T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AĞIR VASITA FREN SİSTEMLERİ İÇİN ALB TEST CİHAZI TASARIMI

BEKİR AKSU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

AĞUSTOS- 2020
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AĞIR VASITA FREN SİSTEMLERİ İÇİN ALB TEST CİHAZI TASARIMI

Bekir AKSU

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hayrettin DÜZCÜKOĞLU

2020,70 Sayfa

Jüri
Danışman: Prof. Dr. Hayrettin DÜZCÜKOĞLU
Prof.Dr. Hasan AYDOĞAN
Dr.Öğr. Üyesi Mustafa KARAGÖZ

Fren sistemi, hareket halindeki taşıtın hızının sabit tutulması, yavaşlatılması, durdurulması ve park halinde iken sabitlenmesi amacı ile kullanılmaktadır. Ağır vasıta taşıtlar çoğunlukla havalı fren sistemine sahiptir. Ülkemizde karayolları trafiğinde seyir eden yolcu ve yük taşıyan araçların fren sisteminde kullanılan tüm parçalar "Belirli Motorlu Araç Sınıflarının ve Römorklarının Frenleme Düzenekleri ile ilgili Tip Onayı Yönetmeliği (71/320/AT)" ne uygun olarak üretilmeli, kullanılmalı ve yetkilendirilmiş muayene kuruluşlarınca yasal periyodlarda muayene testleri gerçekleştirilmelidir. Kamyon, Çekici, Römork, Yarı Römork, Otobüs gibi ağır vasıta taşıtların fren sistemlerinde taşıtın arka fren kuvvetlerini taşıtın yüküne göre artıran veya azaltan ALB adı verilen yük ayar ventilleri kullanılmaktadır. ALB ağır vasıta taşıtlarda mekanik veya pnömatik olarak kullanılabilmektedir. Bu 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, güvenirliğinin arttırılması, zamandan ve iş gücünden tasarruf edilebilmesi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: ALB, Havalı fren sistemi, Yük ayar ventili,

ABSTRACT

MS THESIS

DESIGN OF ALB TESTER FOR HEAVY VEHICLE BRAKE SYSTEMS

Bekir AKSU

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE AUTOMOTIVE ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Hayrettin DÜZCÜKOĞLU

2020, 70 Pages

Jury
Advisor: Prof. Dr. Hayrettin DÜZCÜKOĞLU
Prof.Dr. Hasan AYDOĞAN
Dr.Öğr. Üyesi Mustafa KARAGÖZ

The brake system is used to keep the speed of the moving vehicle constant, slow down, stop it and fix it while parked. Heavy vehicles often have an air assisted hydraulic brake system. In our country, all parts used in the braking system of passenger and cargo vehicles traveling in road traffic should be produced in accordance with the "Type Approval Regulation (71/320 / AT) on the Braking Arrangements of Certain Motor Vehicle Classes and Trailers" and they should be used and their inspection tests should be carried out in legal periods by authorized inspection institutions. In the brake systems of heavy vehicles such as Trucks, Trailers, Trailers, Semi Trailers, Buses, load adjusting valves called ALB are used, which increase or decrease the rear brake forces of the vehicle according to the load of the vehicle.ALB can be used mechanically or pneumatically in heavy vehicles. In this study, a test device was designed by using the microcontroller card, pressure sensor, LCD screen in order to make the test alone, without performing help, and to increase the reliability of the test, by the operator performing the pneumatic ALB test. As a result of the study, it is provided that the operator can perform the Pneumatic ALB test alone, increase reliability, and save time and labor.

Keywords: ALB (Load sensing valve), Air Brake System, Load regulating valve,

ÖNSÖZ

Bu çalışmada havalı fren sistemine sahip ağır ticari araçlarda yapılan ağır vasıta ALB testi için test cihazı tasarlanmıştır.

Çalışmalarım sürecinde güven ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Hayrettin DÜZCÜKOĞLU'na, test cihazının yapım aşamasında yardım ve desteğini esirgemeyen Mehmet TOKLUCU, Erkan TOKLUCU ve Hasan UZAL'a, yapılan deneylerde vermiş oldukları destekten dolayı TÜVTÜRK KYC Seydişehir araç muayene istasyonunda çalışan takım arkadaşlarıma, çalışmalarım boyunca bana olan güvenlerini ve desteklerini her zaman yanımda hissettiğim Eşime, çocuklarıma ve sevgili aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Bekir AKSU
KONYA-2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **ii**

ABSTRACT ..... **iii**

ÖNSÖZ ..... **iv**

İÇİNDEKİLER ..... **v**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **2**

3. FREN SİSTEMLERİ **5**

3.1. Araç Sınıfları 6
3.1.1. Araç Tanımları 8
3.2. Fren Sistemleri ve Tarihçesi 15
3.3. Ağır Ticari Araçlarda Fren Sistemi 18

4. AĞIR VASITA ARAÇLARDA KULLANILAN TEST CİHAZLARI **20**

4.1. Ağır Vasıta Fren Test Cihazı 20
4.2. Direksiyon Boşluk Test Cihazı 23
4.3. Far Ayar Kontrol Cihazı 24
4.4. Dizel Egzoz Emisyon Ölçüm Cihazı 25
4.5. Benzinli Egzoz Emisyon Ölçüm Cihazı 26
4.6. Lazer Boyut Ölçüm Cihazı 27
4.7. Manometreler 29

5. MATERYAL VE YÖNTEM **35**

5.1. ALB TESTİ 35
5.2. Tasarım Öncesi Hazırlıklar 37
5.4. Test Cihazı Kullanımı 56

6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **61**

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **67**

7.1. Sonuçlar 67
7.2. Öneriler 67

KAYNAKLAR **68**

ÖZGEÇMİŞ **70**

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

F_{max}	: Aynı aksta oluşan en büyük fren kuvveti
F_{min}	: Aynı aksta oluşan en küçük fren kuvveti
F_1	: 1. Aksta oluşan fren kuvvetleri toplamı
F_2	: 2. Aksta oluşan fren kuvvetleri toplamı
F_n	: n tane aksta oluşan fren kuvvetlerinin toplamı
n	: Aks sayısı
L	: Kurs boyu

Kısaltmalar

ALB	: Automatic Loading of Brake Valve
AİTM	: Araç İmal Tadil Montaj Yönetmeliği
CE	: Conformite Europeenne
ECE-R13	: Economic Commission For Europe (Motorlu Taşıtların Frenlerinin Onayı) Yönetmeliği
TSE	: Türk Standartlar Enstitüsü
ISO	: International Organization For Standardization
EN	: Europeane Norm
DC	: Doğru akım
AC	: Alternatif akım
IDE	: Integrated Development Environment
V	: Volt
A	: Amper
mA	: Mili Amper
CPU	: Central Processing Unit
RAM	: Random Access Memory
ROM	: Read Only Memory
LCD	: Liquid Crystal Display
PWM	: Pulse Width Modulation
ADC	: Analog Digital Converter
Mhz	: Megahertz
KB	: Kilobayt
Mm	: Milimetre
VCC	: Collector Supply Voltage
GND	: Ground
Mpa	: Mega pascal
WABCO	: Westinghouse Air Brake Company

1. GİRİŞ

Ulaşım, günümüzde sürdürebilir gelişmelerin devamlılığının sağlanmasında en önemli araçlardan birisidir. Taşıta hareket vermek kadar, trafik güvenliği açısından hareket eden taşıtı durdurmak da en önemli etkenlerden birisidir. Buda frenleme adını verdiğimiz sistemlerle gerçekleşmektedir. Fren, hareket halindeki bir cismi durdurmak veya hızını azaltmak için kullanılan düzenektir. Frenlerin çoğu döner mekanik parçalar üzerine etki yaparak mekanik, hidrodinamik ya da elektriksel yolla kinetik enerjiyi absorbe ederler. Frenleme yapmak için kullanılan sistemlere fren sistemi adı verilmekte ve bu sistem, hayatımızın birçok alanında vazgeçilmez olan karayolu taşıtlarında ani durumlarda taşıtın yavaşlatılması, durdurulması veya sabit tutulması için kullanılmaktadır. Trafik güvenliği açısından hayati öneme sahip olan fren sistemi, özellikle yük veya yolcu taşımacılığında kullanılan ağır ticari araçlar için, taşıtın kararlılığını sağlayarak, en kısa zaman ve mesafede taşıtı emniyetli bir şekilde yavaşlamasını veya durmasını sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

İnsanların can ve mal güvenliği için çok önemli bir yere sahip olan fren sistemi, özellikle yük ya da yolcu taşıma amaçlı kullanılan ağır ticari taşıtlarda mümkün olduğunca taşıt stabilitesini koruyacak, en kısa zamanda ve mesafede taşıtı emniyetli bir şekilde yavaşlatacak veya durduracak şekilde tasarlanmalıdır. Bu nedenle ağır ticari araçlarda daha fazla fren basıncı elde etmek amacıyla pnömatik adını verdiğimiz havalı fren sistemleri kullanılmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Düzgün (2002), frenleme performansları ve durma mesafesine ilişkin çalışarak fren testleri yapılmış olup, durma mesafesine eden faktörler incelenmiştir. Yapılan deneylerde frenleme performansı ve durma mesafesindeki faktörleri sınıflandırmıştır.

Artus ve ark. (2005), frenleme performansını fren disklerindeki sıcaklıkla paralel olduğunu ifade etmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada elde ettiği verilerle bunu kanıtlamışlardır.

Bowlin ve ark. (2006), çoğunlukla ağır vasıtalarda kullanılan havalı fren sistemlerinin basınçlarını kontrol eden bir program üzerinde çalışmışlardır. Geliştirdikleri bu programın yardımcı fren sistemlerine dayanak oluşturması bakımında önemli olduğunu belirtmişlerdir. Havalı fren sisteminde frenleme esnasında basınç değerinin görülmesine olanak sağlamışlardır.

Avunç (2007), dingil ilavesindeki taşıtın fren sisteminin yeniden tasarlanması ve dingil ilavesi yapılan Man marka Kamyonda, diğer taşıtlarda yaygın olarak kullanılan çift makaslı dengeli süspansiyon sisteminin frenleme performansına negatif etkisi olduğu bunun alternatif süspansiyon sistemleriyle giderilmesinin mümkün olduğunu vurgulamıştır.

Ramaratham (2008), havalı fren sisteminin bakım ve kontrole karşı duyarlı olduğu, fren odasındaki basınç kaybının başta frenleme olmak üzere birçok sistem üzerinde etkili olduğunu, fren odasındaki basıncın tespiti ile ilgili algoritma geliştirmiştir. Geliştirilen algoritma motorlu taşıt güvenlik standartlarına ve motorlu taşıyıcılar güvenlik idaresi normlarına uygunluğunu belirtmiştir.

Çataltepe (2008), ticari taşıtlarda fren etkinliğinin artırılmasına yönelik birçok çalışma mevcut olup bu çalışmada fren faktörü teorik olarak hesaplanarak deneysel verilerle karşılaştırılarak benzer sonuçlara ulaşmıştır. Fren faktörü, balata-pabuç sistemine uygulanan kuvvete karşılık alınan frenleme kuvveti büyüklüğünün bir göstergesi olup, ticari araçlarda yaygın kullanılan kampanalı S-kam havalı frenlerin, geometrisi, balata, kampana sürtünme özellikleri ve frenleme verimi fren faktörü olarak hesaplanmaktadır.

Düzgün (2009), ABS donanımlı araçlarda frenleme basıncı ve pedal kuvvet verilerinin analizin yapıldığı test cihazı geliştirilmiştir. ABS fren sisteminin performansına ilişkin veriler ortaya konulmaktadır.

Demir (2009), fren disklerine uygulanan kaplamaların frenleme performansına etkisi araştırılmıştır. Yapılan deneysel testlerde kaplama yapılan disklerin korozyon direncine ve sürtünme katsayısı bakımından orijinal diskten daha iyi performans gösterdiğini belirtilmiştir.

Toros (2011), fren performansında önemli bir yere sahip olan fren balatalarında grafit yerine karbon nano tüp konularak balata numunesi bakır (% 70), kalay (% 9), demir (% 12), kurşun (% 9) kimyasal bileşimlerine, grafit/karbon nano tüp ağırlıkça %0,5, %1, %2 ve %4 oranlarında üretilmiştir. Üretilen grafitli ve karbon nano tüplü numunelerin frenleme performansına etkileri, 150-200 ve 250 N'luk pedal kuvvetine bağlı olarak 10 dakikalık denemelere tabii tutulmuşlardır. Deney sonucunda 10 dakikalık zamana göre karbon nano tüplü bileşimlerde maksimum frenleme momenti B2 numunesinde, sıcaklık 159 ºC, aşınma 4,6865 gr, disk sıcaklığı 360 ºC olarak ölçülmüştür.150- 200 – 250 N pedal kuvvetinde yapılan deneylerde, "frenleme momenti – zaman", "balata sıcaklık– zaman", "diskin sıcaklık – zaman" grafikleri oluşturularak numunelerin aşınma miktarlarının yoğunluk değişimi araştırılmıştır.

Kara (2011), bu çalışmada fren balataları farklı büyüklüklerde (5,7,5,10 mm) karbon fiber malzemelerle balata numuneleri hazırlanarak dökme demir disk üzerinde sürtünme testi yapılmış olup, sürtünme katsayısı ve grafikler elde edilerek en düşük sürtünme katsayısının 10 mm uzunlukta hazırlanan karbon elyaf katkılı balata numunesinde elde edilmiştir.

Öz (2012), hafif ticari araçların aşınmış fren disklerinin kaplanarak yeniden kullanılabilmesi ilişkin çalışmadır. Tungsten karbür kobalt malzemesi ile püskürtme yöntemiyle kaplanan disklerle orijinal diskler üzerinde yapılmış olan testlerde kaplama yapılmış disklerin orijinal diskten daha yüksek frenleme performansı gösterebileceği ve ticari kullanım için uygun özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Kaplan, (2014), bu çalışmada ağır vasıtalarda yaygın olarak kullanılan havalı fren sistemlerinin güvenlik ve performans yönünden iki farklı deney düzeneği kontrolü için test panosu geliştirmiştir. Yapılan testlerde deney aracında fren basınç kayıplarının olduğu ve fren performansına olumsuz etkileri, fren körüğünün görevini tam yapmadığı hava tüplerinin boşaltılmasında yağ tespit edildiği ve bu durumun fren kuvvetlerini olumsuz etkilediği tespit edilmiştir.

Şimşek (2015), yapılan çalışmada, arduino geliştirme kartları ile tasarlanan üç deney grubu yapılmıştır. Bunlardan birinci deney grubu üzerinde sensörler, ikinci deney

grubu üzerinde bir adet step motor ve üçüncü deney grubunda üzerinde bir adet DC, bir adet servo motor bulunmakta olup, deney gruplarının bağlı bulundukları sunucu bilgisayar ile veri iletişimi denetleyici alan ağı ile sağlanmıştır.

Keskin (2015), frenleme esnasında balata ile diskin birbirine uyguladığı kuvvetler aracın bütünü göz önüne alındığında iç kuvvet olarak kalmaktadır. Bu nedenle fren balatasının diske uyguladığı basınç sonucu ortaya çıkan sürtünme kuvveti ile aracın ivmesi arasında doğrudan bir bağlantı kurulamaz. Bu nedenle balatanın diske uyguladığı basınç ile aracın ivmesi arasında bir bağıntı kurulması için otomobilde frenleme dinamiği üzerine bir model kurulmuştur. Bu model kullanılarak diske uygulanan basınç ile ivme arasında bir ilişki kurulmuştur. Fren diskinin ısıl analizi için yine birtakım kabuller altında bir model oluşturulmuş ve bu modeli oluşturan denklemler çözülerek fren sıcaklığı zamana bağlı olarak bulunmuştur. Bu modelde ısı geçişi tek boyutta modellenmiş, iletim ihmal edilmiş ve diske uygulanan basınç düzgün dağılımlı, balata ile disk arasındaki sürtünme katsayısı sabit kabul edilmiştir. Son olarak elde edilen bulgular literatürdekilerle karşılaştırılmış ve modelin doğrulaması yapılmıştır. Doğrulamanın ardından izlenen yaklaşım gerçek hayattaki şartlar için kullanılmış ve disk sıcaklıklarının yüksek sıcaklıklara çıkabileceği, bu nedenle farklı tasarımlar yapılmasının gerekliliği gösterilmiştir.

Akdağ, (2018), ağır ticari kamyonlarda kullanılan kampanalı frenlerin titreşim karakteristikleri, fren çığlığını incelemek için sonlu elemanlar yöntemi ile çalışmıştır. Sürtünmeli temasta olan tambur ve balataların doğal frekansları ve titreşim şekilleri ANSYS kullanılarak belirlenmiştir. Bu analiz için Block Lanczos çözücü tercih edilmiştir. Sonlu eleman sonuçlarını deneysel olanlarla karşılaştırmak için deneysel model testler gerçekleştirmiştir. Ardından, fren sisteminin gürültü karakteristikleri bir dizi dynamometer testi yapılarak elde edilmiştir. Bu deneylerde, gürültüyü azaltmak ve ortadan kaldırmak için dört parametre seçilmiştir. Seçilen parametreler yavaşlama hızı, basınç, sıcaklık ve sürtünme katsayılarıdır. Elde edilen sonuçları çizelge ve grafiklerde sunmuştur.

3. FREN SİSTEMLERİ

Gelişen teknolojiyle birlikte taşıtlarda konforun yanı sıra hız ve ağır ticari araçlardaki yük kapasitesinin sürekli artması etkili ve güçlü fren sistemlerinin geliştirilmesi ihtiyacını doğurmaktadır. Taşıt frenleri seyir halindeki taşıtın hızını kontrol etmek ve etkili bir durma sağlayabilmek açısından yol güvenliğine doğrudan etki etmektedir (Erdem ve Altıparmak, 2014).

Motorlu taşıtlarda can ve mal güvenliği açısından en önemli unsulardan bir tanesi de aracın frenleme performansıdır. Frenleme performansını etkileyen başlıca faktörler; taşıtın azami yüklü ağırlığı, yürür vaziyetteki ağırlığı, taşıt üzerindeki fren sisteminin özelliği, ön ve arka akstaki tekerleklerin frenleme kuvvetleri, fren sistemini etkileyebilecek yük ve yol şartlarıdır (Bayrakçeken ve Düzgün, 2005). Taşıtlarda kullanılan fren sistemlerini genel olarak mekanik frenler, hidrolik frenler, havalı (pnömatik) frenler ve elektrikli frenler olmak üzere dört başlık altında toplanabilir (Özbaş, 2017). Hidrolik fren sisteminde yeterli gücün sağlanamaması nedeniyle ağır vasıtalarda pnömatik fren sistemleri kullanılmaktadır. Pnömatik fren sisteminde kompresörden elde edilen basınçlı hava, aracın yük ve yol durumuna göre tekerleğe istenilen basınçta gönderilmektedir. Tekerleklere gönderilecek olan havayı kontrol eden sistemlerden birisi de Automatic Loading of Brake Valve (ALB) sistemidir.

Fren sisteminde kullanılan tüm parçalar “Belirli Motorlu Araç Sınıflarının ve Römorklarının Frenleme Düzenekleri İle ilgili Tip Onayı Yönetmeliği (71/320/AT)” ye uygun olarak üretilmeli, kullanılmalı ve yetkilendirilmiş muayene kuruluşlarınca yasal periyodlarda muayene testleri gerçekleştirilmelidir (Motorlu Araçlar ve Römorkları Tip Onayı Yönetmeliği, 2009). Ülkemizde karayolları trafiğinde seyir eden yolcu ve yük taşıyan araçlar ile ilgili olarak 2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu ve Karayolları Trafik Yönetmeliğinin 35. Maddesinde “Tescile bağlı araçların muayenelerini yapmak veya yaptırmak, muayene istasyonlarını denetlemek” hükmü yer almaktadır (2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu, 1983) Araç muayene istasyonlarının açılması ve işletilmesi hakkındaki yönetmeliğin yayımlanması ile birlikte 01.01.2005 tarihi itibari ile Ulaştırma ve Alt Yapı Bakanlığı denetiminde faaliyet gösteren 210 sabit, 74 Mobil, 5 Motosiklet, 13 Mobil Traktör muayene istasyonu, ISO 17020 standartlarında ülkemizdeki araçların yasal periyodlarda muayeneleri gerçekleştirilmektedir. 26735 Sayılı 19 Aralık 2007 tarihli Resmî Gazete de “Araç muayene istasyonlarının açılması, işletilmesi ve araç muayenesi hakkında değişiklik yapılmasına dair yönetmelik” te (

Araç Muayene İstasyonlarının Açılması, İşletilmesi ve Araç Muayenesi Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, 2007), zorunlu olarak teste tabi tutulacak parçaların listesi yayımlanmıştır. Havalı fren sistemine sahip ağır vasıta araçların periyodik muayenelerinde yasal zorunluluk olarak, Fren testi, Sızdırmazlık testi, Dört yollu kontrol valfi testi, ALB testi (Mekanik veya Pnömatik), Sarı ve Kırmızı kaplin koparma testleri, Check valf testleri yapılmaktadır.

3.1. Araç Sınıfları

2918 sayılı Karayolları ve Trafik kanunun amacı, karayollarında, can ve mal güvenliği yönünden trafik düzenini sağlamak ve trafik güvenliğini ilgilendiren tüm konularda alınacak önlemleri belirlemektir.

Karayolları trafik yönetmeliği, Araçların İmal Tadil ve Montajı hakkındaki yönetmelik (Araçların İmal, Tadil ve Montaj Hakkındaki Yönetmelik, 2016) ve Motorlu Araçlar ve Römorkları tip onay yönetmeliğinde (Motorlu Araçlar ve Römorkları Tip Onayı Yönetmeliği, 2009) araç sınıfları ve tanımları yer almaktadır.

Araç Sınıfları;

L Sınıfı: Motosiklet veya motorlu bisikleti ifade eden bu araç sınıfında silindir hacmine ve ağırlığına bağlı olarak altı gruba ayrılmaktadır. Bunlar;

L1 Sınıfı: Moped olarak tanımlanan silindir kapasitesi 50 cm^3'ü, geçmeyen iki tekerlekli araçtır.

L2 Sınıfı: Moped olarak tanımlanan silindir kapasitesi 50 cm^3'ü, geçmeyen üç tekerlekli araçtır.

L3 Sınıfı: Motosiklet olarak tanımlanan silindir kapasitesi 50 cm^3'ü geçen iki tekerlekli araçtır.

L4 Sınıfı: Sepetli motosiklet olarak tanımlanan silindir kapasitesi 50 cm^3'ü geçen iki tekerlekli araçtır.

L5 Sınıfı: Araçta simetrik olarak üç tekerlek bulunan ve silindir kapasitesi 50 cm^3'ü geçen araçtır.

L6 Sınıfı: Akü ağırlığı hariç yürür vaziyetteki kütlesi 350 kg ve silindir kapasitesi 50 cm^3'ü, geçmeyen ATV olarak bilinen dört tekerlekli araçtır.

L7 Sınıfı: Akü ağırlığı hariç, yürür vaziyetteki kütlesi 400 kg ve yük taşıma amacı güden araçlarda ise yürür vaziyetteki kütlesi 550 kg geçmeyen, dört tekerlekli araçtır.

M Sınıfı: Yolcu taşımak için imal edilmiş en az dört tekerlekli motorlu araçlar olup üç gruba ayrılırlar. Bunlar;

M1 Sınıfı: Yolcu taşımak için imal edilen sürücü dâhil dokuz adet koltuğa sahip motorlu araçlardır.

M2 Sınıfı: Yolcu taşımak için imal edilen sürücü dâhil en az on koltuk ve üzeri olan azami yüklü ağırlığı 5000 kg geçmeyen motorlu araçlardır. Koltuk sayısına göre otobüs ve minibüs olabilirler.

M3 Sınıfı: Yolcu taşımak için imal edilen sürücü dâhil en az on koltuk ve üzeri olan azami yüklü ağırlığı 5000 kg geçen motorlu araçlardır. Koltuk sayısına göre otobüs ve minibüs olabilirler.

N Sınıfı: Yük taşımak için imal edilen en az dört tekerlekli motorlu taşıtlardır. Azami yüklü ağırlıklarına göre üç gruba ayrılırlar.

N1 Sınıfı: Yük taşımak için imal edilen, azami yüklü ağırlığı 3500 kg geçmeyen motorlu araçtır.

N2 Sınıfı: Yük taşımak için imal edilen, azami yüklü ağırlığı 3500 kg geçen, 12000 kg geçmeyen motorlu araçtır.

N3 Sınıfı: Yük taşımak için imal edilen, azami yüklü ağırlığı 12000 kg geçen motorlu araçtır.

O Sınıfı: Yük taşımak için imal edilen ve motorlu araç tarafından çekilen römork veya yarı römork araçlardır. Azami yüklü ağırlığına göre dört gruba ayrılırlar.

O1 Sınıfı: Azami yüklü ağırlığı 750 kg geçmeyen hafif römork ve yarı römork motorsuz yük taşıma aracıdır.

O2 Sınıfı: Azami yüklü ağırlığı 750 kg geçen, 3500 kg geçmeyen ağır römork ve yarı römork motorsuz yük taşıma aracıdır.

O3 Sınıfı: Azami yüklü ağırlığı 3500 kg geçen, 10000 kg geçmeyen ağır römork ve yarı römork motorsuz yük taşıma aracıdır.

O4 Sınıfı: Azami yüklü ağırlığı 10000 kg geçen ağır römork ve yarı römork motorsuz yük taşıma aracıdır (Tüvtürk, 2014)

3.1.1. Araç Tanımları

Otomobil; M1 sınıfında yer alan insan taşımak için imal edilmiş, sürücüsü dâhil en fazla dokuz oturma yeri olan motorlu taşıttır. Şekil 3.1'de bir otomobil resmi verilmektedir.



Şekil 3.1 Otomobil (Tüvtürk, 2014).

Minibüs; Yapısı itibarıyla, sürücü dâhil en az on ve en fazla on yedi adet koltuk sayısına sahip M sınıfı motorlu taşıtlardır. Şekil 3.2'de bir minibüs resmi verilmektedir.



Şekil 3.2 Minibüs (Tüvtürk, 2014).

Kamyonet; Yük taşımak için imal edilmiş N1 sınıfına giren azami yüklü ağırlığı 3500 kg'ı geçmeyen motorlu taşıttır. Sürücü ve yanındaki oturma yerleri dışında başka oturma yeri de bulunabilen, sürücü bölümü gövde ile birleşik kamyonetlere panelvan denir. Şekil 3.3'te bir kapalı kasa kamyonet resmi verilmektedir.



Şekil 3.3 Kamyonet (Tüvtürk, 2014).

Kamyon; Yük taşımak için imal edilmiş azami yüklü ağırlığı 3500 kg'dan fazla olan üst yapısı kapalı veya açık kasa olabilen N sınıfı motorlu taşıttır. Şekil 3.4'te bir kamyon resmi verilmektedir.



Şekil 3.4 Kamyon

Otobüs; Yolcu taşımacılığında kullanılan, sürücüsü dâhil on sekiz veya daha fazla koltuk sayısına sahip motorlu taşıttır. Troleybüsler de bu sınıfa dâhildir. Şekil 3.5'te bir otobüs resmi verilmektedir.



Şekil 3.5 Otobüs

Çekici; Yapısı itibarıyla römork ve yarı römork çekmek için imal edilen N sınıfında yer alan yük taşımayan motorlu taşıttır. Şekil 3.6'da bir çekici resmi verilmektedir.



Şekil 3.6 Çekici (Tüvtürk, 2014).

Arazi Taşıtı; Yolcu veya yük taşıma amaçlı imal edilen ön ve arka aksı motordan güç alan motorlu taşıttır. Arazi taşıtları G sembolüyle ifade edilmektedir. Şekil 3.7'de bir arazi taşıtı resmi verilmektedir.



Şekil 3.7 Arazi Taşıtı

Özel Amaçlı Taşıt; Tadilat projesiyle amacına göre dizayn edilen gövde yapısı SG olan, İtfaiye, Cankurtaran, Cenaze, Radyo, Sinema, Televizyon, Kütüphane, Araştırma araçları ile bozuk veya hasara uğramış taşıt ve araçları çekmek veya taşımak, kaldırmak gibi özel işlerde kullanılan motorlu araçtır. Şekil 3.8'de itfaiye aracı resmi verilmektedir.



Şekil 3.8 İtfaiye Aracı

Personel Servis Aracı; Özel ve kamu kurum personellerinin belli sözleşmeler dâhilinde minibüs ve otobüs türündeki ticari araçlarda taşınmasıdır. Şekil 3.9'da bir personel servis aracı resmi verilmektedir.



Şekil 3.9 Personel Servis Aracı

Umum Servis Aracı; Okul taşıtlarının özelliklerini taşıyan aynı zamanda personel servis aracı olarak ta kullanılan motorlu araçlardır. Şekil 3.10'da bir umum servis araç resmi verilmektedir.



Şekil 3.10 Umum Servis Aracı

Kamp Taşıtı; Yapısı itibarıyla tatil yapmak üzere iç dizaynı yapılan ve bunun için, gereken araç ve gereçlere sahip motorlu taşıttır. Şekil 3.11'de bir kamp taşıtı resmi verilmektedir.



Şekil 3.11 Kamp Taşıtı

Römork; O sınıfında yer alan römorklar, motorlu araçlar tarafından çekilmek üzere imal edilmiş motorsuz taşıttır. Yük ve insan taşımacılığında kullanılmakta olup, Şekil 3.12'de bir merkezi akslı tam römork resmi verilmektedir.



Şekil 3.12 Merkezi Akslı Tam Römork

Yarı Römork; O sınıfında yer alan çekici tarafından bağlantısı yapılarak taşınan motorsuz araçlardır. Şekil 3.13'te bir yarı römork resmi verilmektedir.



Şekil 3.13 Yarı Römork

Low-Bed; O sınıfında yer alan ağırlık,uzunluk ve genişlikleri farklı olan yarı römork araçlardır. Şekil 3.14'te bir Low-Bed resmi verilmektedir.



Şekil 3.14 Low-Bed

Hafif Römork; O1 sınıfında yer alan ağırlığı azami ağırlığı 750 kg'a kadar olan römork veya yarı römork motorsuz araçlardır. Şekil 3.15'te bir hafif römork resmi verilmektedir.



Şekil 3.15 Hafif Römork

Lastik Tekerlekli Traktör; Tarım amaçlı olarak kullanılan istenilen şartlarda römork ve yarı römork çekebilen, T sınıfında yer alan araçlardır. Şekil 3.16'da lastik tekerlekli traktör resmi verilmektedir.

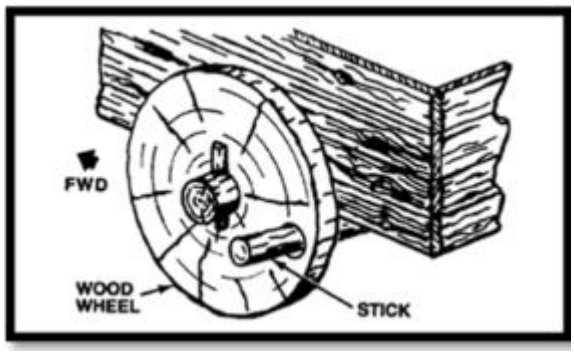


Şekil 3.16 Lastik Tekerlekli Traktör (Tüvtürk, 2014).

3.2. Fren Sistemleri ve Tarihçesi

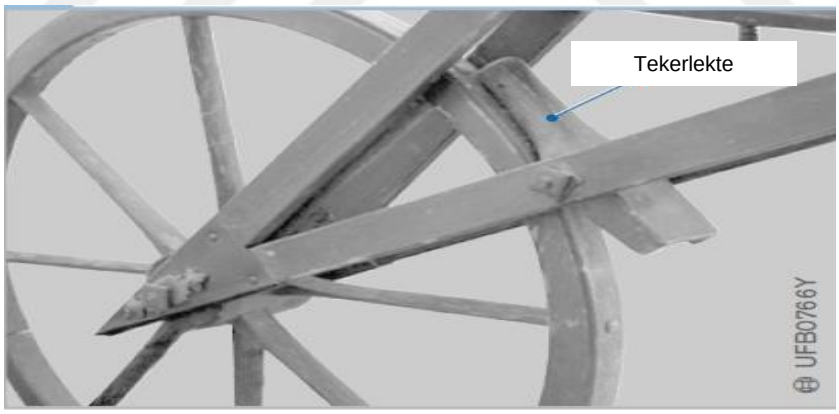
Tekerleğin ilk kullanımı MÖ 5.000 yılında genellikle sığır, at ve eşek atlarında kullanılmıştır. Bununla birlikte hareketi kısıtlamak ve durdurmak için ahşap tekerlekler üzerindeki deliklere çubuk geçirilerek frenleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.17'de

bu sisteme ait frenleme örneği gösterilmektedir. M.Ö. 700'lü yılardan itibaren tekerlek jantlarına erken aşınmayı önleme için demir jantlar takılmıştır (Post, 2014).



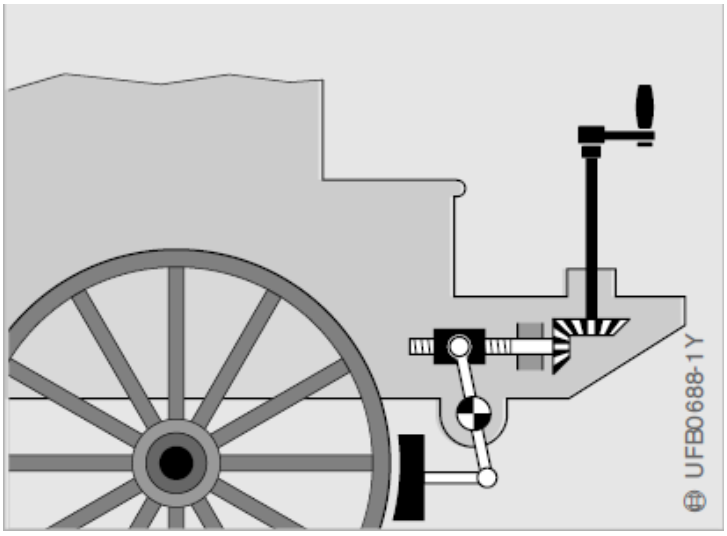
Şekil 3.17 Bilinen ilk taşıt freni (Post, 2014).

1817'de, sanayi çağının başlangıcında, Baron Karl Drais, Karlsruhe'den Güney Almanya'dan Kehl'e yolculuklarda yokuş aşağı inişlerde durmanın zor olması nedeniyle, 1820 yılında geliştirdiği modeli ile arka tekerleklerde sürtünme ile günümüz fren sisteminin temelini atmıştır. Şekil 3.18'de bu sisteme ait frenleme örneği gösterilmektedir. (Post, 2014).



Şekil 3.18 Baron Karl Drais fren sistemi, 1820 (Post, 2014).

1850 yılında, frenlemenin sürücü tarafından daha uygun hale getirilmesi için, fren pabuçları krank kasnağı ve dişli sisteminden oluşturulan sistemle tekerleklerde sürtünme yapılarak frenleme gerçekleştiriliyordu. Bu sistem sürücü tarafından elle mekanik olarak kontrol edilmekte ve kullanım kolaylığı sağlamaktaydı. Şekil 3.19'da kullanılan sisteme ait düzenek verilmektedir (Post, 2014).



Şekil 3.19 Elle kumandalı Dişli Fren Sistemi (Post, 2014).

Daha önceleri frenleme sadece arka tekerlekler üzerinden gerçekleşmekteydi. Bunun en büyük nedeni, yönlendirilen tekerlekler üzerinde bir aktüatör sistemi tasarlamanın zorluğuydu. Mühendisler ön tekerlek frenlerini çıkararak sorundan kaçındılar. Ön frenlerin kullanılmamasının bir başka nedeni, ön frenler sert bir şekilde uygulandığında aracın burnu üzerinde devrilmesidir. İlk harici tip kampanalı frenler, kampananın dışında bir dizi sürtünme malzemesi kullanıldı. Bu tip frenin tasarımı kolaydı, ancak sürtünme malzemesi tamburun soğumasını engellemekteydi. Ayrıca, maruz kalan sürtünme malzemeleri kir, yağ ve su kirlenmesine neden olmuştur. Fren pabuçları tamburun içine yerleştirildiğinde, modern bir kampanalı fren doğdu. Bunlar ilk kez 1902 yılında Renault'ta kullanıldı. Dört tekerlekten frenleme 20. yüzyılın başlarında denenmiş olsa da arabaların çoğunda sadece arka frenler vardı. Daha sonra, 1920'lerde ön frenlerin bir arabanın durdurulmasını büyük ölçüde etkilediği ve güvenli olduğuna karar verilmiştir. 1920 yılların sonuna kadar üretilen dört tekerlekli birçok araçta mekanik tahrikli fren sistemleri kullanılırken, hidrolik fren sistemlerinin bu tarihlerden sonra devreye girerek, teknolojinin gelişmesi ile birlikte fren sistemleri üzerinde çeşitli araştırmalar gerçekleştirilerek kampanalı ve diskli fren sistemleri geliştirilmiştir (Puhn, 1985).

Fren sistemleri genel olarak mekanik, hidrolik, havalı ve elektrikli olmak üzere dört ana kısımda toplanmaktadır. Mekanik sistemler daha çok günümüz araçlarında el freni sistemlerinde kullanılmakta ve bir kablo ile disk veya kampana yüzeyine baskı uygulanarak tekerleğin hareketi engellenmektedir. Hidrolik fren sisteminde sıvıların

sıkıştırılamaması özelliğinden yararlanılarak fren sıvısı yardımıyla basınç tekerleklerde bulunan fren silindirlerine aktarılarak frenleme gerçekleşmektedir. Bu sistem daha çok hafif ticari ve binek otomobil araçlarda kullanılmaktadır. Havalı fren sistemlerinde havanın kompresör vasıtası ile depolanması ve yönlendirilmesi ile hidrolik sistemlere göre daha yüksek basınçlar elde edilmekte ve bu nedenle ağır ticari araçlarda havalı fren sistemleri kullanılmaktadır. Elektrikli fren sitemlerinde fren pedalı ve elektronik kontrol arasındaki bağlantı ile çalışan fren sistemi mevcuttur (Puhn, 1985).

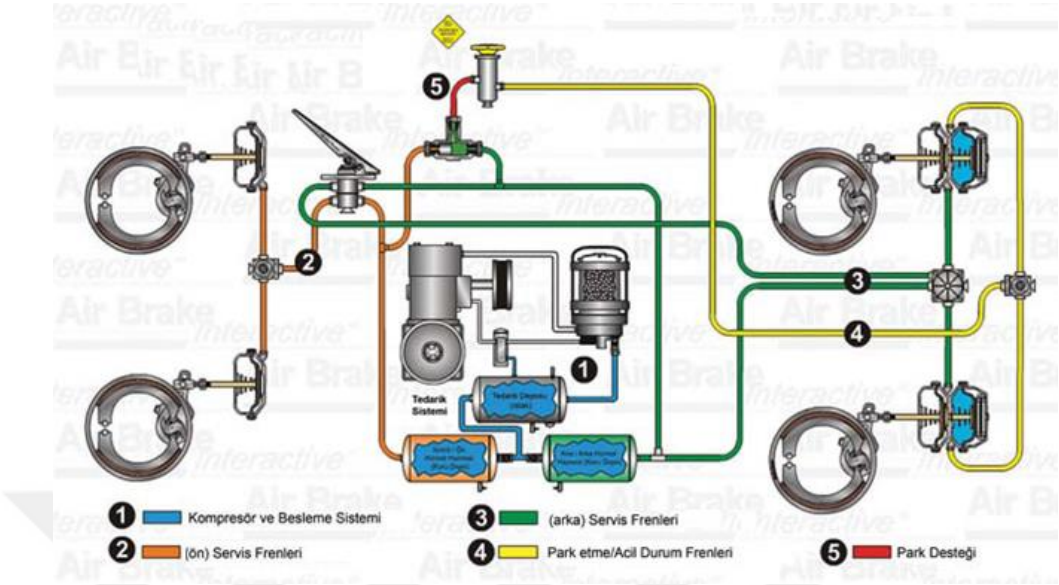
3.3. Ağır Ticari Araçlarda Fren Sistemi

Teknolojik gelişmelerle beraber ağır vasıtalarda hız, yük kapasiteleri de değişmekte ve etkili fren sistemine gerek duyulmaktadır. Araç hızlarının ve ağırlıklarının gün geçtikçe artması ağır hizmet tipi araçlarda büyük frenleme kuvvetlerine ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur. Bu nedenle özellikle büyük hacimli ve yüksek hızlı taşıtlarda kullanılmak üzere çeşitli güç yardımlı fren sistemleri geliştirilmiştir (MEGEP, 2013).

Havalı fren sistemleri ilk olarak kamyonlarda kullanılmaya başlanmış olup, 1949 yılında ise tüm ağır ticari araçlarda standart donanım halini almıştır (Kaplan, 2014).

Havalı fren sistemlerinde tahrik, kompresör tarafından yüksek basınçlı hava ile sağlanmaktadır. Fren pedalına basılmasıyla fren altında bulunan çift devreli fren supabı basınçlı havayı ön ve arka fren körüklerine gönderilmesiyle frenleme yapılması sağlanır. Havalı fren sisteminde herhangi bir arıza oluşması durumunda fren sisteminin çalışmasını sağlamak üzere çift fren devresi kullanılmaktadır. Enerji kaynağı basınçlı hava olmasına rağmen, fren körüğünden sürtünme yüzeyine kadar ki bölümde bu enerji itici çubuk, levye kolu, kam ile mekanik olarak sağlanmaktadır. Tüm havalı fren sistemlerinde ortak veya benzer sistemler bulunmaktadır Sistemin yapına göre, hava tankı sayısı, disk ya da kampana fren sistemi kullanımı ve S-cam veya Z-cam kullanımına bağlı olarak farklılıklar olabilmektedir. Kompresör yardımı ile ortamdan emilip sıkıştırılan hava, kurutucuya iletilir, hava bu ünitede su buharından, yağdan ve diğer atıklardan temizlenir. Bu prosesten sonra hava tanklarda depolanır. Şekil 3.20‘de gösterildiği üzere üç adet hava tankı vardır. Tanklardan ilki ön servis fren sistemine hava sağlamaktadır, ikinci hava tankı arka servis fren

sistemine hava sağlamaktadır. Üçüncü hava tankı ise park frenini ve yardımcı sistemlere hava sağlamaktadır.



Şekil 3.20 Havalı fren sistemin Şeması (Tüvtürk, 2016).

Ağır Vasıta Fren Sistemleri Yasal Mevzuatları, Belirli Motorlu Araç Sınıflarının ve Römorklarının Frenleme Düzenekleri ile ilgili Tip Onayı Yönetmeliği (71/320/AT), Motorlu Taşıtların Frenlerinin Onayı (ECE-R13), Karayolları Trafik Kanunu ve Karayolları Trafik Yönetmeliği, Motorlu Araçlar ve Römorkları Tip Onayı Yönetmeliği (MARTOY), Araçların İmal Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmelikte (AİTM) belirtilmiştir.

4. AĞIR VASITA ARAÇLARDA KULLANILAN TEST CİHAZLARI

Ülkemizde yetkili araç muayene istasyonlarında ağır vasıta araçların kontrollerinde test ekipmanı olarak aracın fren kuvvetlerinin ölçümünü gerçekleştirmek için fren test cihazı, aracın ön düzen boşluk kontrolleri için kayar pleyt mekanizması, far ayarlarının kontrolleri için far ayar cihazı ve egzoz emisyon testleri için benzinli ve dizel egzoz gazı emisyon ölçüm cihazları, boyut ölçümleri için ise lazer boyut ölçüm cihazları kullanılmaktadır.

4.1. Ağır Vasıta Fren Test Cihazı

Fren test ölçümü, araca ait dingildeki fren tekerleklerinin ölçümü, fren kuvvetlerinin aracı güvenli mesafede durdurabilmesi ve tekerlekler arası fren farkları hakkında bilgi vermektedir. Tekerlekler arası fren kuvvetleri farkının birbirlerine göre %30'dan fazla olması durumunda tekerlekler arasında farklı frenleme durumu oluşacak ve bir teker kızaklama yaparken, diğer tekerlek etkili frenleme gerçekleştiremeyecektir. Bu durum yetkili araç muayene istasyonlarında ağır kusur olarak değerlendirilmektedir. Hidrolik fren sistemine sahip ağır vasıta araçlarda ön aksın bloke etme durumunda asgari fren verim hesabı yapılmazken bloke etmemesi veya havalı fren sistemine sahipse her durumda asgari fren verim hesabı yapılmaktadır. Ayrıca fren verimi aracın cinsine göre değişmekte olup ortalama olarak %45 -50 kabul edilmektedir. Çizelge 4.1 'de araç gruplarına göre fren verim ve sapma sınır değerleri yer almaktadır.



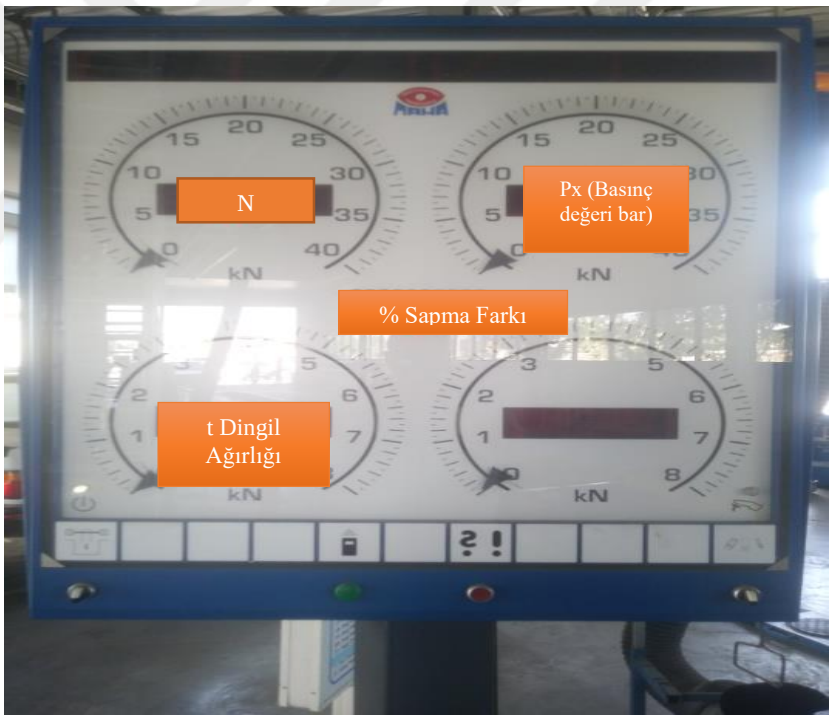
Şekil 4.1 Ağır Vasıta Fren Test Cihazı

Çizelge 4.1 Verim ve Sapma Limit Değerleri Çizelgesi (Tüvtürk, 2011).

Taşıt Sınıfı	Taşıt Sınıfının Açıklaması	Servis Freni Sapma Değeri	Servis Freni Verim Değeri	Park Freni Sapma Değeri	Park Freni Verim Değeri
		Maksimum	Minimum	Maksimum	Minimum
1	Yolcu taşımak için kullanılan ve sürücü koltuğu haricinde 8'den fazla koltuğu olan motorlu taşıtlar	%30	%50 ABS ile donatılmamış Sınıf 1 araçlar veya tip onayı 01.10.1991'den önce onaylanan taşıtlar %48	%70	%16
2	Yük taşımak için kullanılan ve azami müsaade edilebilir ağırlığı 3500 kg'dan fazla olan motorlu taşıtlar	%30	%43 1988 yılından sonra tescil edilmiş taşıtlar için %45	%70	%16
3	Azami müsaade edilebilir ağırlığı 3500 kg'dan fazla olan römork ve yarı römorklar	%30	%40 1988 yılından sonra tescil edilmiş yarı römorklar ve çekme çubuklu römorklar %43	%70	%16
4	Taksiler ve Ambulanslar	%30	%50		
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	%30	%45 1988 yılından sonra tescil edilmiş Sınıf 5 taşıtlar için %50	%70	%16
6	Yolcu taşımak için kullanılan ve sürücü koltuğu haricinde 8'den az koltuğu olan en az dört tekerlekli motorlu taşıtlar	%30	%50	%70	%16

Şekil 4.1'de MAHA-IW7 model ağır vasıta fren test cihazı kullanılmaktadır. (MAHA, 2007a). Fren ölçümüne başlamadan önce araç havalı fren sistemine sahipse, akslara giden fren basınçlarını ölçmek için kontrol bağlantı ucu olan akslara hava bağlantı uçları takılmaktadır. Araç fren sistemine aşırı yüklenmeden fren yapıldığında her tekerde minimum fren farkı oluşması önemlidir. Bundan dolayı her tekerlek için üretilen fren kuvveti fren test cihazında ölçülmelidir. Fren kuvveti ölçümü statik ve

dinamik metotla yapılabilir. Statik metotla fren kuvvetinin belirlenebilmesi için tekerleğin ruloda çevrilerek fren uygulaması gerekir. Dinamik metot daha çok deneme esaslı olup önceden belirlenmiş bir tekerlek hızına ulaşıldığında rulolar tarafından ayarlanan fren uygulanır. Orta rulolar tekerlek devrini ölçer. Orta rulo ile ana rulolar arasındaki devir farkı kaymayı belirler. Ölçüm prensibi her iki ölçüm metodunda aynıdır. Ruloları hareket ettiren elektrik motorları yük altında desteksiz bir şaft mekanizması ile bağlantılı olarak dizayna sahiptir. İlave desteği esnek bir metal hücre ile gerçekleştirilir. Bu çelik hücre motor tarafından oluşturulan tork ile eğilerek üzerine gerilim toplar. Statik testte başlangıçta tork sıfırdır. Dinamik test metodunda rulolar tekerlekleri döndürürken fren uygulanmadan tork değeri belli bir miktara kadar çıkar. Kuvvetölçer, çelik hücre (DMS) üzerinde oluşan bu gerilmeleri elektrik sinyallerine çevirerek fren kuvvetlerini ölçmeye yarar (MAHA, 2007a).



Şekil 4.2 Ağır Vasıta Fren Test Cihazı Gösterge Panosu

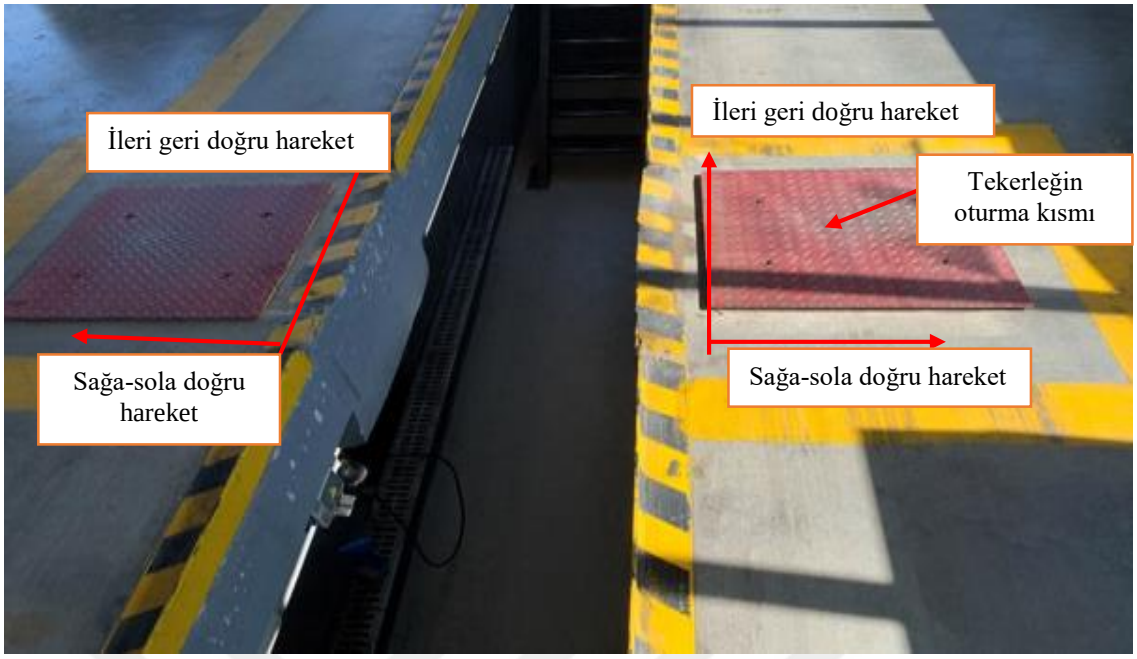
Şekil 4.2'de Ağır araç fren test cihazına ait gösterge ekranı görülmektedir. Bu ekran verilerinden araç üzerindeki frenleme kuvvetleri (L,Q), frenleme basınçları (N), sapma derecesinin (I) değerleri ölçülebilir. Ayrıca fren testi esnasında fren diskleri yüzeyinde oluşan salgı, ovalite gibi kontrolleri gösterge ekranından kontrol edilebilmesine olanak sağlar.

4.2. Direksiyon Boşluk Test Cihazı

Muayene için gelen ağır vasıta araçlarda ön düzen boşluklarının kontrol edilmesi gerekmektedir ve ağırlığından dolayı binek araçlar gibi hidrolik kriko ile kaldırılmaları iş güvenliği açısından tehlike yaratmaktadır. Bu nedenle aracın ön tekerlekleri muayene alanında özel belirlenmiş olan karşılıklı iki kayar tabla üzerine getirilir. Direksiyon boşluk test cihazının kumandasından pleyt ileri geri hareket ettirilerek ön tekerlek akson boşluklarını, kayar tablanın sağ-sol hareketi ile ön düzen boşlukları, süspansiyon sistemleri boşlukları ve direksiyon rot kolları boşlukları kontrol edilebilmektedir. Şekil 4.3'te Kayar pleyt cihazı görülmektedir Yetkili araç muayene istasyonlarında MAHA-LMS model aks oynama cihazı kullanılmaktadır ve yaklaşık 20 tona kadar olan aks yüklerine kadar ölçüm yapılabilmektedir. Cihaza ait teknik özellikler Çizelge 4.2'de verilmektedir (MAHA, 2017).

Çizelge 4.2 Aks Oynama Cihazına ait Teknik Özellikleri (MAHA, 2017).

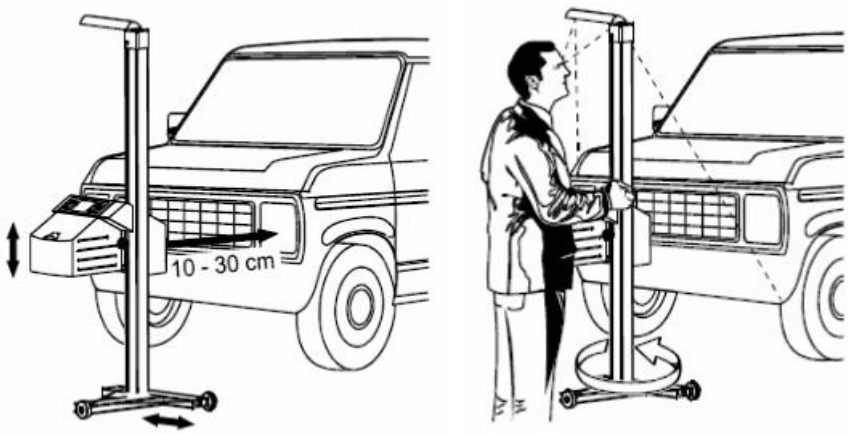
Aks Oynama Cihazı	**Özellikleri**
Toplam maksimum aks yükü	20 t
Her kenarda maksimum aks yükü	10t
Her kenarda maksimum hareket	100 mm 100 mm
Hidrolik ünitenin yağ kapasitesi	Yaklaşık. 8,5 l hidrolik yağ SAE 5
Boyut	750 x 750 mm 625 x 625 mm
Montaj yüksekliği	220 mm 134 mm
Zeminden yükseklik	232 mm 150 mm
Her kenarda maksimum baskı	30000 N 11000 N
Her kenarda hidrolik ünitenin maksimum basıncı	120 bar 120 bar



Şekil 4.3 Kayar Pleyt cihazı

4.3. Far Ayar Kontrol Cihazı

Araçların kısa, uzun ve sis farlarının belirli bir mesafeye kadar aydınlatması gerekmekte ve bu ışık şiddetlerinin değerleri gece sürüş esnasında karşıdan gelen sürücünün dikkatini dağıtmayacak şekilde olmalıdır. Muayene istasyonlarında bu durum kontrol edilmektedir. Bunun için araç muayene istasyonlarında MAHA marka LITE3 model dijital far ayar cihazı kullanılmaktadır (MAHA, 2007d).



Şekil 4.4 Far Ayar Cihazı Ayarlanması



Şekil 4.5 Far Ayar Cihazı

Şekil 4.4'de far ayar cihazının ayarlanması gösterilmektedir. Araç kanal sonunda far ayar cihazı önüne getirilerek, cihaza yaklaşık 10-30 cm olacak şekilde ayarlanır ve cihaz gövdesi aracın yüksekliğine göre ayarlanır. Daha sonra far ayar cihazı yukarısında bulunan aynadan far ayar cihazının araca göre paralellik ayarı yapılır. Sonrasında aracın kısa, uzun ve varsa sis farları ölçümleri araç üzerinde belirtilen eğim açısı değerine göre ayarlanarak ölçümü gerçekleşmektedir. Cihaz içerisinde bulunan mercek parabolden ışık demetini toplayarak ışık şiddeti ve yönleri hakkında bize bilgi vermektedir. Şekil 4.5'te far ayar cihazı yapılan bir araç gösterilmektedir. (MAHA, 2007d).

4.4. Dizel Egzoz Emisyon Ölçüm Cihazı

Yetkili araç muayene istasyonlarında dizel yakıt sistemine sahip araçların egzoz gazı emisyon ölçümleri MAHA marka MDO2-LON modeli cihazda gerçekleştirilmektedir. Dizel araçlar için ölçülen değer duman koyuluğu değeri olan k değeridir. Bu değerin atmosferik motorlarda olması gereken değeri, 2,5 iken, turbo beslemeli araçlarda 3,0 olması gerekmektedir.

Dizel araçlarda duman yoğunluğunun kontrolü gazları analiz etmek değildir. Bir yoğunluk ölçme aleti ile hızlanma sırasında gözle görülen kirletici maddelerin seviyesinin ölçümünü yapmaktır. Dizel araçlar CO bakımından benzinli araçlara göre havayı daha az kirletir, ancak yakıtın yanmasından ileri gelen gözle görülür kirletici maddeler yayar. Prensip olarak yoğunluk ölçme aleti optik bir yöntem ile dumanı ölçer. Duman ışıklı bir tüp içinden geçer. Bir ucundan yayılan ışık diğer uçta bulunan bir

fotosel tarafından algılanır. Görülen ışık oranı ne kadar düşükse odadaki mevcut duman yoğunluğu o kadar yüksektir. Şekil 4.6'da dizel egzoz gazı emisyon ölçüm cihazı görülmektedir (MAHA, 2007c). Şekil 4.7'de dizel bir aracın egzoz emisyon testi yapılışı sırasında alınan ölçüm değerlerinin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.6 Dizel Egzoz Emisyon Ölçüm Cihazı



Şekil 4.7 Dizel Egzoz Emisyon Ölçüm Değerleri

4.5. Benzinli Egzoz Emisyon Ölçüm Cihazı

Yetkili araç muayene istasyonlarında Benzin ve LPG yakıt sistemine sahip araçların egzoz gazı emisyon ölçümleri MAHA marka MGT5 modeli cihazlarda gerçekleştirilmektedir. Buji ateşlemeli motorlarda ülkemizde ilgili yönetmelikler gereği

aracın hidrokarbon (HC) değerleri ölçülmekte ve bu değerler aracın model yılı ve katalitik konvektör tipli olup olmamasına göre değişmektedir. Cihaz bir bilgisayar ekranına RS232 bağlantısı ile anlık olarak bağlı olup, motorun devrine göre olması gereken HC değerini yorumlayarak aracın otomatik olarak geçti veya kaldı bilgisini aktarmaktadır (MAHA, 2007b).

Egzoz gazı emisyon ölçüm cihazları egzoz gazında bulunan bileşimlerin ölçümünü kızılötesi infrared emme yöntemine göre yapar. Bu yöntem gazların kızılötesi ışınlarının nitelikleri bakımından yutulmasına dayanır. Egzoz gazında bulunan her madde, kızılötesi ışınlarına ilişkin belirli bir emilme sahasına sahiptir. Egzoz gazı test cihazı, birinin içinden egzoz gazı geçtiği, diğerinin bir nötr gaz ile doldurulduğu iki odaya (analiz ve karşılaştırma odası) sahiptir. Her iki odaya kızılötesi ışınları tarafından etki edilir. Kızılötesi ışınları analiz odasının içinde zararlı maddeler kısmen egzoz gazının içine emilirken nötr gaza engel olmadan etki eder. Her odadan eşit olmayan miktarda ışın alıcıya erişir. Fark egzoz gazındaki zararlı madde hakkında tam bir ölçü değeri verir. Şekil 4.8'de benzin egzoz emisyon ölçüm cihazı görülmektedir (MAHA, 2007b).



Şekil 4.8 Benzinli Egzoz Emisyon Ölçüm Cihazı

4.6. Lazer Boyut Ölçüm Cihazı

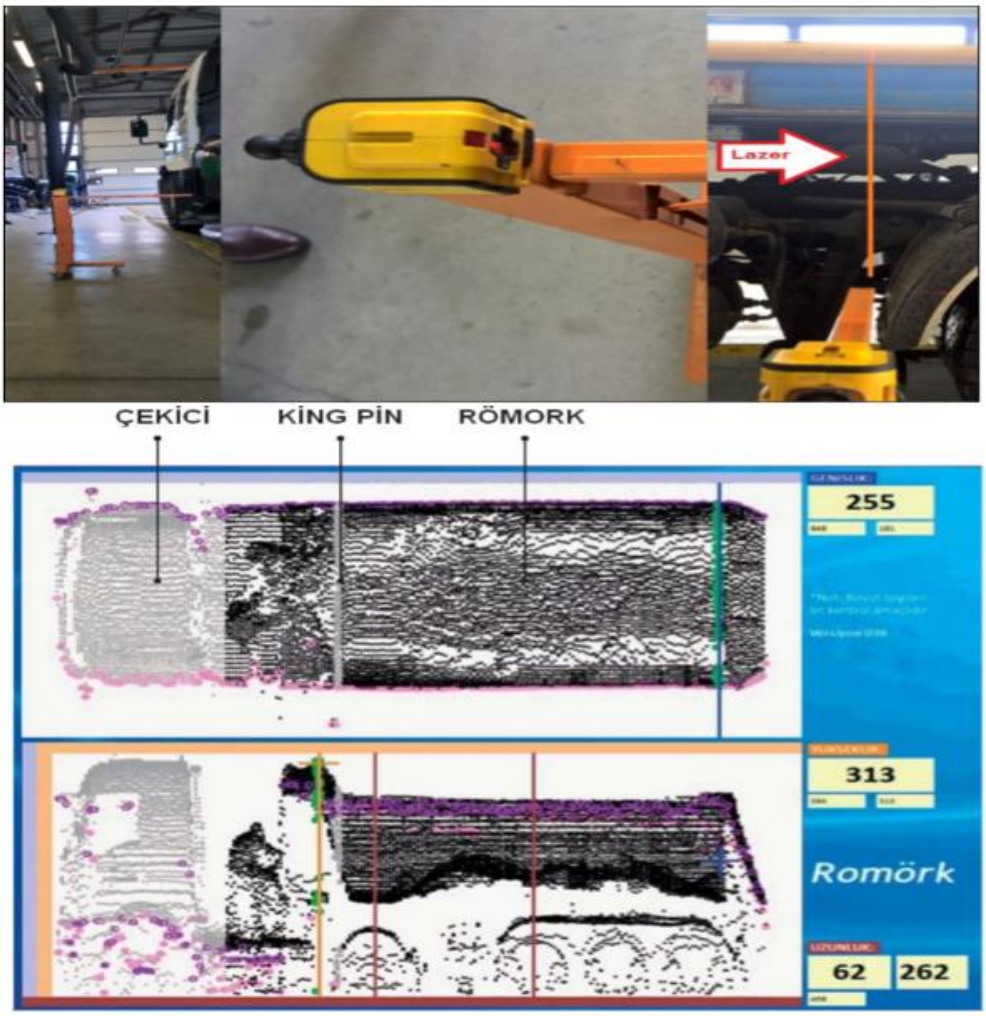
Araç İmal Tadil ve Montaj yönetmeliğine göre araç genişliklileri araçların izin verilen belirli bir genişlik ve yükseklik ve uzunluk değerleri bulunmaktadır. Bu değerler

Çizelge 4.3'de gösterilmektedir. Bu değerlere göre yetkili araç muayene istasyonlarına muayeneye gelen, Kamyon, Römork ve Yarı Römork araçlar için ölçüm zorunluluğu bulunmakta olup, bu ölçümler günümüzde lazer teknolojisine bağlı cihazlar ile gerçekleştirilmektedir.

Boyut ölçüm cihazı lazer sensör teknolojisi ile çalışan sistemdir. Araçları tarayarak araçların genişlik, yükseklik ve uzunluğunu otomatik olarak ölçmektedir. Hızlı bir şekilde elde edilen ölçüm sonuçları ve aracın taranmış üç boyutlu görünüşü bilgisayara aktarılmaktadır. Sistem aracın en yüksek, en geniş ve en uzun bölgesini otomatik olarak tespit eder ve program ara yüzü üzerinde yasal limitleri aşan kısımları işaretleyerek ilgili değerleri gösterir. Gösterilen bilgiler teknisyen tarafından onaylanır ve kayıt altına alınarak muayene sistemine aktarılır (Tüvtürk, 2010). Ölçüm işlemi römork veya yarı römork türü taşıtlar için king pin aparatının aracın king pin merkezine yerleştirilmesiyle lazer ölçüm sistemi cihazın referans noktasını aparatın yerleştirildiği eksen kabul eder ve ölçümü bu yönde gerçekleştirir. Şekil 4.9'da yarı römork aracın boyut ölçüm işlemine ait görsel görülmektedir (Tüvtürk, 2016).

Çizelge 4.3 Araç Boyutlarına Ait Yasal Değerler (Tüvtürk, 2010).

Nitelik	**Ölçüler (metre)**
Araçların Azami Genişliği	2.55
Frigorifik taşıtların yalnız frigorifik yapılarında	2,60
Belediyelere ait troleybüsler	2,65
B) Araçların azami yüksekliği	4.00
Araçların Azami Uzunlukları:	**Ölçüler (metre)**
Otobüs dışındaki motorlu araçlarda	12.00
Römork Uzunluğu	12.00
İki römorklu katar Uzunluğu	22.00
İki dingilli otobüs Uzunluğu	13.50
İkiden çok dingilli otobüslerde	15.00
Çekici Yarı römorklu araçlarda	16.50
Mafsallı (Körüklü) otobüslerde	18.75
Römorklu otobüs Uzunluğu	18.75



Şekil 4.9 Yarı Römork Taşıtın Lazer Sistemiyle Ölçülmesi

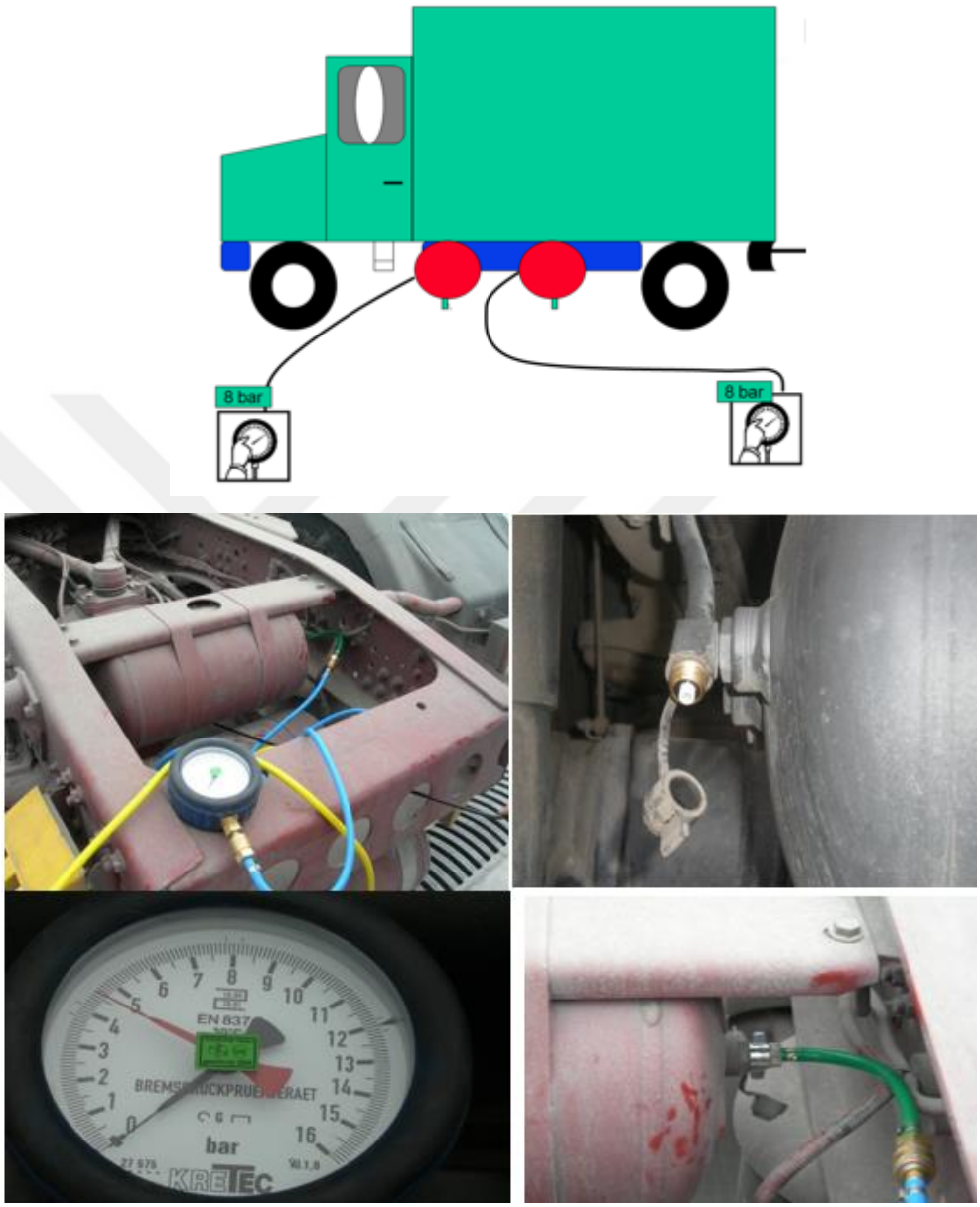
4.7. Manometreler

Genellikle kapalı kapların basınçlarını ölçmede kullanılan manometreler ağır vasıta muayene süreçlerinde birçok adımda kullanılmaktadır.

4.7.1. Dört Yollu Emniyet Valfi Testi

Teste başlamadan önce araç üzerindeki hava tankları tam olarak doldurulur. Araç stop ettirilerek tanklara manometre bağlanarak ön aks mebran silindirini besleyen hava tankı boşaltılır. Bu hava tankı boşaltılırken diğer iki tanktaki basınçlar gözlemlenir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, boşaltılan hava tankıyla diğer hava tanklarının düşmesi, ancak boşaltılan hava tankının sıfır bara düştüğünde diğer tanklarının 4 bar

seviyesinin altına düşmemesi gerekir. Bu kontroller diğer tanklar için yapılıp, dört yollu emniyet valfinin çalışıp çalışmadığı kontrol edilir (Tüvtürk, 2016).



Şekil 4.10 Dört Yollu Emniyet Valfi Test Bağlantısı

4.7.2. Sızdırmazlık Testi

Muayeneye gelen havalı fren sistemlerine sahip olan araçlarda seyir esnasında araçta hava kaçağı olup olmadığını anlamak için sızdırmazlık testi yapılmaktadır. Bunun için öncelikle; araç çalıştırılarak kompresörün hava tanklarını sistem basıncına ulaşana

kadar doldurulması beklenir. Araç stop edilip, fren pedal sabitleme aparatıyla servis fren pedalına sistem basıncının yarısı kadar basınç oluşacak şekilde kuvvet uygulanıp pedal sabitlenir. Uygulanan kuvvetin sisteme eşit dağılması için bir dakika beklenir ve tank üzerindeki manometreden okunan değer not edilir. Üç dakika daha beklenir ve bu sürenin sonunda tank üzerinde okunan değer not edilir. Not edilen iki değer arasındaki basınç farkı sistem basıncının %5'den fazla ise aracın sızdırdığı kabul edilir.

4.7.3. Sarı Kaplin Kopartma Testi

Sarı kaplinin araçtaki görevi sürücünün fren ile ilgili komutlarını römorktaki sistemlere iletmektir. Kaplin sarı renkte olması gerekirken farklı renklerde de olmaktadır. Kaplinin sarı olduğunu araç frenleri yol konumunda iken kaplinin göbek sibobuna basıldığında hava çıkışı olmayan, sadece el freni ve servis freni devreye sokulduğunda hava çıkışı gözlemlendiğinde tespit edilmektedir. Ayrıca ister servis freni kullanılsın ister park freni kullanılsın frenleme sinyali sarı kaplin üzerinden römork frenlerine ulaşır (Tüvtürk, 2016).

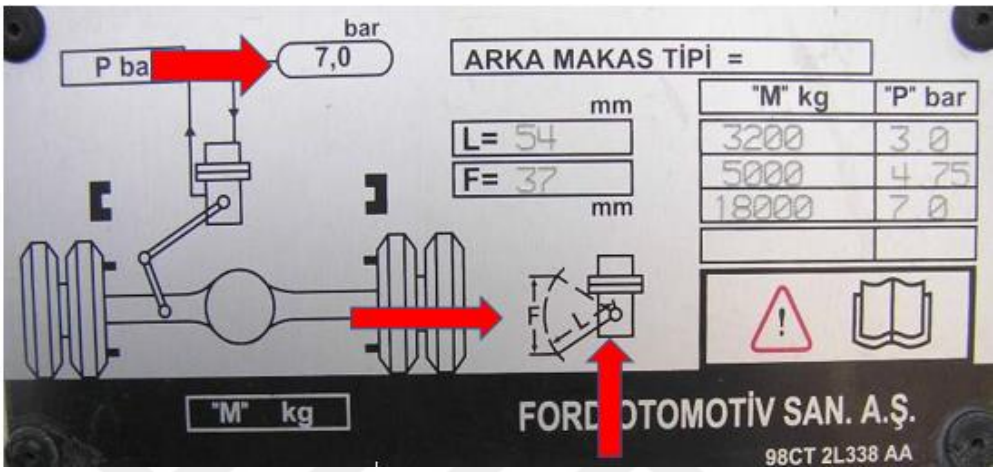


Şekil 4.11 Sarı Kaplin Koparma Test Bağlantısı

4.7.4. Yük Ayar Ventili Mekanik (ALB) Testi

Taşıtın ALB etiketinden yüksüz ve maksimum yüklü ağırlık servis fren basınç değerleri ve sistemin test basınç değeri not edilir. ALB etiketinden alınan L kol boyu, F kurs boyu ölçüleri aracın ALB'si üzerinde ölçüm yapılarak kontrol edilir. ALB giriş test

noktasına ve arka aks fren silindiri test ucuna manometre bağlanır. Araç boş ise (yüksüz konumda) yani ALB kolu kurs boyunun en alt noktasında iken, ALB girişindeki manometrede test basıncı okunacak şekilde fren pedalına basılır. Arka aks fren silindiri test ucuna bağlanmış olan manometredeki değer okunur ve ALB etiketinden alınan yüksüz arka aks fren silindiri basınç değeri ile karşılaştırılır (Tüvtürk, 2016).

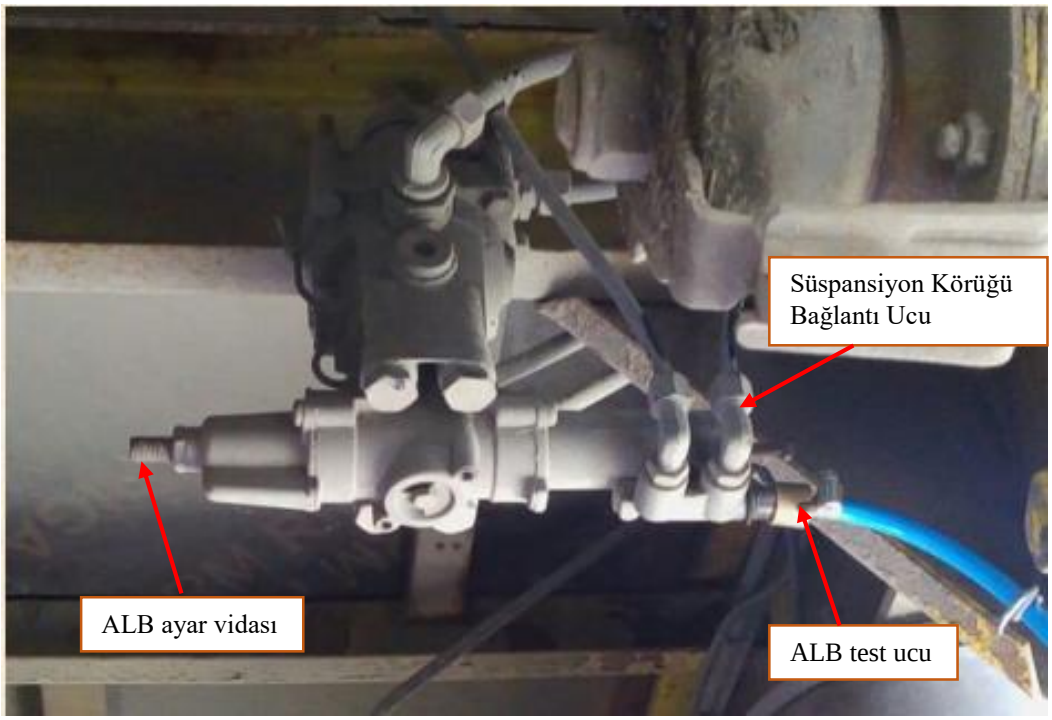


Şekil 4.12 Mekanik ALB Etiketi

Aracın yüklü konumunu simüle etmek için ALB kolu Şekil 4.12'de gösterilen etikette belirtilen ölçüde yukarıya doğru kaldırılır. ALB girişindeki manometrede test basıncı okunacak şekilde fren pedalına basılır. Arka aks fren silindiri test ucuna bağlanmış olan manometrenin gösterdiği değer okunur ve ALB etiketinde yazan yüklü arka aks fren silindiri basınç değeri ile karşılaştırılır. Fren pedalı basılı konumda iken ALB kol mekanizması hareket ettirilmemelidir (Tüvtürk, 2016).

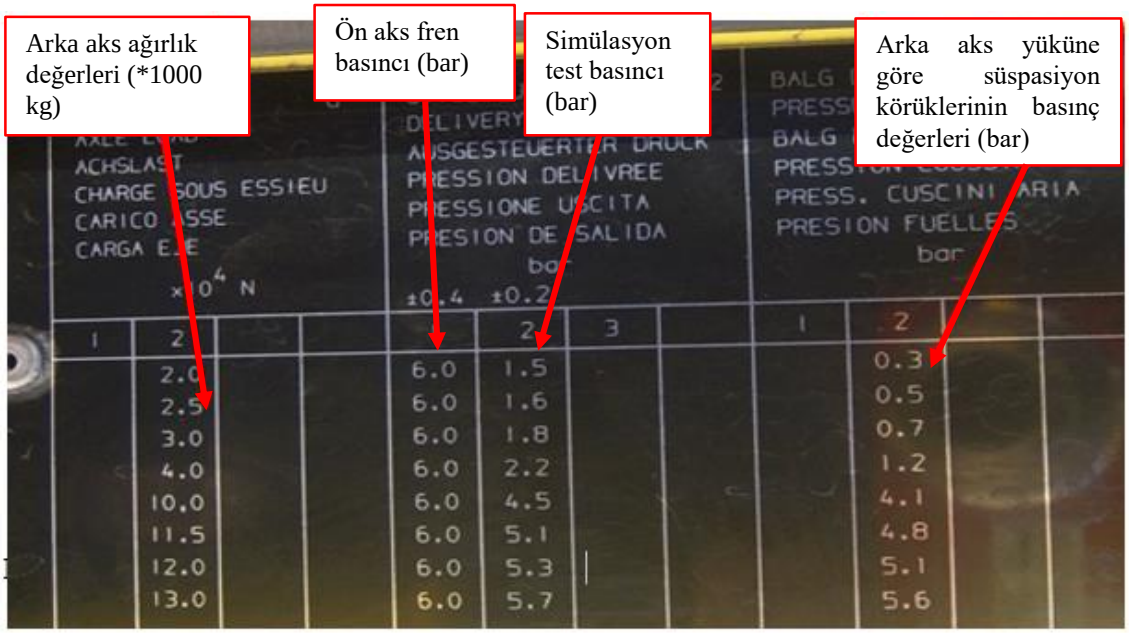
4.7.5. Yük Ayar Ventili Pnömatik (ALB) Testi

Ağır vasıtalarda yüke bağlı olarak arka akstaki tekerleklere farklı basınçlarda hava gönderilmesini sağlayan sistemlere pnömatik ALB adı verilmektedir. Yüke bağlı olarak arka aksta bulunan fren kuvvetlerini ayarlayan bu parçanın kontrolleri son derece önemlidir. Şekil 4.13'te pnömatik ALB'nin araç üzerindeki yeri gösterilmektedir (Tüvtürk, 2016).



Şekil 4.13 Pnömatik ALB

Pnömatik ALB test ucuna ayarlı manometre bağlanarak simülasyon basıncı kadar hava gönderilir. Aracın ön ve arka fren bağlantı uçlarına manometre bağlanarak değerler okunur. Şekil 4.14'te örnek bir pnömatik ALB etiketi bulunmaktadır. Aracın yük durumuna göre (yüksüz, normal veya tam yüklü) simülasyon basıncı gönderilir, ön ve arka uçlara bağlanmış manometrelerden değerler okunur. Şekil 4.14'te görülen pnömatik ALB etiketinde; 3 ton arka aks ağırlığı için: 0,7 bar ALB kontrol ucuna ayarlı manometre ile simüle basıncı verilir. Ön aksta 6 barlık fren basıncı görünecek şekilde fren pedalına basılır; bu durumda arka aks silindirinde 1,8 bar basınç görülmelidir. Bu değerler dışında farklı bir değer okunuyorsa pnömatik ALB görevini tam olarak yerine getirmiyor demektir (Tüvtürk, 2016).

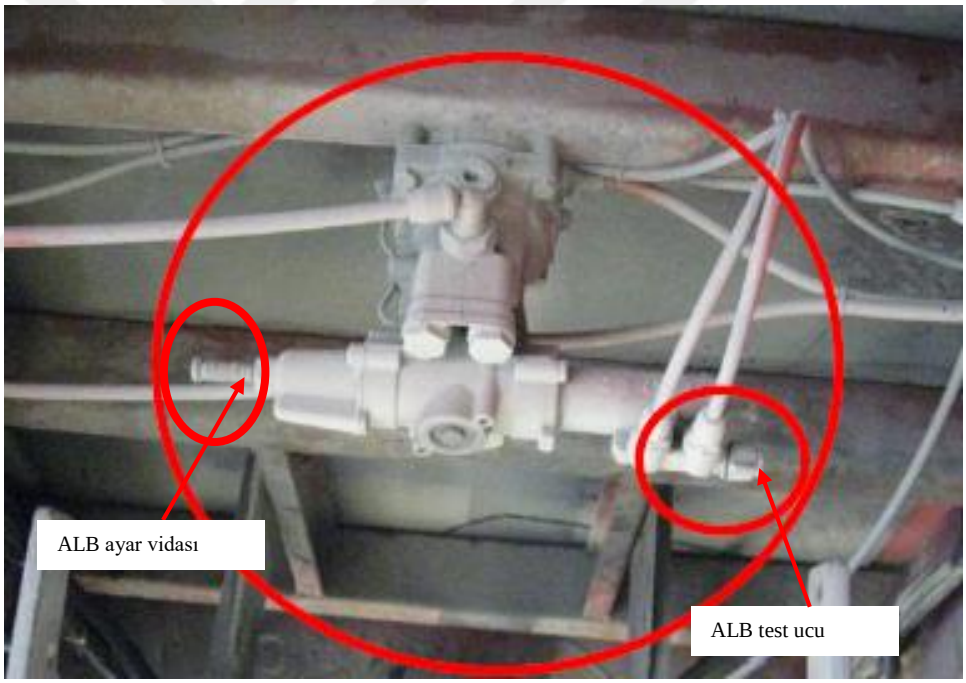


Şekil 4.14 Pnömatik ALB Etiketi (Tüvtürk, 2016).

5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. ALB TESTİ

Şekil 5.1'de pnömatik ALB görülmektedir. Pnömatik ALB havalı süspansiyonlu araçlarda bulunur. Pnömatik süspansiyon körüklerindeki hava basıncı; aracın ağırlığına paralel olarak artar veya azalır. Süspansiyon körüklerinden gelen süspansiyon körük basıncı, Pnömatik ALB nin aracın yüklü veya yüksüz olduğunu, aracın yük durumunu algılamasını sağlar. Yani pnömatik ALB, süspansiyon körüklerinden aldığı süspansiyon basıncı sayesinde aracın yük durumunu algılar ve aracın arka akslarına gönderilen fren basıncını buna göre ayarlar. Havalı süspansiyon sisteminde hata olduğunda otomatik yarı yük pozisyonu alır (Tüvtürk, 2016).

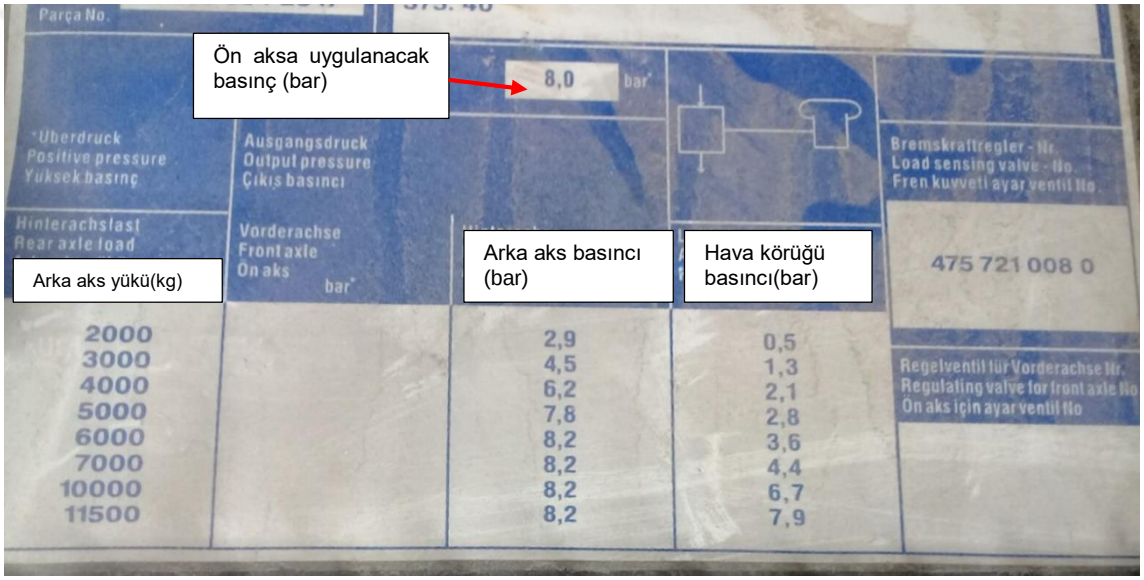


Şekil 5.1 Pnömatik ALB (Tüvtürk, 2016).

Üretici firmalar ALB'li olarak ürettikleri araçlarda, ALB'nin çalışma testlerinin yapılabilmesi amacı ile aracın üzerine ALB etiket adı verilen etiketleri yapıştırmaktadır. Şekil 5.2 'de ALB etiket örneği görülmektedir. Bu etiketler aracılığı ile yetkili muayene kuruluşları ve özel servis kuruluşları ALB'nin fabrika değerlerinde uygun çalışıp çalışmadığını tespit edebilmektedirler. Etiket üzerinde arka aks ağırlık, ön aks fren

basıncı, arka aks fren basıncı, arka aks yüküne göre süspansiyon körüklerinin basınç değerleri bulunmaktadır.

Şekil 5.1'de ALB ventilinin işaretli arka kısmında bir adet test kontrol ucu bulunmaktadır. Bu kontrol ucunun görevi süspansiyon körük basıncının test amacı ile simüle edilebilmesini sağlamaktır. Basınçlı bir hava kaynağına, örneğin kompresör hattına bağlı ve ucunda ayarlı manometre bulunan bir hortum ALB ventili test ucuna bağlanarak, ayarlı manometreden gönderilen basınç miktarını, ALB ventili süspansiyon körük basıncı gibi algılamakta ve aracın arka aksına üreticinin belirlemiş olduğu kadar basınç gönderimi sağlamaktadır.



Şekil 5.2 Pnömatik ALB Etiketi (Tüvtürk, 2016).

ALB testi için; Aracın ön ve arka aksına birer adet manometre bağlantısı yapılır. ALB test kontrol ucuna kompresör hattından gelen basınçlı hava bağlantısı yapılarak arasına ayarlı manometre bağlanır. ALB etiketi üzerinde süspansiyon körük basıncı kadar ayarlı manometreden ALB test ucuna basınç gönderilir. ALB etiketi üzerinde ön aks basınç değeri kadar fren pedalına kuvvet uygulanır. Arka aksa bağlı manometre üzerindeki değer etiket üzerindeki arka aks değeri ile aynı olup olmadığı kontrol edilir.

- Örneğin Şekil 5.2'deki etikette 2 ton yük için;
- Süspansiyon körük basıncı 0,5 bar,
- Ön aks fren basıncı (Fren pedalına uygulanacak basınç) 8 bar

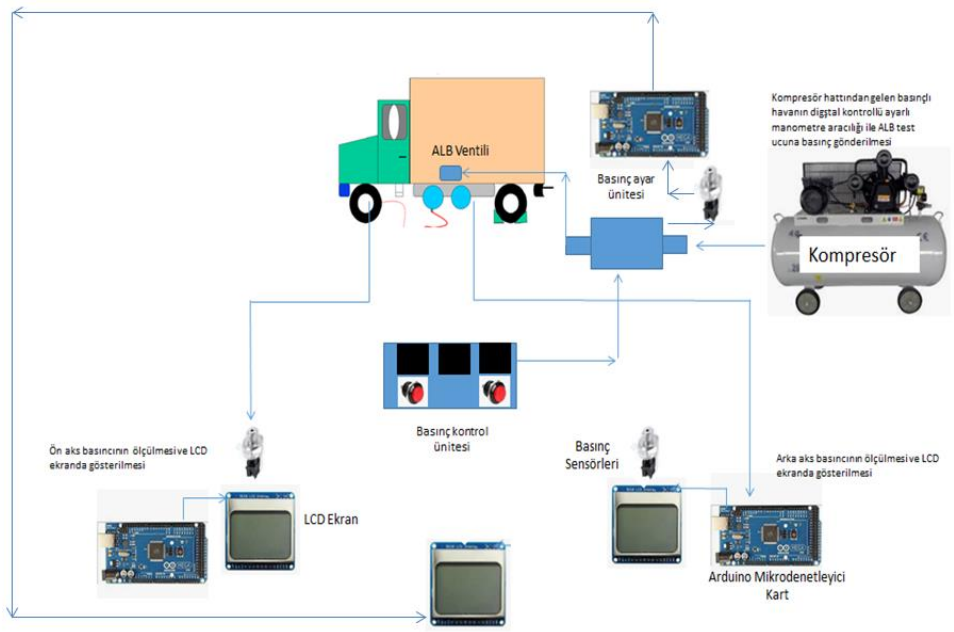
- Arka aks fren basıncı 2.9 bar değerleri bulunmaktadır.

ALB etiketine göre 2000 kg lık yük simüle etmek için, ALB test ucuna 0,5 barlık bir test basıncı gönderilmeli ve fren pedalına 8 barlık bir basınç uygulanmalı (Ön aksa bağlı manometreden takip edilecek) ve arka akstan 2,9 bar lık değer alınmalı (Arka aksa bağlı manometreden takip edilecek). Şekil 5.2'deki ALB test ucuna simülasyon basıncının tam yük, orta yük ve yüksüz olarak ayarlı manometre ile verilmesi işlemini bir operatör tarafından yapılırken, diğer bir operatöründe aracın fren pedalına basınç uygulayarak ön aks ve arka aks basıncı takip etmesi gerekmektedir.

ALB testini yapan teknisyenin simülasyon basıncını bir başka teknisyenden yardım alarak uyguluyor olması hem testin güvenirliğini azaltmakta hem de testin iki kişi ile yapılması sebebi ile işgücü kaybına neden olmaktadır. Bu çalışma ile iki kişi ile yapılan testin tek bir teknisyen ile yapılabilmesi, iş gücünden kazanç elde edilmesi ve testin güvenirliğinin artırılması amacı ile bir test cihazının tasarlanması hedeflenmiştir.

5.2. Tasarım Öncesi Hazırlıklar

Yapılan çalışma, test cihazı tasarımı şeklinde olacaktır. Aracın, ön aks ve arka aks bağlantısı için birer adet basınç sensörü, birer adet mikro denetleyici kart ve üç adet LCD ekrandan oluşan dijital göstergeli manometre tasarlanmıştır. ALB test ucuna istenen basıncın gönderilebilmesi amacı ile step motor, basınç sensörü, buton, dişli mekanizması, mikro denetleyici kart, basınç regülatörü ve mikro denetleyici kart kullanılarak ayarlı manometre tasarlanmıştır. Kompresör hattından gelen basınçlı hava basınç ayar ünitesinden ALB test giriş ucuna bağlanır. Basınç ayar ünitesi üzerinde bulunan üç adet basınç sensörü ile ALB test basıncı, ön aks basınç değeri ve ark aks basınç değeri tespit edilerek, basınç kontrol ünitesi üzerinde bulunan üç adet LCD ekranından basınç değerleri görülebilmektedir. Yine basınç kontrol ünitesinde üzerinde bulunan butonlar yardımı ile ALB test basıncı üretici firma tarafından ALB etiketi üzerinde belirtilen değerlere göre ayarlanabilmektedir. Şekil 5.3 'te tasarımı yapılacak ALB test cihazının şeması görülmektedir.



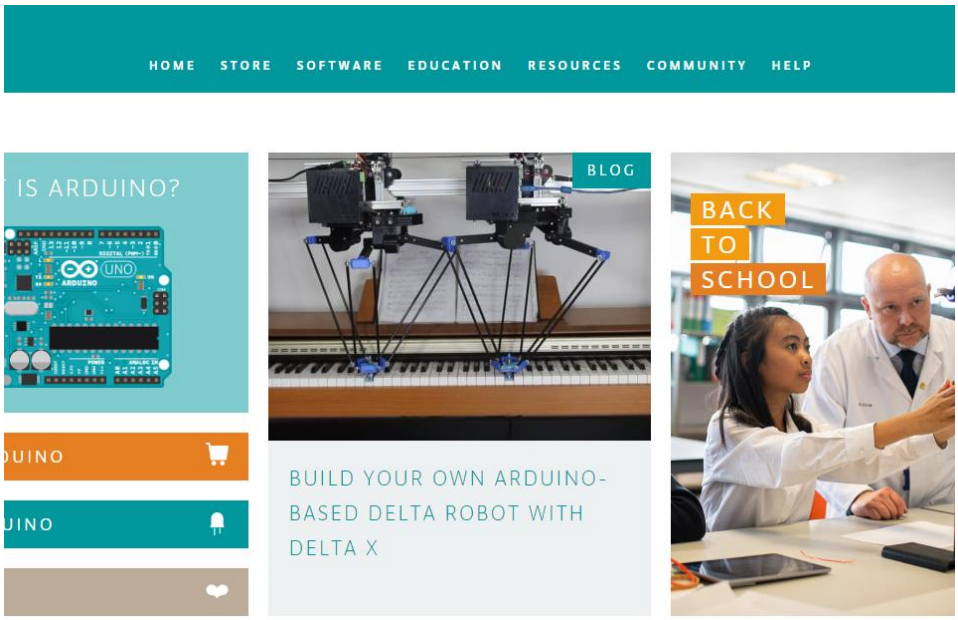
Şekil 5.3 ALB Test Cihazı Tasarım Şeması

Mikro denetleyici kart olarak, açık kaynak kodlu olması ve kolay programlanabilmesi nedeni ile arduino kart kullanılmıştır. Şekil 5.4'te Arduino mikro denetleyici kart görülmektedir.



Şekil 5.4 Arduino Mikrodenetleyici Kart

Arduino sürümlerinin programlanması Arduino IDE adı verilen uygulama ile yapılabilmektedir. https://www.arduino.cc/en/Main/Software Web adresinden Mac, Linux, Windows işletim sistemlerine yüklenebilir (Arduino, 2020a).



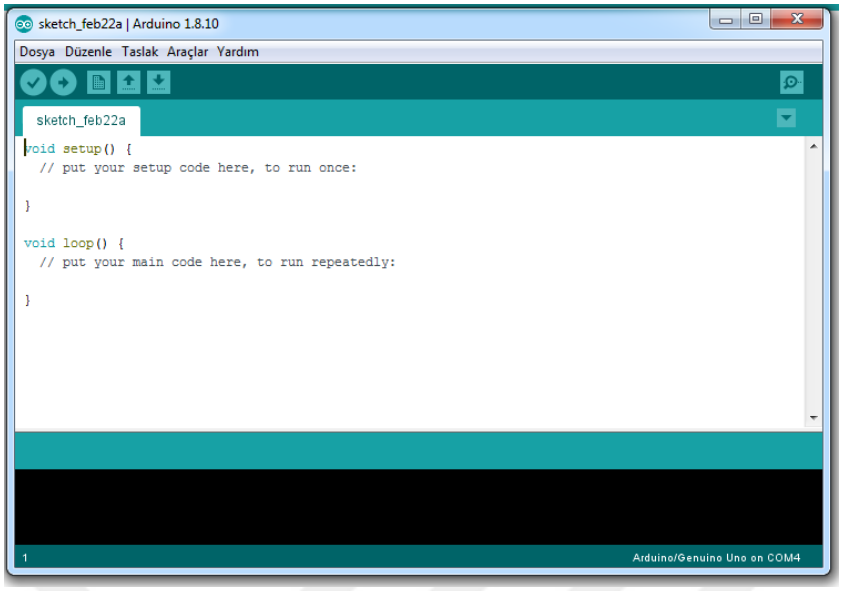
Şekil 5.5 Arduino Resmi Sayfası

Arduino web sayfası yazılım kısmından indir bölümüne ulaşılarak, bilgisayarımızda kurulu olan işletim sistemine uygun olan IDE programı indirilir. Şekil 5.6 'da Arduino IDE program indirme sayfası görülmektedir.



Şekil 5.6 Arduino IDE Program İndirme Sayfası

İndirme işlemi tamamlandıktan sonra program kurma işlemi gerçekleştirilir. Program ana ekran görüntüsü Şekil 5.7'deki gibidir (Arduino, 2020b).



Şekil 5.7 Arduino IDE Program Görüntüsü

Fiziksel büyüklükleri anlamlı bir veriye dönüştürmek için sensörler kullanılır. Türetilmiş bir büyüklük olan basınç, basınç sensörleriyle ölçülür. Basınç sensörü uygulanan basıncı algılayıp bunu analog bir sinyale çevirir. Analog sinyal ise gerekli dönüştürücüler ile uygulamalarda kullanılacak verilere dönüştürülür. Çalışmada basınç sensörü olarak 150 PCI lık sensörler kullanılmıştır. Şekil 5.8' de basınç sensörü örneği görülmektedir (Anonim,2020a).



Şekil 5.8 Basınç Sensörü (Anonim,2020a).

Çalışmada 1.6 inç 84x48 piksel çözünürlüklü grafik LCD modülü kullanılmıştır. Genel olarak 5110 ekranı olarak bilinen LCD modülün seri ara yüzü

sayesinde fazla veri kablosu gerektirmemesi ve düşük tüketim değerlerine sahip olması en büyük avantajlarındandır. Kullanılan LCD ekran görüntüsü Şekil 5.9'da verilmiştir (Anonim, 2020b).



Şekil 5.9 LCD Ekran

Devre tahtası ile Arduino.EasyPIC gibi geliştirme kartlarının bir arada kullanıldığı devrelerde oldukça yoğun kullanılan jumper kablo adı verilen uç kısımları erkek ve dişi olarak preslenmiş kablolar kullanılmıştır. Şekil 5.10'da jumper kablo görülmektedir.



Şekil 5.10 Jumper Kablo

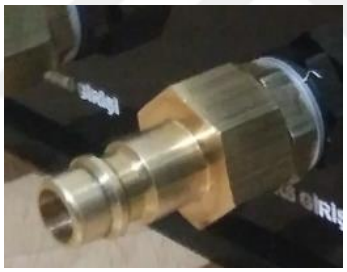
Test esnasında test cihazı ile test aracı arasında kullanılacak bağlantı hortumları yüksek basınca dayanıklı olmalıdır. Bağlantı noktalarında sızdırmazlık olmaması önem

arz etmektedir. Giriş erkek jak ve çıkış dişi jak şeklindedir. Şekil 5.11’ de yüksek basınca dayanıklı hava hortumu görülmektedir.



Şekil 5.11 Spiral Hortum

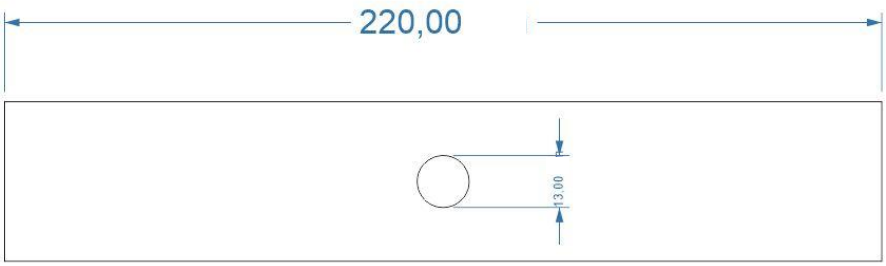
Hava hortumlarının uç kısımlarına Şekil 5.12’de görülen bağlantı jakları takılmıştır.



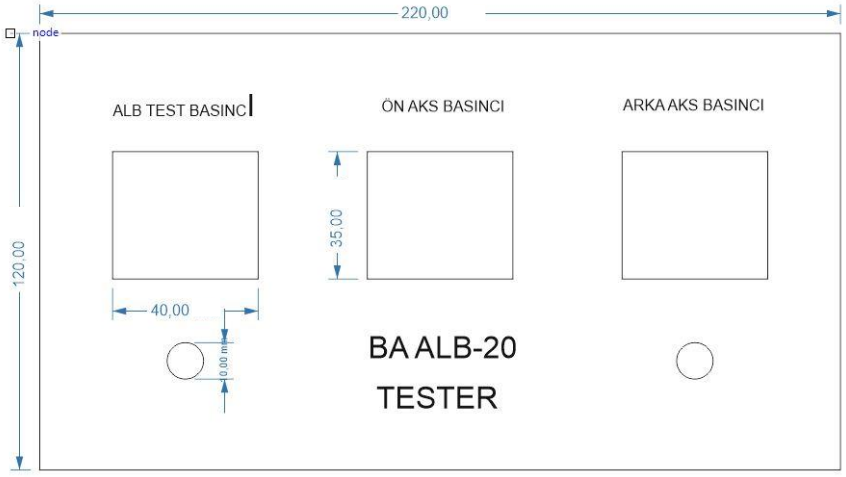
Şekil 5.12 Bağlantı Jakı

Mikro denetleyici kartların ihtiyacı olan güç 12 Volt, 2 Amperlik adaptör ile sağlanmıştır. Tüm parçalar Şekil 5.22’te görülen proje kutusuna monte edilmiştir. Proje kutusu Corel Draw programında çizimleri yapılmıştır.

Yapılan çizimler 5 mm Kalınlığında pleksiglas malzemeden kesilerek yapıştırma ve vidalama yöntemleri kullanılarak birleştirilmiştir. Şekil 5.13-5.14-5.15-5.16-5.17-5.18-5.19-5.20-5.21’ de el ünitesine ait çizimler görülmektedir.



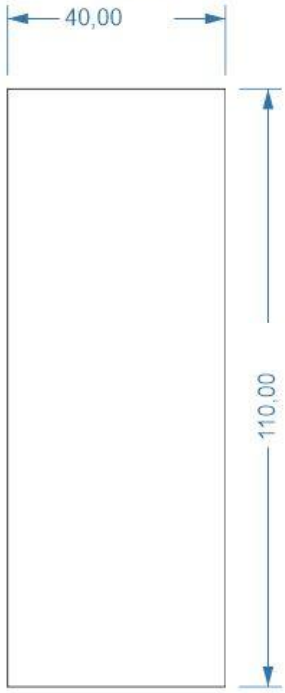
Şekil 5.13 El Ünitesi Arka Kapak Çizimi



Şekil 5.14 El Ünitesi Üst Kapak Çizimi

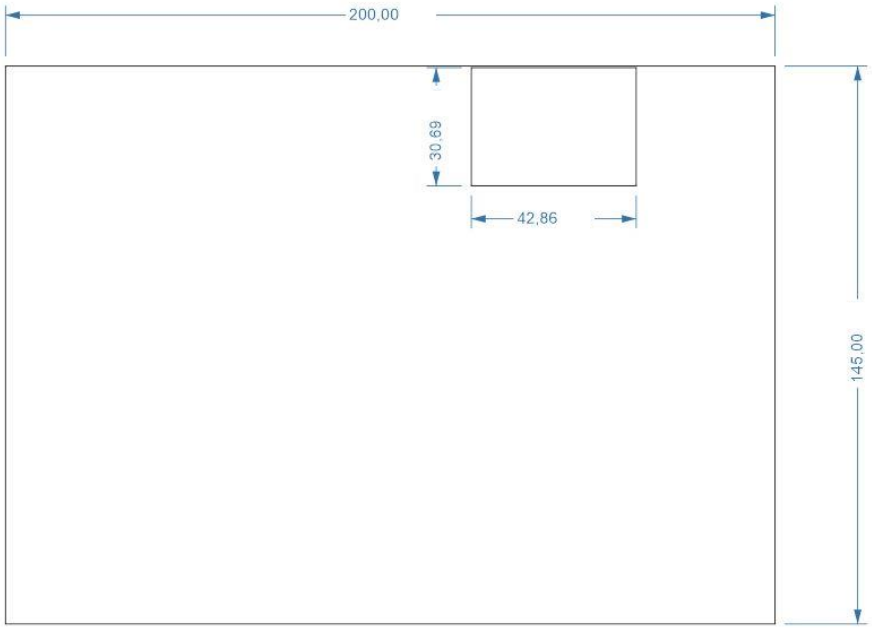


Şekil 5.15 El Ünitesi Alt ve Ön Kapak Çizimi

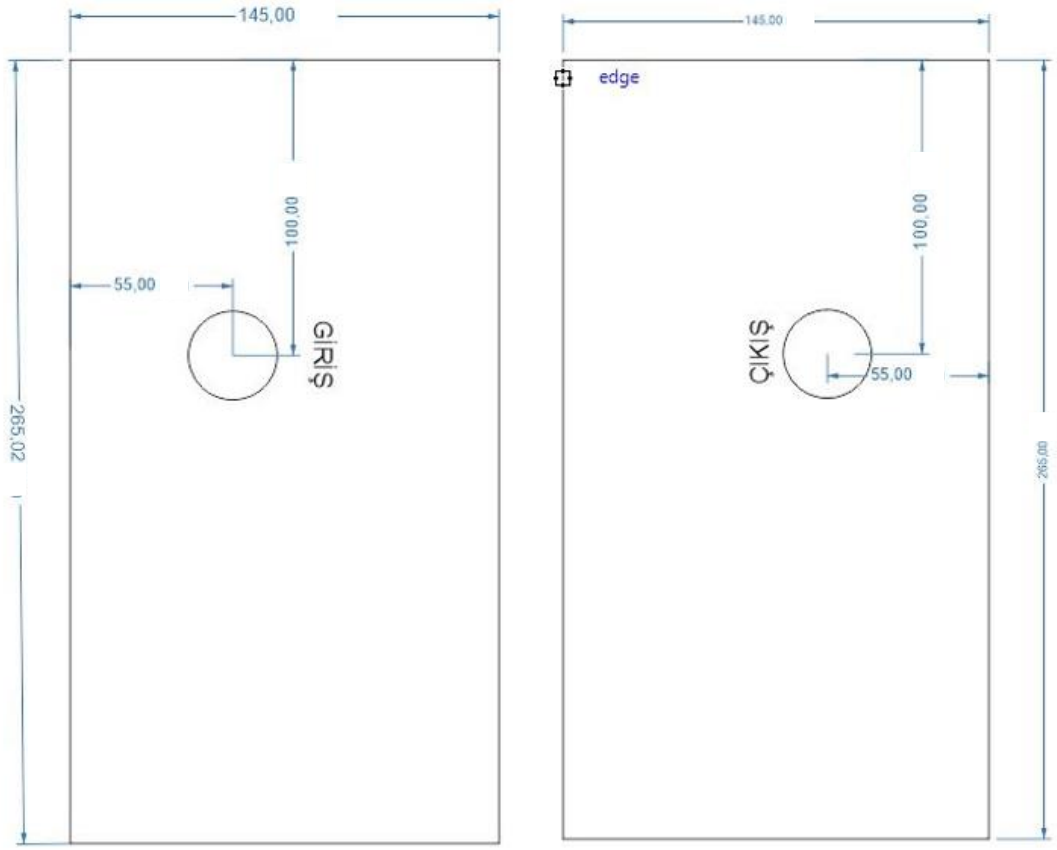


Şekil 5.16 El Ünitesi Yan Kapak Çizimi

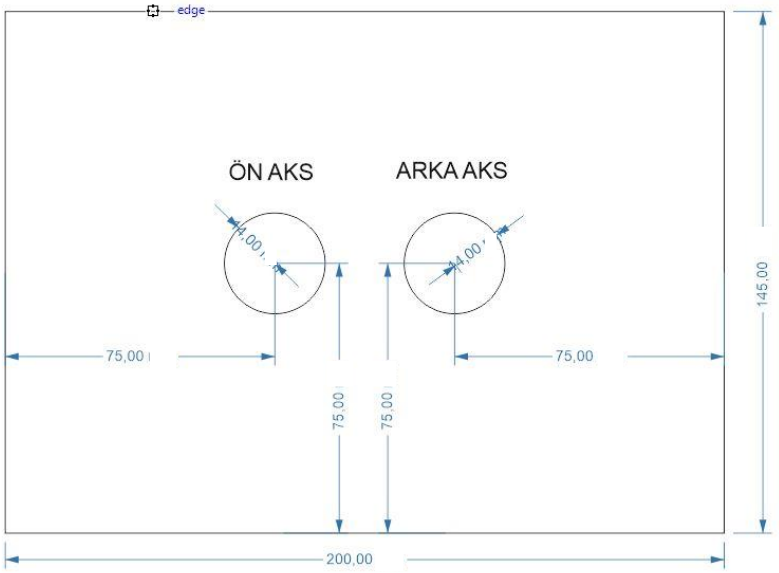
Kontrol ünitesi 210 mm en ve 275 mm boy uzunluğuna sahip olup, yüksekliği 145 mm olarak ölçülendirilmiştir.



Şekil 5.17 Kontrol Ünitesi Arka Kapak Çizimi



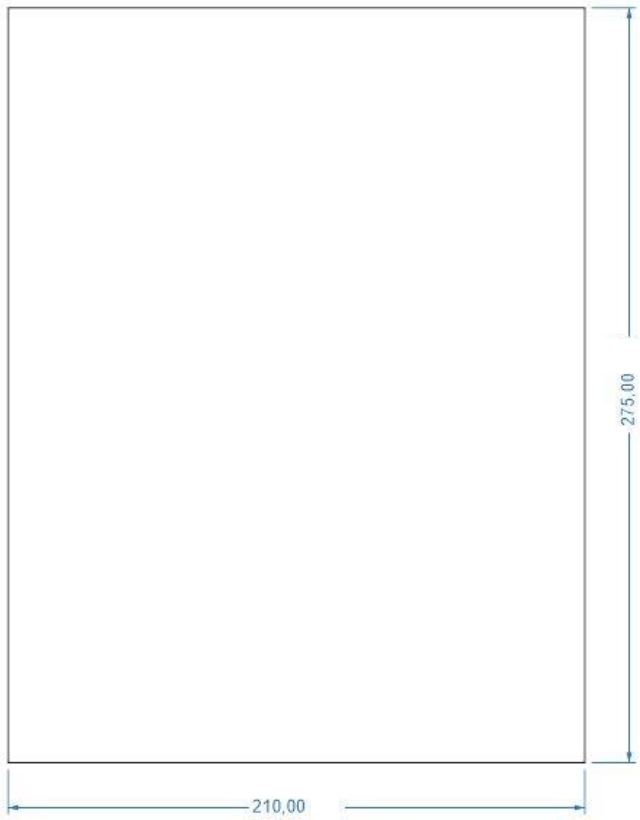
Şekil 5.18 Kontrol Ünitesi Yan Kapak Çizimi



Şekil 5.19 Kontrol Ünitesi Ön Kapak Çizimi



Şekil 5.20 Kontrol Ünitesi Üst Kapak Çizimi



Şekil 5.21 Kontrol Ünitesi Alt Kapak Çizimi

Şekil 5.22'de lazer kesim sonrası birleşimi yapılan el ünitesi ve kontrol ünitesine ait resim görülmektedir.



Şekil 5.22 Proje kutusu

Dönme hareketini elektrik enerjisinden alan, step motor elektromekanik bir düzenektir. Elektrik enerjisiyle beraber sabit açısal hızlarda dönen step motor yüksek ve hızlı anahtarlama özelliğine sahip bir sürücüye bağlıdır. Bu sürücü, bir encoder veya PLC'den giriş palsları alır. Alınan her giriş palsında, motor bir adım ilerleme yapar. Step motorları, bir motor turunda adım sayısı olarak ifade edilir. Örnek olarak 400 adımlık bir step motor, bir tam dönüşünde (tur) 400 adım yapar. Bu durumda bir adımın açısı 360/400 = 0,9 derecedir. Hesaplanan bu değer step motorun hassasiyetinin bir göstergesidir. Bir devirdeki adım sayısı yükseldikçe step motor hassasiyeti ve dolayısıyla maliyeti artar. Step motorlar, yarım adım modunda çalıştıklarında hassasiyetleri daha da artar. Örnek olarak 400 adım/tur değerindeki bir step motor, yarım adım modunda tur başına 800 adım yapar. Bu da 0.9 dereceye oranla daha hassas olan 0.045 derecelik bir adım açısı anlamına gelir. Bazı step motorlarda mikro step tekniği ile adım açılarının daha da azaltılması söz konusudur. Adım motorlarının bu kadar çok kullanılma alanı bulmasının nedeni, bu motorların bazı avantajlara sahip olmasıdır. Bu avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Geri beslemeye ihtiyaç göstermezler. Açık döngülü olarak kontrol edilebilirler.
- Step motorun hareketlerinde konum hatası alınmaz.
- Sayısal verilerle kontrol edilebildiklerinden bilgisayar veya mikroişlemci gibi elemanlarla çok kolay bir şekilde kontrol edilebilirler.
- Basit mekanik yapılarından dolayı bakım gerektirmezler.
- Herhangi bir hasara mahal vermeden bir den çok çalıştırılabilirler.

Adım motorlarının bu avantajları yanında bazı dezavantajları da aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Adım açıları sabit olduğundan hareketleri sürekli değil darbelidir.
- Step motorlarında güç ve moment sınırlıdır.

Bu çalışmada NEMA 34 step motor kullanılmıştır. 4.5 Nm tork üretebilmekte ve 4.2 A akım çekmektedir. Boy 80 mm, kablo pin sayısı 8 dir. Flanş ölçüsü ise 86x86 mm dir (MEGEP, 2011).

5.3. Tasarım ve İmalat Aşaması

Test cihazı "Basınç kontrol ünitesi" ve "Basınç kumanda ünitesi" olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır.

Basınç kontrol ünitesi ALB test basıncını simüle etmek için kompresör hattından gelen basıncı istenilen değere ayarlamak için tasarlanmıştır. Kompresör hattından gelen yüksek basıncın (yaklaşık 8 bar) ALB etiketi üzerinde belirtilen test basıncına göre ayarlanabilmesi amacı ile basınç regülatörü, basınç sensörü, step motor, iki adet helisel dişli, mikro denetleyici karttan oluşan ve iki buton ile kontrol edilen motorlu basınç regülatörü imal edilmiştir. Step motor ile kontrol edilen basınç regülatöründeki çıkış basıncı ve bir adet basınç sensörü ile ölçülmekte ve bağlı olduğu mikrodenetleyici kart ile sayısal verilere dönüştürülerek LCD ekrana bar cinsinden yazdırılmaktadır. Böylece kaç bar test basıncı simüle edilecek ise LCD ekrandan takip edilerek butonlar yardımı ile step motor kontrol edilmekte ve dişliler yardımı ile de basınç regülatörüne ayar verilebilmektedir.

Endüstriyel otomasyonlarda çeşitli tiplerde oransal seleneoid valfler kullanılmaktadır. Yüksek maliyetli olması sebebiyle çalışmamızda regülatör, step motor, iki adet helisel dişli çark, mikro denetleyici kart, basınç sensörü kullanılarak oransal seleneoid valf görevini yapmasını sağlayan bir düzenek oluşturulmuştur. Şekil 5.23'te görülmektedir.

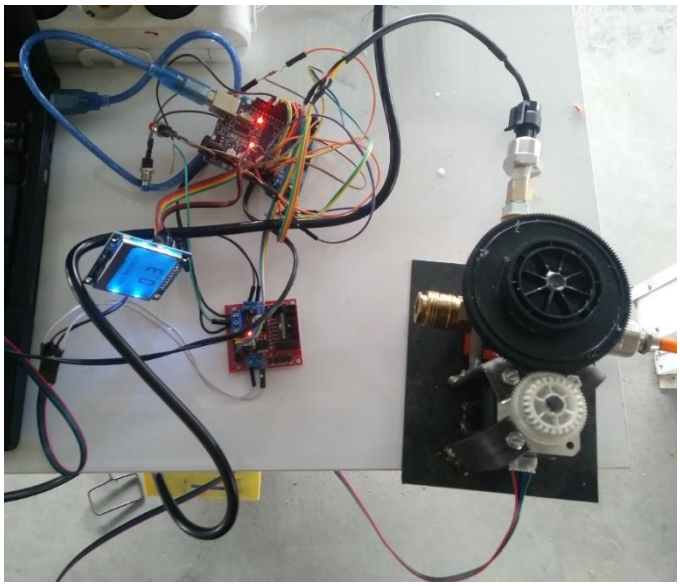
ALB ye uygulanacak test basıncının ayarlanabilmesi amacı ile bir adet regülatör temin edilmiştir. Regülatörün ayar vidası sökülerek üzerine dişli monte edilmiştir. Step motor ve step motora monte edilen dişli regülatör ile temas ettirilerek, step motor hareketi regülatörün açma kapama işlemini yapmasını sağlamıştır. Regülatör üzerinde bulunan hava jakına bir adet basınç sensörü takılmıştır. Böylece regülatör çıkış basıncı okunabilmektedir.



Şekil 5.23 Test Basıncı Ayar Düzeneği

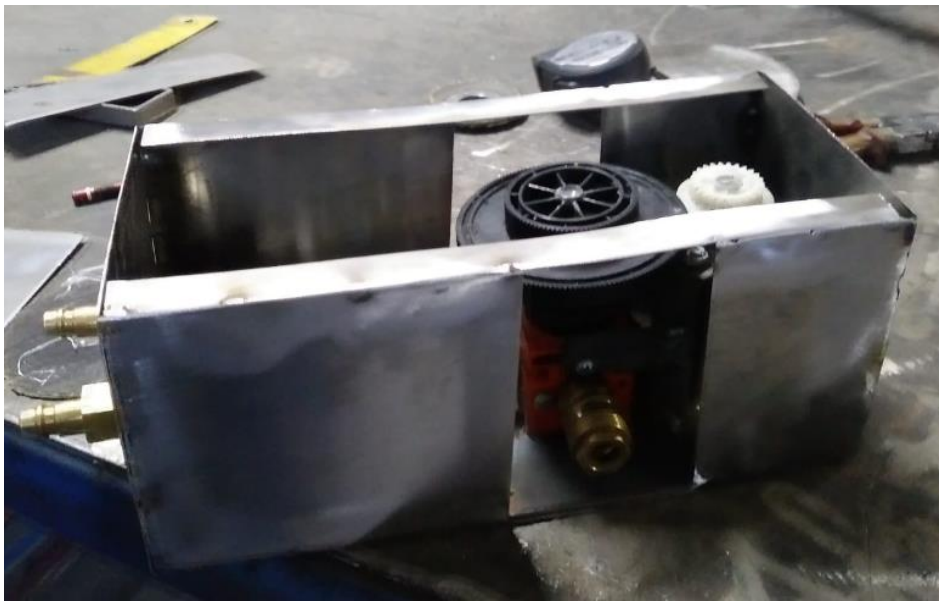
Basınç kontrol ünitesinin üzerinde test aracının ön ve arka aks basınçlarını tespit edebilmek için ayrıca iki adet basınç sensörü daha bulunmaktadır. Test edilecek aracın ön ve arka aksı ile basınç ayar ünitesi birbirine hava hortumları ile bağlanır. Basınç sensörleri algıladıkları basıncı mikrodenetleyici kart aracılığı ile sayısal verilere dönüştürerek bağlı oldukları LCD ekranlara bar cinsinden yazdırır.

Aracın ön aks ve arka aks test uçlarına bağlamak ve buradaki basınç değerlerini gözlemlemek amacı ile Şekil 5.24'te görüldüğü gibi mikrodenetleyici kart, basınç sensörü, buton ve LCD ekrandan oluşan dijital göstergeli manometre tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan bu kısım ön, arka ve aks basınçlarının aynı anda görülebildiği ve kumanda edilebildiği basınç kontrol ünitesi olarak kullanılacaktır.



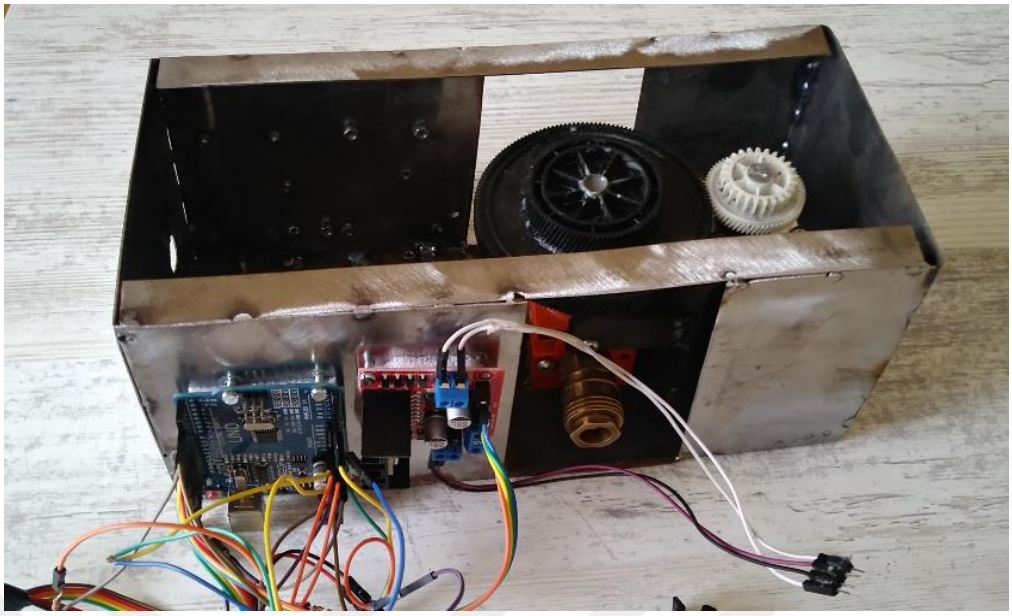
Şekil 5.24 Arduino – Sensör Bağlantı Şeması

Ön aks ve arka aks basınçlarının okunabilmesi amacı ile şasi tasarımı yapılmış ve sac malzemeden üretilen şasi aksamının kaynakla birleştirilmesi sağlanmıştır. Şekil 5.25'te görüldüğü gibi sensörlerin bağlantısının yapılabilmesi amacı ile iki adet delik açılmıştır.

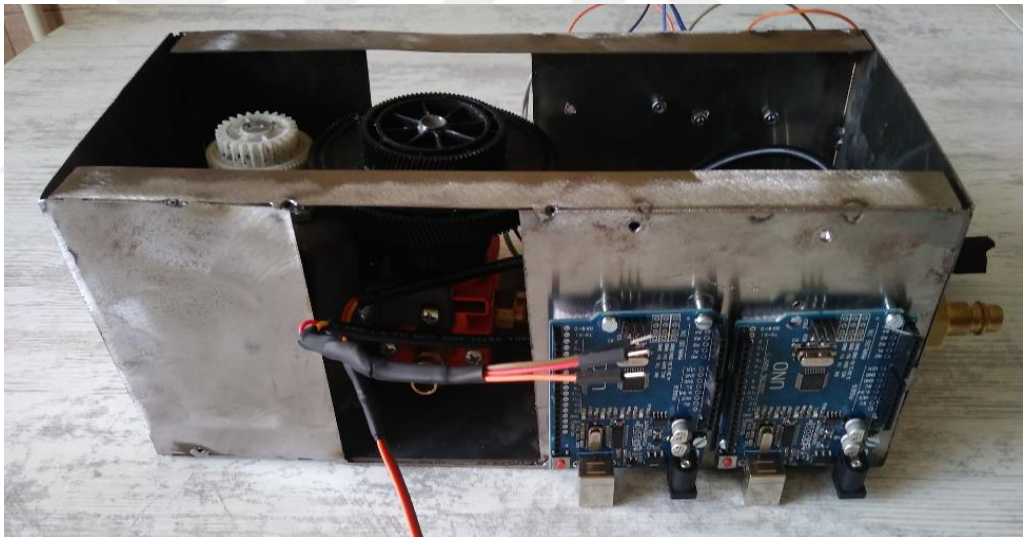


Şekil 5.25 Şase İmalatı

Şekil 5.26'da yapılan şase üzerine mikro denetleyici kartlar monte edilerek kablo bağlantıları oluşturulmuştur.



Şekil 5.26 Şase İmalatı Yan Görünüş



Şekil 5.27 Şase İmalatı Yan Görünüş

Basınç kontrol ünitesi üzerinde bulunan kart ve kabloların zarar görmesini engellemek ve güzel bir görünüm kazandırabilmek amacı ile kutu tasarımı yapılmıştır. Corel Draw programı ile kutu çizimi yapılarak Şekil 5.28'de pleksglass malzemeden lazer kesim yaptırılmıştır.



Şekil 5.28 Pleksiglass Kutu İmalatı

Şasi ve kutıu birleştirme işlemi L köşebent civata yardımı ile sağlanmıştır. Kutunun alt kısmına adaptör montre edilmiş ve mikro denetleyici kartların monte edildiği şasi kutu içine yerleştirilmiştir.

Kumanda ünitesi ile Kontrol ünitesi arasında haberleşme çoklu çift telli 30 lu kablo kullanılarak sağlanmıştır. Kablonun uç kısımlarına erkek ve dişi jumper kablolar eklenmiştir. Ekleme işlemi lehim ile yapılmış ve izalatör olarak 2 mm lik makaron kullanılmıştır.



Şekil 5.29 Bağlantı Kablosu

Basınç kumanda ünitesi üzerinde operatörün test simülasyon basıncını ayarlayabilmesi için 2 adet buton ve ayrıca simüle edilen test basıncı, aracın ön ve arka aks basıncını görebileceği toplamda 3 adet LCD ekran bulunmaktadır. Operatör test esnasında ihtiyacı olan basınç kontrolünü bu ünite ile sağlarken, aracın ön aks ve arka aks basıncını da bu ünite ile takip edebilmektedir.

Şekil 5.29'da çiftli telefon kablolarına yapılan dişi jumper kablolar LCD ekranlara monte edilmiştir. Butonlar içinde kablolar lehimlenmiştir. Şekil 5.30'da basınç kontrol ünitesinin iç kısmı görülmektedir.



Şekil 5.30 Kumanda Ünitesi Bağlantı Resmi

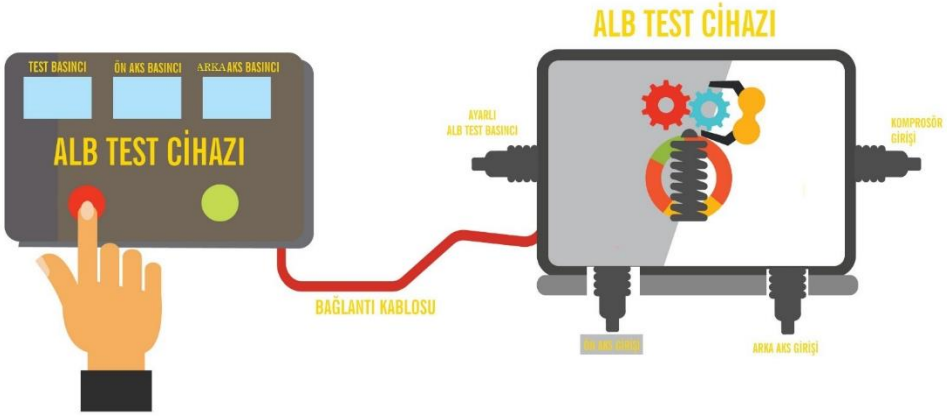
Kumanda ünitesi gerekli lehimleme ve yapıştırma işlemleri tamamlandıktan sonra Şekil 5.31’ de verilen görünüm elde edilmiştir. Şekilde ALB test basıncı, Ön aks ve arka aks basınçlarının görülebildiği 3 Adet LCD ekran ve ALB test basınıncının ayarlanabilmesi amacı ile kullanılan 2 adet buton mevcuttur



Şekil 5.31 Kumanda Ünitesi

5.4. Test Cihazı Kullanımı

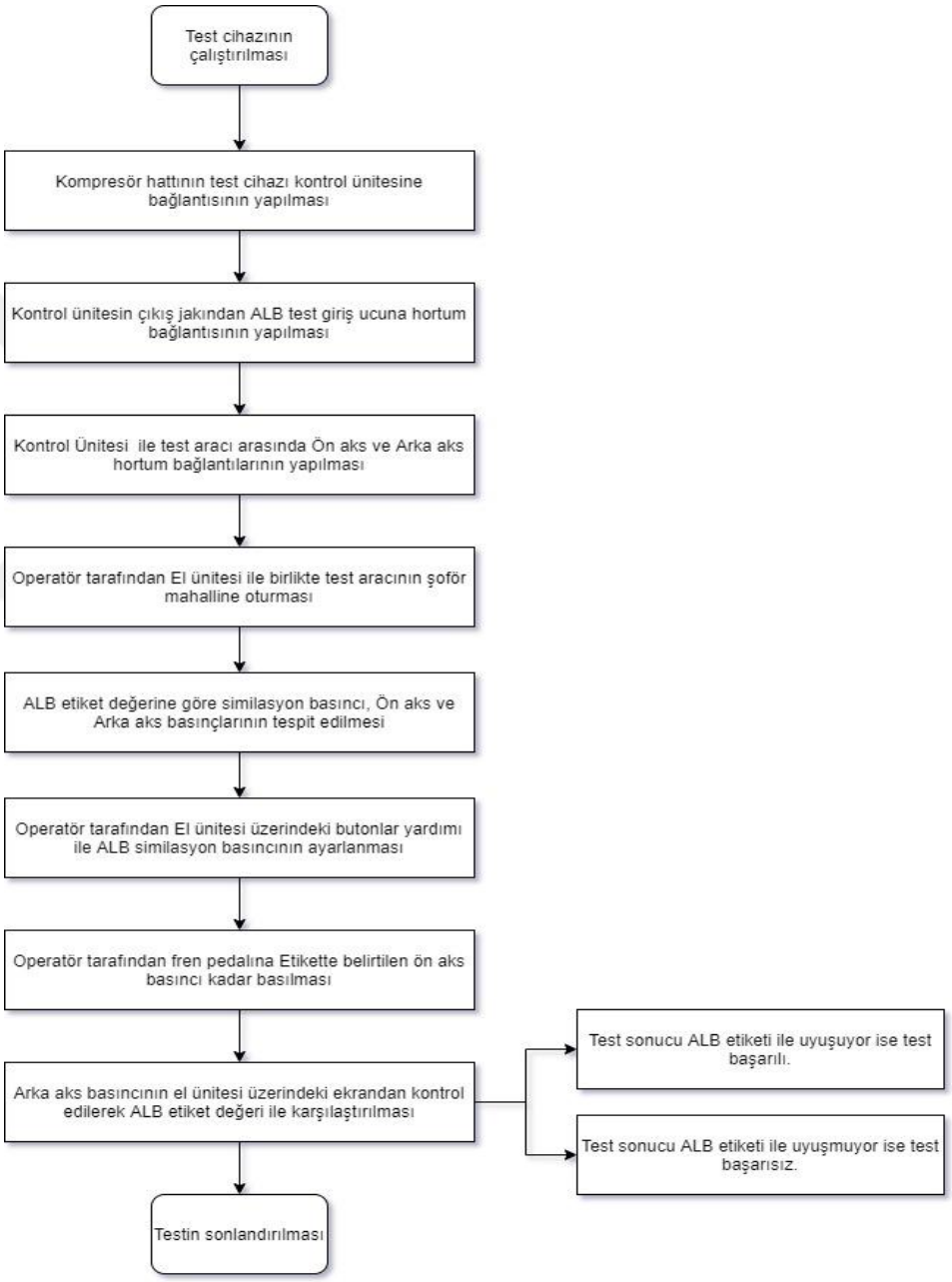
Basınç kontrol ünitesi üzerinde kompresör girişi, ön aks hava girişi ve arka aks hava giriş jakları bulunur. Jaklar basınç sensörlerine bağlıdır. Basınç ayar ünitesi ve basınç kontrol ünitesi birbiri ile çoklu kablo kullanılarak, kontrol ünitesi üzerinde bulunan LCD ekranlardan ön aks, arka aks ve ayarlı manometre basınç değerleri takip edilir. Yine kontrol ünitesi üzerinde bulunan iki adet buton ile ayarlı manometre değeri kontrol edilir. Kompresör hattından gelen basınçlı hava basınç ayar ünitesi giriş ucuna bağlanır. Basınç ayar ünitesi çıkış ucundan da ALB kontrol ucuna bağlanır. Ön aks ve arka aks test uçlarından basınç ayar ünitesine hava hortumları ile giriş yapılır. Operatör aracın ALB etiketini tespit eder ve etiket üzerinden simüle edeceği basınç değerlerini, aracın ön aksına uygulayacağı basıncı ve arka akstan alması gereken basınç değerlerini not eder.



Şekil 5.32 Test cihazı Görünümü

Şekil 5.32'de tasarımını yapılan test cihazının şemasını göstermektedir. Kompresör hattından gelen basınçlı hava, aracın ön aks ve arka aks bağlantısı basınç ayar ünitesine bağlanır. Teknisyen kontrol ünitesi ile beraber araca biner ve aracın çalıştırarak aracın hava tanklarını tamamen doldurduktan sonra, aracı stop eder. Kontrol ünitesi üzerindeki butonları kullanarak etiketteki simülasyon basıncını aracın ALB kontrol ucuna uygular ve uyguladığı basıncı kontrol ünitesi üzerinde bulunan LCD ekrandan takip eder. Etikette belirtilen ön aks basıncı kadar fren pedalına kuvvet uygular ve kontrol ünitesi üzerinde bulunan LCD ekran üzerinden uyguladığı basıncı takip eder.

Simülasyon basıncı, ön aks basınç değerleri uyguladığında kontrol ünitesi üzerinde arka aks basıncını gösterir LCD ekrandan etikette belirtilen ve olması gereken basınç değerinin elde edilip edilmediği kontrol edilir. Bu işlemler etiketteki yüksüz, yarı yüklü ve tam yüklü pozisyonlar şeklinde üç adımda uygulanarak test tamamlanmış olur. Şekil 5.33'de akış diyagramı verilmiş olup, test esnasında yapılan işlem adımları görülmektedir.



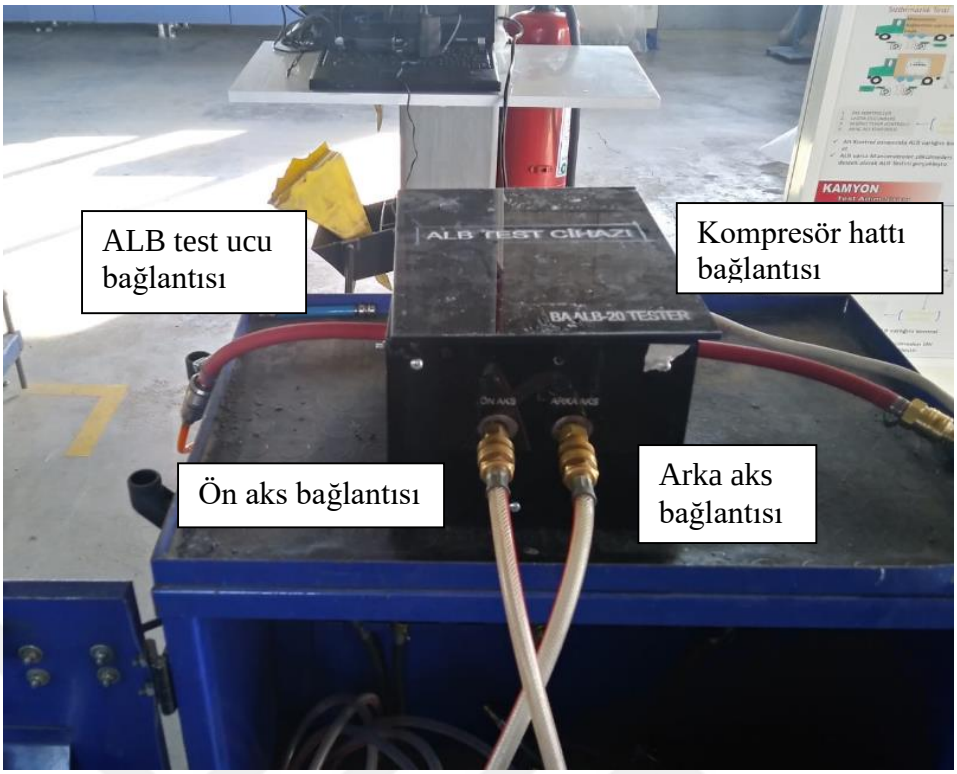
Şekil 5.33 Akış Diyagramı

Şekil 5.34’te havalı fren sistemleri için tasarımı ve imalatı yapılan ALB test cihazı görülmektedir.



Şekil 5.34 Tasarlanan ALB Test Cihazı

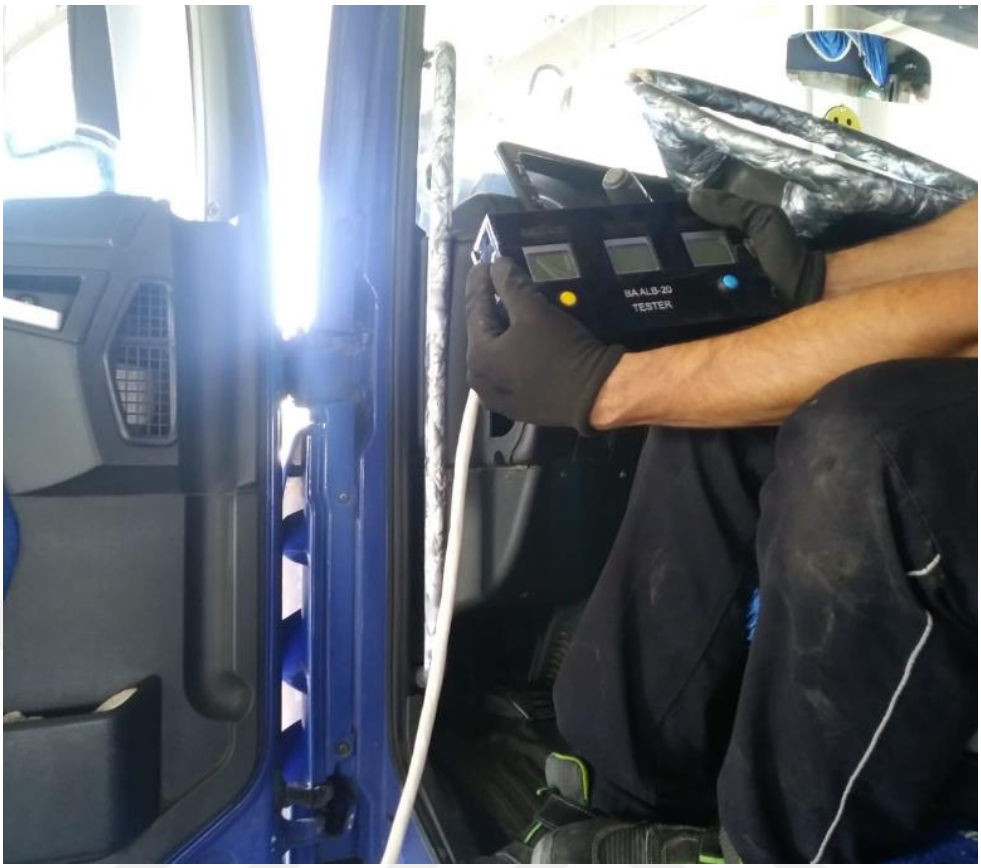
Şekil 5.35 ve Şekil 5.36’te test cihazı kontrol ünitesi giriş ucuna kompresör bağlantısı yapılmıştır. Kontrol ünitesi çıkış jakına ALB bağlantısı takılmıştır. Aracın ön aks ve arka aks bağlantıları cihaz ön yüzünde bulunan jaklara takılmıştır. Operatör tarafından tüm bağlantılar yapıldıktan sonra Şekil 5.37’da el ünitesi alınarak şoför mahalline oturulmuş ve ALB testinin yapılması için tüm hazırlıklar yapılmıştır. Bu aşamadan sonra operatör kimseden yardım almadan, ALB etiketi üzerinde bulunan tüm değerleri test etme imkânına sahiptir.



Şekil 5.35 Tasarlanan ALB Test Cihazı Kontrol Ünitesi Bağlantıları



Şekil 5.36 Tasarlanan ALB Test Cihazı Kumanda Bağlantısı



Şekil 5.37 Tasarlanan ALB test Cihazı Kumanda Ünitesi Kullanımı

6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada ağır vasıta fren sistemi testlerinden ALB testi için test cihazı tasarlanmıştır. Diğer ağır vasıta fren sistemi testlerinden Dörtyollu emniyet valfi, Kaplin koparma testleri içinde test cihazı gibi çalışmalar yapılabilir. Yapılacak bu yeni çalışmalar ile testlerin güvenirliği, iş gücünden tasarruf, ergonomi, çevreye duyarlılık gibi konularda iyileşme sağlanabilir.

Beş adet araç üzerinde manuel yöntem ve geliştirilen test cihazı ile deneyler yapılmıştır. Deney aracı olarak Mercedes Axor 18.40, DAF 85 400 ve MAN 19 420 kullanılmıştır. Deney sonuçları aşağıdaki çizelgelere işlenmiştir.

Çizelge 6.1 Manuel Yöntemle Yapılan ALB Testi, 1. Nolu Deney Aracı Test Sonuçları

1 NOLU DENEY ARACI						
Mercedes Axor 18.40		**Aks Ağırlığı (kg)**	**Ön Aks Uygulama Basıncı (Bar)**	**ALB Test basıncı (Bar)**	**Arka Aks Basıncı (Bar)**	**Sonuç**
Yüksüz Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	2000	8	0.5	2.9	Uygun
	Test Değerleri	2000	8	0.5	2.9	
Orta Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	5000	8	2.8	7.8	Uygun
	Test Değerleri	5000	8	2.8	7.8	
Tam Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	11500	8	7.9	8.2	Uygun
	Test Değerleri	11500	8	7.9	8.2	

Çizelge 6.2 Manuel Yöntemle Yapılan ALB Testi, 2. Nolu Deney Aracı Test Sonuçları

2 NOLU DENEY ARACI						
DAF 85 400 ATİ		**Aks Ağırlığı (kg)**	**Ön Aks Uygulama Basıncı (Bar)**	**ALB Test basıncı (Bar)**	**Arka Aks Basıncı (Bar)**	**Sonuç**
Yüksüz Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	2000	6	0.3	2.9	Uygun
	Test Değerleri	2000	6	0.3	2.9	
Orta Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	4000	6	1.2	2.2	Uygun
	Test Değerleri	4000	6	1.2	2.2	
Tam Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	13000	6	5.6	5.7	Uygun
	Test Değerleri	13000	6	5.6	5.7	

Çizelge 6.3 Manuel Yöntemle Yapılan ALB Testi, 3. Nolu Deney Aracı Test Sonuçları

3 NOLU DENEY ARACI						
MAN 19 420		**Aks Ağırlığı (kg)**	**Ön Aks Uygulama Basıncı (Bar)**	**ALB Test basıncı (Bar)**	**Arka Aks Basıncı (Bar)**	**Sonuç**
Yüksüz Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	2000	6.8	1.8	0.4	Uygun Değil
	Test Değerleri	2000	6.8	1.8	6.1	
Orta Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	5000	6.8	3.6	2.4	Uygun Değil
	Test Değerleri	5000	6.8	3.6	6.0	
Tam Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	13000	6.8	6.8	7.7	Uygun Değil
	Test Değerleri	13000	6.8	6.8	6.3	

Çizelge 6.4 Manuel Yöntemle Yapılan ALB Testi, 4. Nolu Deney Aracı Test Sonuçları

4 NOLU DENEY ARACI						
Mercedes Axor 18.40		**Aks Ağırlığı (kg)**	**Ön Aks Uygulama Basıncı (Bar)**	**ALB Test basıncı (Bar)**	**Arka Aks Basıncı (Bar)**	**Sonuç**
Yüksüz Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	2000	8	0.5	2.9	Uygun
	Test Değerleri	2000	8	0.5	2.9	
Orta Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	5000	8	2.8	7.8	Uygun
	Test Değerleri	5000	8	2.8	7.8	
Tam Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	11500	8	7.9	8.2	Uygun
	Test Değerleri	11500	8	7.9	8.2	

Çizelge 6.5 Manuel Yöntemle Yapılan ALB Testi, 5. Nolu Deney Aracı Test Sonuçları

5 NOLU DENEY ARACI						
MAN 19 420		**Aks Ağırlığı (kg)**	**Ön Aks Uygulama Basıncı (Bar)**	**ALB Test basıncı (Bar)**	**Arka Aks Basıncı (Bar)**	**Sonuç**
Yüksüz Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	2000	6.8	1.8	0.4	Uygun Değil
	Test Değerleri	2000	6.8	1.8	7.1	
Orta Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	5000	6.8	3.6	2.4	Uygun Değil
	Test Değerleri	5000	6.8	3.6	7.1	

Tam Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	13000	6.8	6.8	7.7	Uygun Değil
	Test Değerleri	13000	6.8	6.8	7.1	

Çizelge 6.6 Tasarlanan Test Cihazıyla Yapılan ALB Testi, 1. Nolu Deney Aracı Test Sonuçları

1 NOLU DENEY ARACI						
Mercedes Axor 18.40		**Aks Ağırlığı (kg)**	**Ön Aks Uygulama Basıncı (Bar)**	**ALB Test basıncı (Bar)**	**Arka Aks Basıncı (Bar)**	**Sonuç**
Yüksüz Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	2000	8	0.5	2.9	Uygun
	Test Değerleri	2000	8.07	0.51	2.93	
Orta Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	5000	8	2.8	7.8	Uygun
	Test Değerleri	5000	8.03	2.83	7.84	
Tam Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	11500	8	7.9	8.2	Uygun
	Test Değerleri	11500	8.06	7.96	8.25	

Çizelge 6.7 Tasarlanan Test Cihazıyla Yapılan ALB Testi, 2. Nolu Deney Aracı Test Sonuçları

2 NOLU DENEY ARACI						
DAF 85 400 ATİ		**Aks Ağırlığı (kg)**	**Ön Aks Uygulama Basıncı (Bar)**	**ALB Test basıncı (Bar)**	**Arka Aks Basıncı (Bar)**	**Sonuç**
Yüksüz Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	2000	6	0.3	2.9	Uygun
	Test Değerleri	2000	6.03	0.33	2.94	
Orta Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	4000	6	1.2	2.2	Uygun
	Test Değerleri	4000	6.02	1.22	2.25	

Tam Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	13000	6	5.6	5.7	Uygun
	Test Değerleri	13000	6.05	5.64	5.74	

Çizelge 6.8 Tasarlanan Test Cihazıyla Yapılan ALB Testi, 3. Nolu Deney Aracı Test Sonuçları

3 NOLU DENEY ARACI						
MAN 19 420		**Aks Ağırlığı (kg)**	**Ön Aks Uygulama Basıncı (Bar)**	**ALB Test basıncı (Bar)**	**Arka Aks Basıncı (Bar)**	**Sonuç**
Yüksüz Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	2000	6.8	1.8	0.4	Uygun Değil
	Test Değerleri	2000	6.82	1.84	6.14	
Orta Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	5000	6.8	3.6	2.4	Uygun Değil
	Test Değerleri	5000	6.84	3.65	6.09	
Tam Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	13000	6.8	6.8	7.7	Uygun Değil
	Test Değerleri	13000	6.83	6.85	6.37	

Çizelge 6.9 Tasarlanan Test Cihazıyla Yapılan ALB Testi, 4. Nolu Deney Aracı Test Sonuçları

4 NOLU DENEY ARACI						
Mercedes Axor 18.40		**Aks Ağırlığı (kg)**	**Ön Aks Uygulama Basıncı (Bar)**	**ALB Test basıncı (Bar)**	**Arka Aks Basıncı (Bar)**	**Sonuç**
Yüksüz Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	2000	8	0.5	2.9	Uygun
	Test Değerleri	2000	8.03	0.53	2.94	
Orta Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	5000	8	2.8	7.8	Uygun
	Test Değerleri	5000	8.05	2.84	7.83	

Tam Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	11500	8	7.9	8.2	Uygun
	Test Değerleri	11500	8.07	7.93	8.25	

Çizelge 6.10 Tasarlanan Test Cihazıyla Yapılan ALB Testi, 5. Nolu Deney Aracı Test Sonuçları

5 NOLU DENEY ARACI						
MAN 19 420		**Aks Ağırlığı (kg)**	**Ön Aks Uygulama Basıncı (Bar)**	**ALB Test basıncı (Bar)**	**Arka Aks Basıncı (Bar)**	**Sonuç**
Yüksüz Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	2000	6.8	1.8	0.4	Uygun Değil
	Test Değerleri	2000	6.83	1.81	7.18	
Orta Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	5000	6.8	3.6	2.4	Uygun Değil
	Test Değerleri	5000	6.8	3.6	7.17	
Tam Yüklü Pozisyon	**Alb Etiket Değerleri**	13000	6.8	6.8	7.7	Uygun Değil
	Test Değerleri	13000	6.8	6.8	7.16	

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

ALB testi bir operatörün ayarlı manometre ile ALB test giriş ucuna basınç vermesi ve diğer bir operatöründe fren pedalı kuvvet uygulayarak, ön ve arka basınç değerlerini kontrol etmesi ile mümkün olmaktadır. Yapılan çalışma sonucunda test cihazı ile test edilen aracın gerekli bağlantıları operatör tarafından yapıldıktan sonra, operatör kendi başına aracın şoför mahalinden hiç kalkmadan testi yapabilmesine olanak sağlamıştır. Test esnasında 2 operatörün harcadığı süre tek kişi ile testin yapılabilmesi ile yarıya düşmüş ve zamandan ve işgücünden kazanım sağlanmıştır. Analog manometreler düşme, çarpma vb dış etkenlere karşı hassas olması sebebi ile yaşanabilecek ölçüm hataları, basınç sensörlerinin kullanımı ile minimize edilmiş ve daha güvenilir sonuçlar elde edilmiştir.

-Geliştirilen test cihazıyla testin tek kişiyle yapılmasına olanak sağlamıştır.

-Ölçüm hataları minimize edilerek, güvenilir sonuçlar elde edilmiştir.

-İş gücünden kazanç sağlanmıştır.

7.2. Öneriler

Bu tez çalışması ile ağır vasıta havalı fren sistemi testlerinden ALB Testi için bir test cihazı geliştirilmiştir. Otomotiv sektöründe, sektörün gelişmesine yardımcı olabilecek farklı test cihazlarının da geliştirilebilmesi mümkündür. Yapılacak çalışmalarda yeni test cihazlarının geliştirilmesi hem ülke ekonomisine katkı sağlayacak hem de işgücü kazanımı, zaman kazanımı, konfor gibi konularda katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu, 18/10/1983, Resmi Gazete, Ankara.

Akdağ, O., 2018, Ağır Ticari Kamyonlarda Kullanılan Kampana Frenlerin Ses ve Titreşim Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, *İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü*, İzmir.

Anonim, 2020a, Sendo Sensor Store Basınç sensörü, https://tr.aliexpress.com/item/32336251109.html:, [Erişim Tarihi 25.05.2020].

Anonim, 2020b, Algılayıcılar, sensörler, https://elektrik.port.com/teknik-kutuphane/basinc-sensoru, [Erişim Tarihi 13.05.2020].

Araç Muayene İstasyonlarının Açılması, İşletilmesi ve Araç Muayenesi Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, 19/12/2007, Resmi Gazete, Ankara.

Araçların İmal, Tadil ve Montaj Hakkındaki Yönetmelik, 26/10/2016, Resmi Gazete, Ankara.

Arduino, 2020a, Software, Downloads, https://www.arduino.cc/: [Erişim Tarihi 17.04.2020].

Arduino, 2020b, Project Hub, https://create.arduino.cc/projecthub/Arduino_Genuino/getting-started-with-the-arduino-desktop-ide-623be4?ref=tag&ref_id=software&offset=1: [Erişim Tarihi 17.04.2020].

Artus, S., Cocquempot, V., Hayat, S., Staroswiecki, M., De Larminat, P. ve Covo, C., 2005, CHV's brake discs temperature estimation: results in open road tests, *Proceedings. 2005 IEEE Intelligent Transportation Systems, 2005.*, 204-209.

Avunç, T., 2007, Ağır Ticari Taşıtları Fren Sistemleri Tasarımı, *İstanbul Teknik Üniversitesi* İstanbul, 1-118.

Bayrakçeken, H. ve Düzgün, M., 2005, Taşıtlarda Fren Verimi ve Frenleme Mesafesi Analizi, *Politeknik Dergisi,* 8 (2), 153-160.

Bowlin, C. L., Subramanian, S. C., Darbha, S. ve Rajagopal, K., 2006, Pressure control scheme for air brakes in commercial vehicles, *IEE Proceedings-Intelligent Transport Systems*, 21-32.

Çataltepe, V., 2008, Ticari Araçlar için Fren Faktörünün Teorik ve Deneysel Sonuçlarının Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü,* Gebze.

Demir, A., 2009, Fren Disklerine Uygulanan Kaplamaların Frenleme Performansına Etkisin Deneysel Araştırılması, Doktora Tezi, *Kocaeli Üniversitesi* Kocaeli, 1-138.

Düzgün, M., 2002, Motorlu Taşıtlarda Fren Deney Yöntemleri ve Performans Kriterlerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi,* Ankara.

Düzgün, M., 2009, Fren Sistemlerinin Performanslarının Belirlenmesine Yönelik Test Metodolojisinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi,* Ankara.

Erdem, M. ve Altıparmak, D., 2014, Fren Disk Sıcaklığının Frenleme Performansına Etkisi, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University,* 29 (2), 425-432.

Kaplan, S., 2014, Ağır Vasıta Havalı Fren Sistemleri, Standart Testleri ve Güvenlik Kriterleri Yönünden Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara.

Kara, F., 2011, Karbon Elyaf Takviyeli Otomotiv Fren Balata Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Linsans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi*, Afyon

Keskin, G., 2015, Diskli Fren Sisteminde Disk Üzerindeki Sıcaklığın Analitik Olarak Hesaplanması, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul.

MAHA, 2007a, IW 7 Lon Competence Rulo Fren Test Kullanım Kitabı, *Haldenwang*, p.
MAHA, 2007b, Maha Egzoz Emisyon Cihazı (MGT 5) Kullanım Kitabı, *Haldenwang*, p.
MAHA, 2007c, Maha Egzoz Emisyon Cihazı (MDO 2) Kullanım Kitabı, *Haldenwang*, p.
MAHA, 2007d, Maha Far Test Cihaz Kullanım Kitabı, Haldenwang, p.
MAHA, 2017, Maha Direksiyon Boşluk Test Cihaz Kullanım Kitabı, *Haldenwang*, p.
MEGEP, 2011, Biyomedikal Cihaz Teknolojileri, Step ve Servo Motorlar, *T.C. Milli Eğitim Bakanlığı*.
MEGEP, 2013, Motorlu Araçlar Teknolojisi Fren Sistemleri, *Ankara*, p.
Motorlu Araçlar ve Römorklari Tip Onayi Yönetmeliği (2007/46/AT), 28/06/2009, Resmi Gazete, Ankara.
Öz, A., 2012, Aşınmış Taşıt Fren Disklerinin Kaplama Tozları ile Kaplanarak Yeniden Kullanılabilirliğinin Deneysel Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi*, Isparta.
Özbaş, E. Fren Sistemleri ve Çeşitleri, 02/12/2017, https://www.muhendisbeyinler.net/fren-sistemleri-ve-cesitleri: [Erişim Tarihi 15.04.2020].
Post, W., 2014, Car braking systems, In: Fundamentals of Automotive and Engine Technology, Eds: Springer, p. 130-141.
Puhn, F., 1985, Brake handbook, HP Books, p.
Ramaratham, S., 2008, A mathematical model for air brake systems in the presence of leaks, *Texas A&M University*.
Şimşek, M. A., 2015, Arduino Kart ile Tasarlanmış Sistemlerin İnternet Tabanlı Kontrolü ve İzlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi*, Isparta.
Toros, M., 2011, Fren Balatalarında Nano Malzemelerin Kullanımının Frenleme Performansına Etkilerinin Deneysel Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi*, Konya, 1-98.
Tüvtürk, 2010, TD00407 Araç boyutları.
Tüvtürk, 2011, Fren Sistemleri ve Muayenesi, *İstanbul*, p.
Tüvtürk, 2014, TB05902 Araç sınıfları ve araç tanımları.
Tüvtürk, 2016, Ağır Vasıta Fren Sistemleri, *İstanbul*, p.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Bekir AKSU
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	KAHRAMANMARAŞ - 18.06.1981
Telefon	**:**	0 506 245 47 52
Faks	**:**	
e-mail	**:**	baksu42@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	**Kahramanmaraş Endüstri Meslek Lisesi**	**1999**
Üniversite	:	**Selçuk Üniversitesi / T.E.F. Otomotiv Öğr.**	**2008**
		N.E.Ü. / Seydişehir Mühendislik Fak. Makine Müh.	**2019**
Yüksek Lisans	:	**Selçuk Üniversitesi / Fen Bilimleri Enst.**	**Devam Ediyor**

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2010 –2011	**Bosch Dizel Pompa Bakım Onarım**	**Teknik Sorumlu**
2011 – 2013	**Tüvtürk Taşıt Muayene İst. A.Ş.**	**Eğitim Amiri**
2014 -	**Tüvtürk Taşıt Muayene İst. A.Ş.**	**İstasyon Amiri**

UZMANLIK ALANI

Otomotiv Mühendisliği

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

Aksu B , Düzcükoğlu H . Design of ALB Tester for Heavy Vehicle Brake Systems. International Journal of Automotive Science and Technology. 2020; 4(2): 115-111.