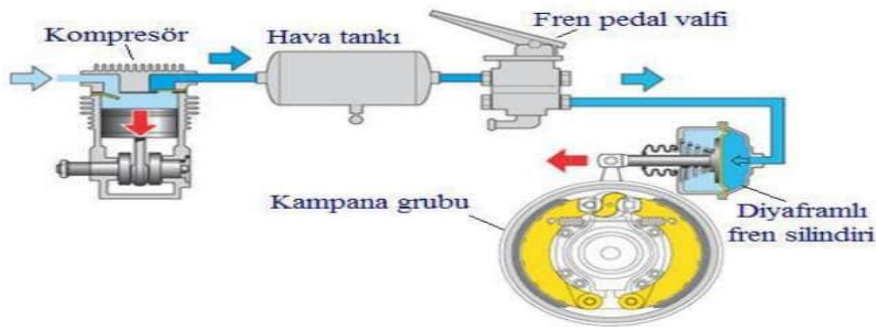


Şekil 2.2 Pascal kanunu (İnt.Kyn.2).

2.4.3 Havalı Fren Sistemleri

Günümüzde kullanılan ağır hizmet tipi araçların hızları ve kütlelerinin artması sebebiyle, bu taşıtları güvenli bir şekilde durdurabilecek büyüklükte fren kuvveti gerekmektedir. Ağır vasıta araçlarda daha fazla fren kuvveti oluşumu sağlayan havalı fren sistemleri kullanılmaktadır.

Ağır hizmet tipi araçlarda fren pedalına uygulanan daha az kuvvete karşı frenlemeyi en iyi şekilde sağlayacak fren kuvveti oluşumu sağlamaktadır (İnt.Kyn.2).



Şekil 2.3 Havalı fren sistemi (İnt.Kyn.2).

2.4.4 Elektrikli Fren Sistemleri

Elektrikli fren sistemlerinde fren pedalı tel sistemi vasıtası ile elektronik beyne bağlıdır. Fren pedalı diğer fren sistemlerinde olduğu gibi fren hareketini iletmeektir. Elektrikli fren sisteminde; araç fren pedalına kullanıcın basış hızına ve tekrar periyoduna göre frenleme yapmaktadır. Fren beyni fren pedal hareketinden aldığı sinyallere göre tekerleklerdeki frenleme kuvvetlerini belirlemektedir. Fren basıncı, fren merkezinden sağlanmaktadır. Araçta elektrikli fren sisteminde oluşabilecek herhangi bir arıza durumuna karşı ikinci fren sistemi olan hidrolik fren sistemi bulunmakta ve acil durumlarda devreye girmektedir (İnt.Kyn.2).

Motorlu kara taşıtlarında üç farklı birbirinden bağımsız hareket eden fren sistemi bulunmaktadır.

- Servis Fren sistemi (Ayak): Aracın istenildiğinde hızının düşürülmesi veya aracın kontrollü bir şekilde durdurulması.
- El Freni Sistemi (Park): Durağan durumdaki aracın bulunduğu yerde sabitlemeye yarar.
- Yardımcı Fren Sistemleri: Ağır vasıta araçlarda servis frenlerine ek olarak kullanılan frenlerdir.

Araçlarda kullanılan bir diğer fren sistemi motor frenidir. Motor freninde özel bir donanıma gerek yoktur. Aracın hızının yavaşlatılması için ayak freni yerine motor direncinin kullanılmasıdır (MEB 2013 Ankara).

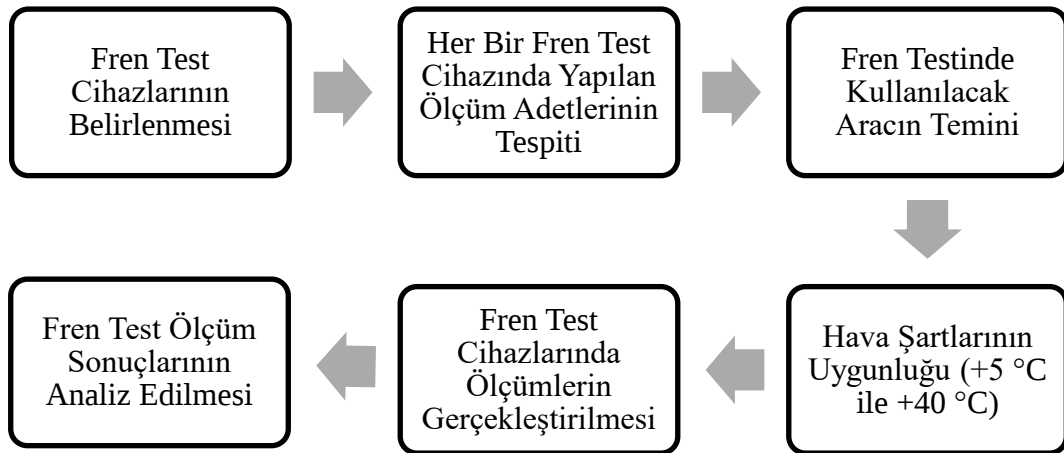
3. MATERYAL METOT

Taşıtlarda fren sistemleri yaya ve taşıt güvenliği bakımından en aktif güvenlik sistemidir. Hareket halindeki taşıtların istenildiğinde kontrollü bir şekilde yavaşlatmak veya istenildiğinde durdurmak, durağan bir aracı sabitlemektir. Taşıtların güvenli bir şekilde durmasının sağlama bilmesi için fren kuvvetlerinin ve buna bağlı olarak fren verimlerini hesaplanması gerekir. Fren testleri yol testi yapılabileceği gibi fren test cihazları ile de yapılabilmektedir.

Laboratuvarlarda, servis istasyonu veya üretim bantlarında kullanılan test cihazlarından birisi de tamburlu tip fren test cihazıdır. Bu cihazlarda taşıtın tekerlekleri cihazın tamburları üzerine çıkmakta ve cihaz silindirleri tekerlekleri döndürürken frenleme yapılarak değerler tespit edilir.

Sunulan bu çalışmada Tamburlu fren test cihazlarının, tambur üzerindeki diş kalınlığı aşınma miktarının kullanım ömrüne göre değerlendirilip tambur ömrünün belirlenmesi amaçlanmaktadır.

3.1 İş Akış Şeması



Şekil 3.1 İş akış şeması.

Şekil 3.1’de yapılacak deneysel çalışmada izlenecek yol tüm süreçleri ile gösterilmektedir.

3.2 Çalışma Düzenegi

Bu çalışmada, kullanım adetlerine göre belirlenen tambur aşıntı kontrolleri yapılacak Fren Test cihazları belirlenmiştir. Fren testini gerçekleştirecek kişi ile araç temini yapıldıktan sonra uygun hava koşullarında fren test kontrolleri gerçekleştirilmiştir. Her bir fren test cihazından alınan ölçüm değerleri önce kendi içerisinde ki uygunluğu sonra diğer fren test cihazlarındaki sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Fren test cihazlarının ölçüm adetlerine bağlı olarak tambur diş kalınlıklarının her bir fren test cihazından alınan ölçüm değerlerine olan etkileri araştırılmıştır. Böylece fren test cihazı kullanım adedi ile tambur diş kalınlığının aşıntı sınırı arasındaki ilişki incelenmiştir.

3.2.1 Fren Test Cihazlarının Belirlenmesi

Fren Test Cihazları üretici firmanın belirlediği günlük, haftalık ve aylık bakım ve kontrollere ve belirli sürelerde kalibrasyona tabi tutulmaktadırlar. Fren Test cihazlarının kullanım ömürleri üretici firmanın belirlediği günlük, haftalık ve aylık bakım ve kontrollerin ve belirli sürelerdeki kalibrasyon işlemlerinin düzgün ve zamanında yapılmasına bağlıdır. Resim 3.1'de fren test cihazı tamburu görünmektedir



Resim 3.1 Fren test cihazı tamburu.

Fren Test Cihazı tambur aşıntı kontrolleri için, hava şartları ve ortam değerleri birbirlerine yakın belirli ölçüm adedine sahip aşağıdaki fren test cihazları seçilmiştir. Test adetleri birbirinden farklı kullanım koşulları birbirine yakın Fren Test cihazları arasından seçim yapılmıştır.

Çizelge 3.1 Fren test cihazı bilgileri.

Fren test cihazı ekipman no	Fren test cihazı tipi	Yaklaşık ölçüm adetleri
1. fren test cihazı	Tamburlu	0 - 30000 (Adet)
2. fren test cihazı	Tamburlu	30000 - 50000 (Adet)
3. fren test cihazı	Tamburlu	50000 - 70000 (Adet)
4. fren test cihazı	Tamburlu	70000 - 95000 (Adet)
5. fren test cihazı	Tamburlu	95000 - 110000 (Adet)
6. fren test cihazı	Tamburlu	110000 - Üstü (Adet)

3.2.2 Fren Test Aracının Belirlenmesi

Fren test cihazı tambur aşını kontrolleri, azami yüklü ağırlığı 1600 kg, ön aks ağırlığı (sürücü dâhil) yaklaşık 750 kg, önden çekişli 1,3 dizel el fren tertibatı arka aks grubunda olan araç kullanılacaktır.

Fren Test Cihazı tambur aşını kontrolleri, tüm lastikleri iyi durumda, el freni sadece arka aksta bulunan, el freni sapma değeri uygun ve bloke olan aynı araç ile gerçekleştirilecektir. Testlerde tüm fren test cihazları aynı araç ile test edilmesi esastır. Farklı fren test cihazları tambur aşını kontrolü testlerinde, farklı araçlar kullanılmayacaktır. Tüm fren test cihazları tambur aşını kontrolü testlerini gerçekleştiren kişi aynı kişi olacaktır. Farklı yerlerde gerçekleştirilen fren test cihazı tambur aşını kontroleri ortam koşulları (kuruluk, sıcaklık, nem, vb) aynı olmalıdır. Hava sıcaklığı +5 °C ile +40 °C arasında ve ölçümlerin gerçekleştirildiği fren test cihazları ortam sıcaklık farklılıkları ± 10 °C den fazla olmamalıdır. Fren test cihazı tambur aşını kontroleri için aracın ön aksı fren test cihazına alındığında fren sisteminin kontrolü, ölçülecek fren değerlerinin kararlılığı için 3 veya 4 ölçüm gerçekleştirilir. Bu ölçümler hesaplamada kullanılmayacaktır. Fren test cihazı tambur aşını kontroleri için aracın ön aksı ile araç vitesi boşa konumunda, arka aksta bulunan el freni boşa iken fren test cihazında art arda 3 ölçüm yapılır. Aynı sürücü ile aynı aracın ön aksından, araç vitesi boşa konumunda, arka aksta bulunan el freni çekili olarak fren test cihazında art arda 3 ölçüm yapılır. Tüm ölçüm değerleri (sağ-sol fren kuvveti ve aks ağırlıkları) kaydedilir. Resim 3.2' de testlerde kullanılan test aracı görülmektedir.



Resim 3.2 Testlerde kullanılan test aracı.

3.2.3 Fren Testlerinin Gerçekleştirilmesi

Fren test cihazı tambur aşını kontrolleri için fren testi sırasında aşağıdaki noktalara dikkat edilmiştir.

- Teste başlamadan önce fren test cihazı ve test aracındaki İSG tedbirleri alınmıştır.
- Test aracı fren test cihazına yumuşak bir şekilde alınmalıdır.
- Test aracı fren test cihazı üzerinde iken fren kuvveti uygulamadan önce rulolar üzerinde balata ile kampana / disk arasında bir kapma olup olmadığı fren pedalına basmadan kontrol edildi. Değerler başlangıçta sıfır (0) değerine yakın ölçülmelidir.
- Fren ölçüm kararlılığı için 2 - 3 defa fren testi gerçekleştirilir. (Değerler kaydedilmez)
- Fren kuvveti uygulanırken fren pedallı ezilerek basılır. Oluşacak fren blokaj değerinde 6-7 saniyede ulaşılmalıdır. Ani frenleme yapılmamalıdır.
- Fren testi sırasında sol fren kuvveti ile Sağ fren kuvveti arasındaki sapma %15 den fazla olmamalıdır.

Fren Test Cihazı tambur aşını kontrolleri için önceden belirlemiş olduğumuz araç ve araç kullanıcısı ile her bir fren test cihazında ilgili ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Ölçümler sırasında aşağıda belirtilen değerler kayıt altına alınmıştır.

- Ortam sıcaklığı
- Ön aks ağırlığı
- Ortam zemin durumu (Kuru, ıslak, buzlu vb)
- Lastik dış derinliği uygunluğu (En az 5mm ve üzeri)
- Araç yol konumunda el freni boşa 3 ölçüm fren kuvvet değerleri
- Araç yol konumunda el freni çekili 3 ölçüm fren kuvvet değerleri

Resim 3.3'de ve Resim 3.4 farklı açılardan test aracı ile fren testinin gerçekleştirilmesi görülmektedir.



Resim 3.3 Fren test aracı ile fren testini gerçekleştirilmesi soldan görünüm.



Resim 3.4 Fren test aracı ile fren testini gerçekleştirilmesi sağdan görünüm.

3.2.4 Fren Testlerinin Sonuçları

Her bir fren test cihazında önceden belirlenmiş araç ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen değerler her bir fren test cihazı için kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan ön aks fren kuvvet değerleri ortalamaları kullanılarak aşağıda belirtildiği şekilde fren verimi ve fren sapması hesaplanmıştır.

$$\eta(\%) = \frac{(F_{Sol(Ort)}) + (F_{Sağ(Ort)})}{N} * 100 \quad (3.1)$$

$\eta(\%)$ = Fren verimi

$F_{Sol(Ort)}$ = Sol aks fren kuvvetleri ortalaması

$F_{Sağ(Ort)}$ = Sağ aks fren kuvvetleri ortalaması

N = Aks ağırlığı

$$Sapma(\%) = \frac{(F_{Max(Ort)}) - (F_{Min(Ort)})}{F_{Max(Ort)}} \quad (3.2)$$

$Sapma(\%)$ = Aracın ön aks sağ ve sol fren kuvvetlerindeki sapma miktarı

$F_{Max(Ort)}$ = Aracın ön aksındaki sağ veya sol fren kuvvetleri ortalaması büyük olan

$F_{Min(Ort)}$ = Aracın ön aksındaki sağ veya sol fren kuvvetleri ortalaması küçük olan

Her bir fren test cihazı için fren test aşamasında el fren sistemi boşta ve el fren sistemi çekili konumda iken ön aks fren kuvvetleri ölçülmüştür. Ölçüm değerlerinin kararlılığı için el fren sistemi boşta ve el fren sistemi çekili konumlarda iken aracın ön aksından üçer ölçüm gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlerin ortalama değerleri fren verim hesaplaması ve fren sapma hesaplamasında kullanılmıştır.

Her bir fren test cihazı için önce el freni boşta sonra el freni çekili konumdaki ön aks fren kuvvetleri için fren verim hesaplamaları yapılmıştır. Aynı şekilde el freni çekili ve el freni boşta konumdaki ön aks fren kuvvetleri için sapma değerleri hesaplanmıştır. Yapılan fren verim ve fren sapma hesapları kendi içlerinde ve diğer fren test cihazları ile karşılaştırılmıştır.

3.2.4.1 El Freni Boşta Ön Aks Fren Test Sonuçları

Fren testleri sonucunda elde edilen veriler:

0-30000 adet ölçüm aralığına sahip 1. fren test cihazında el freni boşta konumda üç adet ön aks fren kuvvet ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçümler hava sıcaklığı 12 °C de, kuru zeminde, lastik diş derinliği uygun (lastik diş derinliği ≥ 5 mm üzerinde) gerçekleştirilmiştir. Ölçülen aks ağırlığı, fren kuvvet ortalamaları ve fren sapma ortalamaları kaydedilmiştir.

30000 - 50000 adet ölçüm aralığına sahip 2. fren test cihazında el freni boşta konumda üç adet ön aks fren kuvvet ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçümler hava sıcaklığı 11 °C de, kuru zeminde, lastik diş derinliği uygun (lastik diş derinliği ≥ 5 mm üzerinde) gerçekleştirilmiştir. Ölçülen aks ağırlığı, fren kuvvet ortalamaları ve fren sapma ortalamaları kaydedilmiştir.

50000 - 70000 adet ölçüm aralığına sahip 3. fren test cihazında el freni boşta konumda üç adet ön aks fren kuvvet ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçümler hava sıcaklığı 15 °C de, kuru zeminde, lastik diş derinliği uygun (lastik diş derinliği ≥ 5 mm üzerinde) gerçekleştirilmiştir. Ölçülen aks ağırlığı, fren kuvvet ortalamaları ve fren sapma ortalamaları kaydedilmiştir.

70000 - 95000 adet ölçüm aralığına sahip 4. fren test cihazında el freni boşta konumda üç adet ön aks fren kuvvet ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçümler hava sıcaklığı 10 °C de, kuru zeminde, lastik diş derinliği uygun (lastik diş derinliği ≥ 5 mm üzerinde) gerçekleştirilmiştir. Ölçülen aks ağırlığı, fren kuvvet ortalamaları ve fren sapma ortalamaları kaydedilmiştir.

95000 - 110000 adet ölçüm aralığına sahip 5. fren test cihazında el freni boşta konumda üç adet ön aks fren kuvvet ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçümler hava sıcaklığı 13 °C de, kuru zeminde, lastik diş derinliği uygun (lastik diş derinliği ≥ 5 mm üzerinde) gerçekleştirilmiştir. Ölçülen aks ağırlığı, fren kuvvet ortalamaları ve fren sapma

ortalamları kaydedilmiştir.

110000 - Üstü adet ölçüm aralığına sahip 6. fren test cihazında el freni boşta konumda üç adet ön aks fren kuvvet ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçümler hava sıcaklığı 15 °C de, kuru zeminde, lastik diş derinliği uygun (lastik diş derinliği ≥ 5 mm üzerinde) gerçekleştirilmiştir. Ölçülen aks ağırlığı, fren kuvvet ortalamları ve fren sapma ortalamları kaydedilmiştir.

Farklı kullanım adetlerine sahip fren test cihazlarından, el freni boşta konumunda ön akslardan alınan üçer adet fren kuvvet ve fren sapma ölçümleri ortalamları Çizelge 3.2'de görünmektedir.

Çizelge 3.2 El freni boşta ön aks fren test sonuçları.

Test Cihazları	Ön aks fren kuvvet ortalaması (el freni boşta)		Fren sapma ortalaması	Sıcaklık	Aks ağırlığı (kg)
	Sol (daN)	Sağ (daN)			
1. fren test cihazı	227,33	242,33	%6,19	12 °C	790
2. fren test cihazı	224,67	240,00	%6,39	11 °C	790
3. fren test cihazı	223,00	236,33	%5,64	15 °C	790
4. fren test cihazı	221,33	235,00	%5,82	10 °C	790
5. fren test cihazı	217,67	234,67	%7,24	13 °C	790
6. fren test cihazı	216,00	234,33	%7,82	15 °C	790

3.2.4.2 El Freni Çekili Ön Aks Fren Test Sonuçları

Fren testleri sonucunda elde edilen veriler:

0-30000 adet ölçüm aralığına sahip 1. fren test cihazında el freni çekili konumda üç adet ön aks fren kuvvet ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçümler hava sıcaklığı 12 °C de, kuru zeminde, lastik diş derinliği uygun (lastik diş derinliği ≥ 5 mm üzerinde) gerçekleştirilmiştir. Ölçülen aks ağırlığı, fren kuvvet ortalamları ve fren sapma ortalamları kaydedilmiştir.

30000 - 50000 adet ölçüm aralığına sahip 2. fren test cihazında el freni çekili konumda üç adet ön aks fren kuvvet ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçümler hava sıcaklığı 11 °C de, kuru zeminde, lastik diş derinliği uygun (lastik diş derinliği ≥ 5 mm üzerinde) gerçekleştirilmiştir. Ölçülen aks ağırlığı, fren kuvvet ortalamaları ve fren sapma ortalamaları kaydedilmiştir.

50000 - 70000 adet ölçüm aralığına sahip 3. fren test cihazında el freni çekili konumda üç adet ön aks fren kuvvet ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçümler hava sıcaklığı 15 °C de, kuru zeminde, lastik diş derinliği uygun (lastik diş derinliği ≥ 5 mm üzerinde) gerçekleştirilmiştir. Ölçülen aks ağırlığı, fren kuvvet ortalamaları ve fren sapma ortalamaları kaydedilmiştir.

70000 - 95000 adet ölçüm aralığına sahip 4. fren test cihazında el freni çekili konumda üç adet ön aks fren kuvvet ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçümler hava sıcaklığı 10 °C de, kuru zeminde, lastik diş derinliği uygun (lastik diş derinliği ≥ 5 mm üzerinde) gerçekleştirilmiştir. Ölçülen aks ağırlığı, fren kuvvet ortalamaları ve fren sapma ortalamaları kaydedilmiştir.

95000 - 110000 adet ölçüm aralığına sahip 5. fren test cihazında el freni çekili konumda üç adet ön aks fren kuvvet ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçümler hava sıcaklığı 13 °C de, kuru zeminde, lastik diş derinliği uygun (lastik diş derinliği ≥ 5 mm üzerinde) gerçekleştirilmiştir. Ölçülen aks ağırlığı, fren kuvvet ortalamaları ve fren sapma ortalamaları kaydedilmiştir.

110000 - Üstü adet ölçüm aralığına sahip 6. fren test cihazında el freni boşta konumda üç adet ön aks fren kuvvet ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçümler hava sıcaklığı 15 °C de, kuru zeminde, lastik diş derinliği uygun (lastik diş derinliği ≥ 5 mm üzerinde) gerçekleştirilmiştir. Ölçülen aks ağırlığı, fren kuvvet ortalamaları ve fren sapma ortalamaları kaydedilmiştir.

Farklı kullanım adetlerine sahip fren test cihazlarından, el freni çekili konumunda ön akslardan alınan üçer adet fren kuvvet ve fren sapma ölçümleri ortalamaları Çizelge

3.3'de görünmektedir.

Çizelge 3.3 El freni çekili ön aks fren test sonuçları.

Test Cihazları	Ön aks fren kuvvet ortalaması (el freni çekili)		Fren sapma ortalaması	Sıcaklık	Aks ağırlığı (kg)
	Sol (daN)	Sağ (daN)			
1. fren test cihazı	247,33	262,00	%5,60	12 °C	790
2. fren test cihazı	244,00	258,67	%5,67	11 °C	790
3. fren test cihazı	239,33	254,33	%5,90	15 °C	790
4. fren test cihazı	235,67	251,00	%6,11	10 °C	790
5. fren test cihazı	232,33	249,00	%6,69	13 °C	790
6. fren test cihazı	229,00	246,67	%7,16	15 °C	790

4. BULGULAR

Fren test cihazı tambur aşını miktarlarının belirlenmesi için farklı kullanım ömürlerine sahip fren test cihazlarında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda 6 adet farklı kullanım adetlerine sahip fren test cihazlarında belirlenmiş test aracı ve aynı sürücü ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlerde ortam sıcaklık farklılıklarının ± 10 °C olmasına, lastik diş derinliklerinin uygun olmasına (lastik diş derinliği ≥ 5 mm üzerinde) dikkat edilmiştir. Ölçümler sonucunda farklı kullanım adetlerine sahip fren test cihazlarında ön aks fren kuvvetleri ölçülmüş olup ortalama fren kuvvet değerleri hesaplanmıştır.

Aracın arka aksında mevcut olan el fren tertibatı boşta iken ön aks fren kuvvetleri ölçülmüş ve ortalama fren kuvvet değerleri hesaplanmıştır. Aynı şekilde aracın arka aksında mevcut olan el fren tertibatı çekili iken ön aks fren kuvvetleri ölçülmüş ve ortalama fren kuvvet değerleri hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet ortalamaları ile ön aks fren kuvvet sapmaları ve oluşan fren verim farkları arasındaki ilişki incelenmiştir.

Böylece her bir fren test cihazında; Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumdaki ön aks fren kuvvetlerindeki ortalama değer ve bu kuvvetlere bağlı olarak oluşan fren verim değerleri ile el fren sistemi boşta konumdaki ön aks fren kuvvetlerindeki ortalama değer ve bu kuvvetlere bağlı olarak oluşan fren verim değerleri karşılaştırılmış olup fren kuvvetleri arasındaki sapma ve fren verimleri arasındaki fark incelenmiştir. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet değerleri ile ön aks fren kuvvet sapmaları ve oluşan fren verim farkları incelenerek fren test cihazı tamburu üzerindeki diş kalınlığının fren kuvvet oluşumuna ve buna bağlı olarak fren verim değerlerine etkisi incelenmiştir.

4.1 Fren Verimlerinin Değerlendirilmesi

0-30000 adet ölçüm aralığına sahip 1. fren test cihazında aracın arka aksında bulunan el

fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet değerleri ile fren verimleri hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumda iken ön aksta oluşan fren verimi %64,47, el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta oluşan fren verimi %59,45 olarak hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumdaki ve boşta konumdaki ön frenlerde oluşan fren verim farkı 5,02 olarak hesaplanmıştır.

30000 - 50000 adet ölçüm aralığına sahip 2. fren test cihazında aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet değerleri ile fren verimleri hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumda iken ön aksta oluşan fren verimi %63,63, el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta oluşan fren verimi %58,82 olarak hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumdaki ve boşta konumdaki ön frenlerde oluşan fren verim farkı 4,81 olarak hesaplanmıştır.

50000 - 70000 adet ölçüm aralığına sahip 3. fren test cihazında aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet değerleri ile fren verimleri hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumda iken ön aksta oluşan fren verimi %62,49, el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta oluşan fren verimi %58,14 olarak hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumdaki ve boşta konumdaki ön frenlerde oluşan fren verim farkı 4,35 olarak hesaplanmıştır.

70000 - 95000 adet ölçüm aralığına sahip 4. fren test cihazında aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet değerleri ile fren verimleri hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumda iken ön aksta oluşan fren verimi %61,60, el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta oluşan fren verimi %57,76 olarak hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumdaki ve boşta konumdaki ön frenlerde oluşan fren verim farkı 3,84 olarak hesaplanmıştır.

95000 - 110000 adet ölçüm aralığına sahip 5. fren test cihazında aracın arka aksında

bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet değerleri ile fren verimleri hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumda iken ön aksta oluşan fren verimi %60,93, el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta oluşan fren verimi %57,26 olarak hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumdaki ve boşta konumdaki ön frenlerde oluşan fren verim farkı 3,67 olarak hesaplanmıştır.

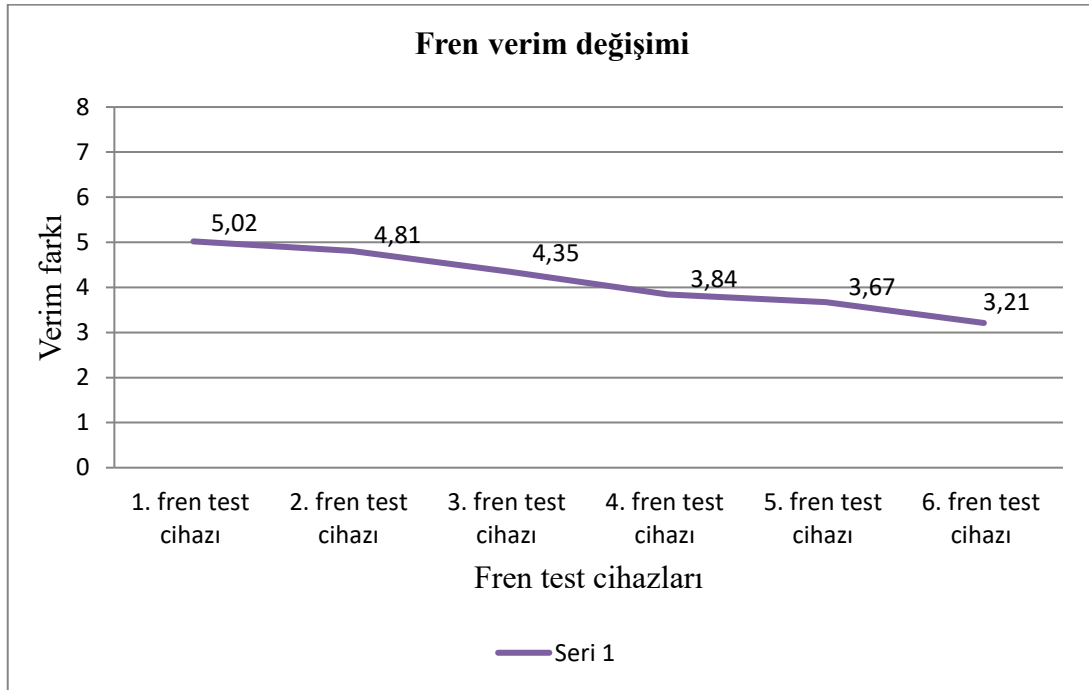
110000 - üstü adet ölçüm aralığına sahip 6. fren test cihazında aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet değerleri ile fren verimleri hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumda iken ön aksta oluşan fren verimi %60,21, el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta oluşan fren verimi %57,00 olarak hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumdaki ve boşta konumdaki ön frenlerde oluşan fren verim farkı 3,21 olarak hesaplanmıştır.

Farklı kullanım adetlerine sahip fren test cihazlarından, Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet değerlerine bağlı olarak hesaplanan fren verimleri ve bu verimler arasındaki farklar Çizelge 4.1'de görünmektedir.

Çizelge 4.1 Fren verim farkları.

Test cihazları	Ön aks fren verimi (%) (el freni boşta)	Ön aks fren verimi (%) (el freni çekili)	Verim Farkı
1. fren test cihazı	59,45	64,47	5,02
2. fren test cihazı	58,82	63,63	4,81
3. fren test cihazı	58,14	62,49	4,35
4. fren test cihazı	57,76	61,60	3,84
5. fren test cihazı	57,26	60,93	3,67
6. fren test cihazı	57,00	60,21	3,21

Fren test cihazlarında kullanım adetlerine göre en az kullanım adedinden en fazla kullanım adedine doğru aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşa konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet ortalamaları ile hesaplanan ön aks fren verim fark değerlerinin azaldığı görülmektedir. Fren test cihazlarında kullanım adetleri arttıkça el freni çekili ve el freni boşa konumda elde edilen fren verimleri arasındaki farkların azaldığı görülmektedir. Azalma miktarını gösterir grafik Şekil 4.1'de görülmektedir.



Şekil 4.1 Fren test cihazları kullanım adetleri arttıkça el freni çekili ve el freni boşa konumları arasındaki fren verim fark değerleri arasındaki ilişki.

4.2 Fren Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi

0-30000 adet ölçüm aralığına sahip 1. fren test cihazında aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşa konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet değerleri ortalamaları hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumda iken ön aksta oluşan fren kuvvet ortalaması 509,33 daN, el fren sistemi boşa konumda iken ön aksta oluşan fren kuvvet ortalaması 469,67 daN olarak hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumdaki ve boşa konumdaki ön aksta oluşan fren kuvvet ortalamalarındaki sapma %7,79 olarak hesaplanmıştır.

30000 - 50000 adet ölçüm aralığına sahip 2. fren test cihazında aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet değerleri ortalamaları hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumda iken ön aksta oluşan fren kuvvet ortalaması 502,67 daN, el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta oluşan fren kuvvet ortalaması 464,67 daN olarak hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumdaki ve boşta konumdaki ön aksta oluşan fren kuvvet ortalamalarındaki sapma %7,56 olarak hesaplanmıştır.

50000 - 70000 adet ölçüm aralığına sahip 3. fren test cihazında aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet değerleri ortalamaları hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumda iken ön aksta oluşan fren kuvvet ortalaması 493,67 daN, el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta oluşan fren kuvvet ortalaması 459,33 daN olarak hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumdaki ve boşta konumdaki ön aksta oluşan fren kuvvet ortalamalarındaki sapma %6,95 olarak hesaplanmıştır.

70000 - 95000 adet ölçüm aralığına sahip 4. fren test cihazında aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet değerleri ortalamaları hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumda iken ön aksta oluşan fren kuvvet ortalaması 486,67 daN, el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta oluşan fren kuvvet ortalaması 456,33 daN olarak hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumdaki ve boşta konumdaki ön aksta oluşan fren kuvvet ortalamalarındaki sapma %6,23 olarak hesaplanmıştır.

95000 - 110000 adet ölçüm aralığına sahip 5. fren test cihazında aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet değerleri ortalamaları hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumda iken ön aksta oluşan fren kuvvet ortalaması 481,33 daN, el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta oluşan fren kuvvet ortalaması 452,33 daN olarak

hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumdaki ve boşta konumdaki ön aksta oluşan fren kuvvet ortalamalarındaki sapma %6,02 olarak hesaplanmıştır.

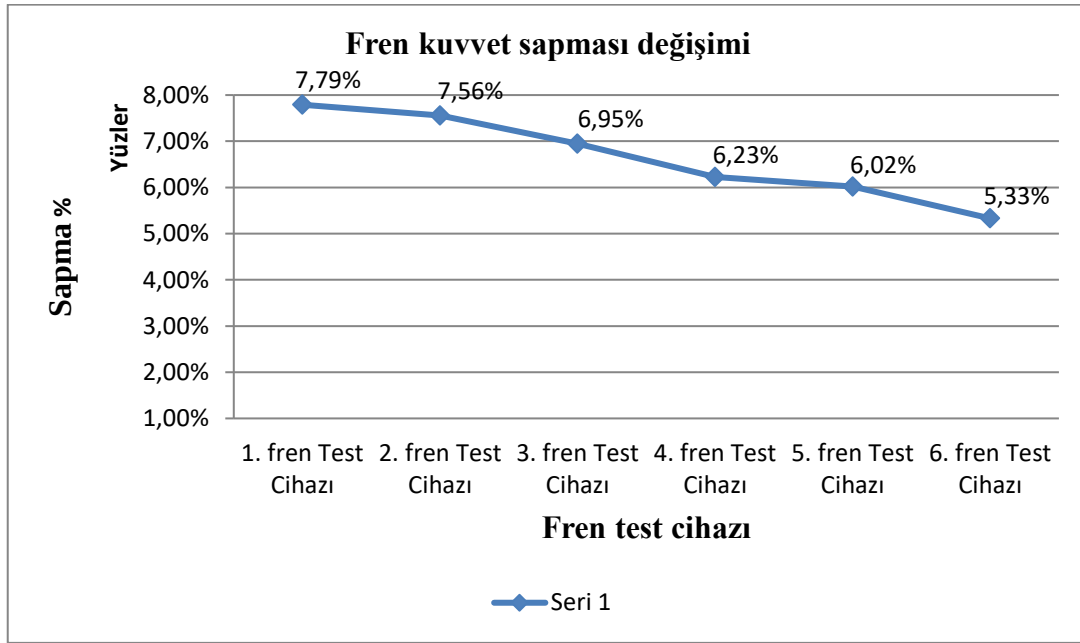
110000 - üstü adet ölçüm aralığına sahip 6. fren test cihazında aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet değerleri ortalamaları hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumda iken ön aksta oluşan fren kuvvet ortalaması 475,67 daN, el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta oluşan fren kuvvet ortalaması 450,33 daN olarak hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili konumdaki ve boşta konumdaki ön aksta oluşan fren kuvvet ortalamalarındaki sapma %5,33 olarak hesaplanmıştır.

Farklı kullanım adetlerine sahip fren test cihazlarından, aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet değerlerinin ortalamaları ve bu fren kuvvet ortalamaları arasındaki sapmalar Çizelge 4.2'de görünmektedir.

Çizelge 4.2 Ortalama fren kuvvetleri sapma değerleri.

Test cihazları	Ön aks fren kuvvet ortalaması (daN) (el freni boşta)	Ön aks fren kuvvet ortalaması (daN) (el freni çekili)	Fren Kuvvet Sapması
1. fren Test Cihazı	469,67	509,33	%7,79
2. fren Test Cihazı	464,67	502,67	%7,56
3. fren Test Cihazı	459,33	493,67	%6,95
4. fren Test Cihazı	456,33	486,67	%6,23
5. fren Test Cihazı	452,33	481,33	%6,02
6. fren Test Cihazı	450,33	475,67	%5,33

Fren Test cihazlarında kullanım adetlerine göre en az kullanım adedinden en fazla kullanım adedine doğru aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşa konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet ortalamaları ile hesaplanan ön aks fren kuvvet sapma değerinin azaldığı görülmektedir. Fren test cihazlarında kullanım adetleri arttıkça el freni çekili ve el freni boşa konumda elde edilen fren sapmaları arasındaki farkların azaldığı görülmektedir. Azalma miktarını gösterir grafik Şekil 4.2'de görülmektedir.



Şekil 4.2 Fren test cihazları kullanım adetleri arttıkça el freni çekili ve el freni boşa konumları arasındaki fren sapma değerleri arasındaki ilişki.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada farklı kullanım ömürlerine sahip fren test cihazlarında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlerde fren kuvvetleri, fren sapmaları, aks ağırlıkları ve fren verimi hesaplamaları yapılmıştır.

Aracın arka aksında mevcut olan el fren tertibatı boşta iken ön aks fren kuvvetleri ölçülmüş ve ortalama fren kuvvet değerleri hesaplanmıştır. Aynı şekilde aracın arka aksında mevcut olan el fren tertibatı çekili iken ön aks fren kuvvetleri ölçülmüş ve ortalama fren kuvvet değerleri hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet ortalamaları ile ön aks fren kuvvet sapmaları arasındaki ilişki incelenmiştir.

Çizelge 5.1 Fren kuvvet sapmaları.

1. fren test cihazı sapma	2. fren test cihazı sapma	3. fren test cihazı sapma	4. fren test cihazı sapma	5. fren test cihazı sapma	6. fren test cihazı sapma
%7,79	%7,56	%6,95	%6,23	%6,02	%5,33

Çizelge 5.1'de Fren test cihazlarında kullanım adetlerine göre en az kullanım adedinden en fazla kullanım adedine doğru aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet ortalamaları ile ön aks fren kuvvet sapma değerinin azaldığı görülmektedir. Fren kuvvet sapma değerinin %6,00' nın altında olan fren test cihazının, fren verim oluşumunda büyük rol oynayan fren test cihazı tambur diş derinliğinin azaldığı ve aşıntı miktarının kritik seviyeye geldiği görülmektedir.

Aracın arka aksında mevcut olan el fren tertibatı boşta iken ön aks fren kuvvetleri ölçülmüş ve ortalama fren kuvvet değerleri hesaplanmıştır. Aynı şekilde aracın arka aksında mevcut olan el fren tertibatı çekili iken ön aks fren kuvvetleri ölçülmüş ve ortalama fren kuvvet değerleri hesaplanmıştır. Aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşta konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet

ortalamları ile hesaplana ön aks fren verim farkları arasındaki ilişki incelenmiştir.

Çizelge 5.2 Fren verim farkları.

1. fren test cihazı verim farkı	2. fren test cihazı verim farkı	3. fren test cihazı verim farkı	4. fren test cihazı verim farkı	5. fren test cihazı verim farkı	6. fren test cihazı verim farkı
5,02	4,81	4,35	3,84	3,67	3,21

Çizelge 5.2'de Fren test cihazlarında kullanım adetlerine göre en az kullanım adedinden en fazla kullanım adedine doğru aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşa konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet ortalamları ile ön aks fren verim fark değerinin azaldığı görülmektedir. Fren verim fark değerinin 3,50' nin altında olan fren test cihazının, fren verim oluşumunda büyük rol oynayan fren test cihazı tambur diş derinliğinin azaldığı ve aşınıtı miktarının kritik seviyeye geldiği görülmektedir.

Yapılan bu çalışmada farklı kullanım adetlerine sahip fren test cihazlarında kullanım adetleri arttıkça aracın arka aksında bulunan el fren sistemi çekili ve el fren sistemi boşa konumda iken ön aksta ölçülen fren kuvvet ortalama değerlerine bağlı olarak ön aks fren kuvvet sapma değerlerinin azaldığı ve ön aks fren verim farkının azaldığı tespit edilmiştir. Fren kuvvet sapma değerinin %6,00 ve fren verim fark değerinin 3,50 'nin altında olması durumunda kullanılmakta olunan fren test cihazının fren tambur diş derinliklerinin teknik ekip tarafından kontrol edilmesi ve gerekli görülmesi durumunda fren kuvvet ve fren veriminin karalılığı açısından değişimi sağlanması gerektiği düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Araç Muayene İstasyonlarının Açılması İşletilmesi Hakkındaki Yönetmelik (AMİAİHY), 2004, Resmi Gazete, 23 Eylül 2004, 25592.
- Ay C, 2021, Disk Balata Çiftindeki Sıcaklık Dağılımının Frenleme Üzerine Etkisini İncelenmesi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, 96s, İstanbul.
- Arıkan N B, 1999, Otomobil ve Kamyonet Fren Sistemlerinin Bilinen Taşıt Verilerine Bağlı Tasarımı, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 129s, İstanbul.
- Aksu B, 2020, Ağır Vasıta Fren Sistemleri için ALB Test Cihazı Tasarımı, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 77s, Konya,
- Anonim, 2020, Taşıt Fren Sistemleri Testi Deney Föyü (Hidrolik Servo Fren Sistemi), Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa.
- Avunç T, 2007, Ağır Ticari Taşıtların Fren Sistemleri Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 117s, İstanbul.
- Bacak F. 2006, Taşıtlarda Düşey Yükün Frenleme Mesafesine Etkisinin Analizi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 104s, Afyonkarahisar.
- Bayrakçeken H, Altıparmak D, 2003, Frenleme Kuvveti ve Geliştirilen Fren Test Cihazında Frenleme Kuvvetinin Ölçülmesi, 3. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 18–20 Ağustos, Ankara.
- Bayrakçeken H, Düzgün M, 2005, Taşıtlarda Fren Verimi ve Frenleme Mesafesi Analizi, Politeknik Dergisi, 8 , 153–160.
- Bayrakçeken H, Altıparmak D, 2007, Fren Test Cihazı Tasarımı ve Frenleme Kuvveti Ölçüm Modellemesi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22, 21–26.
- Bayrakçeken H, Yavuz H, Aysal F E, Türkbay T, 2020, Taşıtlarda Farklı Frenleme Basınçlarında Yakıt Tüketimi ve Fren Kuvvetlerin Karşılaştırılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20, 356–361.

- Bayrakçeken H, Turkbay T, Aysal F E, Yavuz H, 2020, Panik Frenleme Davranışının Yarım Taşıt Test Cihazında İncelenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20, 730–740.
- Başar G, Buldum B B, Sugözü İ, 2018, Kulemanit ve Boraks Takviyeli Fren Balatlarının Sürtünme Performansı, El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi, 5, 635–644.
- Can İ, 2019, Taşıtlarda Kullanılan Fren Balata Malzemelerinde Tanecik Boyutunun Frenleme Performansı Üzerine Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 82s, Elazığ.
- Çataltepe V, 2008, Ticari Araçlar İçin Fren Faktörünün Deneysel ve Teorik Sonuçlarının Karşılaştırılması, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 102s, Gebze.
- Çolak H H, 2019, Seramik Karbon ve Seramik-Karbon Kaplı Fren Disklerinin Frenleme Performansına Etkisinin Araştırılması, Tarsus Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisan Tezi, 101s, Tarsus.
- Düzgün M, 2002, Motorlu Taşıtlarda Fren Deney Yöntemleri ve Performans Kriterlerinin Araştırılması, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 99s, Ankara.
- Eken Ö, 2011, Ticari Araçlarda Frenleme Dinamiği ECE Regölasyonları Kapsamında Test Ayrıntıları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 104s, İstanbul.
- Eken Ö, 2011, Ticari Araçlarda Frenleme Dinamiği ECE Regölasyonları Kapsamında Test Ayrıntıları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 107s, İstanbul.
- Erdem M, Altıparmak D, 2014, Fren Disk Sıcaklığının Frenleme Performansına Etkisi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Faköltesi Dergisi, 29, 425–432.
- Genç B, 2019, Binek Araçlarda Kullanılan Kampana Fren Sisteminin Özelliklerinin İyileştirilmesi ve Tasarımının Geliştirilmesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 257s, Manisa.
- Güner R, 2002, Römorklu çekicilerde frenleme performansı, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 133s, Bursa.

- Hamurişci Y, Kuralay N S, Topaç M M, 2010, Ağır Ticari Taşıt Frenleri İçin Test Düzenineğin Kavramsal Tasarımı, 5. Otomotiv Teknolojileri Kongresi, 07–08 Haziran, Bursa.
- Kahya K, 2017, Otomotiv Fren Balatalarında Farklı Bağlayıcı Malzeme Kullanımının Frenleme Performansına Etkisinin Araştırılması, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 81s, Mersin.
- Kapkın Ş, 1996, Araçlarda Frenleme Esnasında Fren Üzerinde Çıkan Sıcaklığın Bilgisayar Destekli İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 117s, İstanbul.
- Kozlu B, 2007, Motorlu Taşıtlarda Frenleme Gücü Geri Kazanım Sistemleri, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 107s, Eskişehir.
- Köylü H, Tural E, 2016, Sabit Fren Test Sistemlerinde İleri Fren Hatalarını Belirleyebilecek Bir Arayüzün Geliştirilmesi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22, 267–279.
- Mavi A, 2014, Taşıt Frenlerinde Sıcaklık Etkisine Bağlı Olarak Fren Kuvveti Değişiminin Deneysel Olarak İncelenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 79s, Afyonkarahisar.
- MEB, 2013, Motorlu Araçlar Teknolojisi, Fren Sistemleri. Ankara.
- Mutlu İ, Öner C, Özdin K, Yıldız E, 2006, Elyaf Katkılı Asbestsiz Disk Fren Balatalarında Sürekli Frenleme Veriminin İncelenmesi, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 98–102.
- Okumuş N, 2012, Römorklu Çekicilerde Frenleme Performansı, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 94s, İstanbul.
- Öktem H, Uygur İ, Yücel U, 2018, Yeni Bir Tip Balata Test Cihazının Geliştirilmesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22, 350–356.
- Öncel Y, 2020, Fren Diskinin Fea(Sea) Analizi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 88s, İstanbul.
- Özçelik A, 2021, Ağır Vasıta Fren Sistemleri için Dört yollu Emniyet Valfi Test Cihazı Tasarımı, Gerçekleştirilmesi ve Uygulaması, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 138s, Konya.

- Pektaş S H, 2006, Fren Mekanizması Yorulma Testinin Fea Metoduyla Simülasyonu, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 63s, İzmir.
- Sugözü B, Dağhan B, 2018, Fren Sürtünme Malzemelerinde Aşındırıcıların (Alümina, Silika, Zirkon) Tribolojik Özellikleri, Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7, 14–23.
- Şahin Y, 2019, Fren Test Tamburu Rulman Titreşim Değerlerinin Zamana Bağlı Olarak Belirlenmesi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 79s, Düzce.
- Timur M, 2014, Otomotiv Fren Balatalarının Sürtünme Sonucu Oluşan Aşınma Direncinin ve Termal Etkileşimin Otomatik Test Sistemi ile Tespit Edilmesi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 197s, Edirne.
- Toklucu M, 2020, Ağır Vasıta Fren Sistemleri için Sızdırmazlık Test Cihazı Tasarımı, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 80s, Konya.
- Üstün N S, 2011, Otomotiv Endüstrisi için Bir Disk Fren Balatası Üretimi ve Performansın İncelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 130s, Isparta.
- Yavuzaslan N, 2006, Otomobillerde Fren Sistemleri ve İncelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 169s, İstanbul.
- Vatansever Y, 2019, Dört Akslı Bir Ağır Hizmet Aracına Ait Fren Sisteminin Bilgisayar Destekli Tasarım ve Analizi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 102s, İzmir.
- Yüce S, 2013, Otomotiv Fren Balatası Sürtünme Test Cihazı Tasarımı ve İmalatı, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 102s, Mersin.

İnternet Kaynakları

- 1-<https://www.yardimcilar.com.tr/ProductDetail.asp?LID=TR&M=M&SUB3=&SUB2=264&SUB1=31&MAID=3&PID=604&SUB2N=Binek%20Fren%20Test%20%20Cihaz%C4%B1&SUB3N=&MAIDN=/>, 20.05.2022
- 2-<https://www.muhandisbeyinler.net/fren-sistemleri-ve-cesitleri/>, 21.05.2022