




## İkinci El Otomotiv Sektöründe Kullanılan Şasi Dinamometrelerinin Ölçüm Doğruluklarının Araştırılması

İbrahim YAVUZ<sup>1</sup> , Turan Alp ARSLAN<sup>1\*</sup> , Hüseyin BAYRAKÇEKEN<sup>1</sup> , İbrahim MUTLU<sup>1</sup> , Faruk Emre AYSAL<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği, 03200, Afyonkarahisar, Türkiye

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği, 03200, Afyonkarahisar, Türkiye

### Makale Bilgisi

Araştırma makalesi  
Başvuru: 04/05/2023  
Düzeltilme: 09/06/2023  
Kabul: 25/06/2023

### Anahtar Kelimeler

Şasi Dinamometresi  
Taşıt Testi  
Ölçüm Doğruluğu

### Article Info

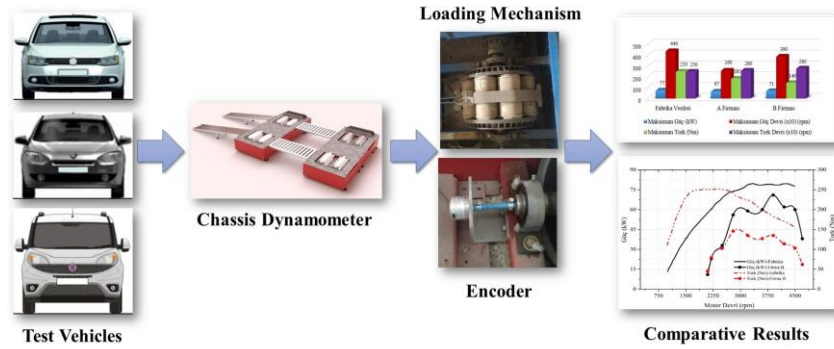
Research article  
Received: 04/05/2023  
Revision: 09/06/2023  
Accepted: 25/06/2023

### Keywords

Chassis Dynamometer  
Vehicle Testing  
Measurement Accuracy

### Grafik Özet (Graphical/Tabular Abstract)

Bu çalışmada, piyasada kullanılan şasi dinamometrelerinin ölçüm doğruluklarının araştırılması için üç farklı taşıt, iki farklı oto ekspertiz firmasında test edilmiştir. Firmalara ait test sonuçları kendi arasında ve fabrika verileri ile karşılaştırıldığında güç-tork eğrileri, maksimum güç-tork değerleri ve bu değerlerin oluştuğu motor devirlerinde önemli ölçüde sapmalar oluştuğu tespit edilmiştir. / In this study, three different vehicles were tested in two different auto expertise companies to investigate the measurement accuracy of chassis dynamometers used in the market. When the test results of the companies are compared among themselves and with the factory data, it has been determined that there are serious deviations in the power-torque curves, maximum power-torque values and engine speeds where these values occur.



Şekil A.: Şasi dinamometrelerinin ölçüm doğruluklarının araştırılması / Figure A.: Investigation of measurement accuracies of chassis dynamometers

### Önemli noktalar (Highlights)

- Şasi dinamometreleri ve ölçüm yöntemleri açıklanmıştır. / Chassis dynamometers and measurement methods are explained.
- Üç farklı taşıt, iki farklı firmada test edilmiştir. / Three different vehicles were tested in two different companies.
- Test sonuçları karşılaştırılarak sapmalar ve bu sapmaların nedenleri tespit edilmiştir. / By comparing the test results, the deviations and the reasons for these deviations were determined.

**Amaç (Aim):** Gerçekleştirilen çalışma ile ikinci el otomotiv sektöründeki şasi dinamometre testleri ile alakalı yanlış bilgilerin düzeltilmesi ve literatürdeki eksikliğin giderilmesi amaçlanmaktadır. / The aim of the study is to correct the wrong information about chassis dynamometer tests in the used automotive sector and to eliminate the deficiency in the literature.

**Özgünlük (Originality):** Literatür incelendiğinde, bu çalışmada olduğu gibi şasi dinamometrelerinin ölçüm doğruluklarının detaylı olarak araştırıldığı bir çalışma görülmektedir. / When the literature examined, there is no study in which the measurement accuracies of chassis dynamometers are investigated in detail, as in this study.

**Bulgular (Results):** Ekspertiz firmalarına ait test sonuçları, güç-tork eğrilerinin, maksimum güç ve tork değerlerinin ve bu değerlerin ortaya çıktığı motor devirlerinin fabrika verileri ile büyük oranda uyumsuz olduğunu göstermektedir. / The test results of the expertise companies show that the power-torque curves, maximum power and torque values and the engine speeds at which these values occur are highly inconsistent with the factory data.

**Sonuç (Conclusion):** Şasi dinamometrelerinin amaca uygun özellikleri, kalitesi ve kalibrasyonunun yanı sıra standartlaşmış doğru ölçüm yöntemi ve operatörün uzmanlığı test sonuçlarının doğruluğunda büyük rol sahibidir. / The fit-for-purpose features, quality and calibration of chassis dynamometers, as well as the standardized accurate measurement method and operator's expertise, play a major role in the accuracy of test results.



## İkinci El Otomotiv Sektöründe Kullanılan Şasi Dinamometrelerinin Ölçüm Doğruluklarının Araştırılması

İbrahim YAVUZ<sup>1</sup> , Turan Alp ARSLAN<sup>1\*</sup> , Hüseyin BAYRAKÇEKEN<sup>1</sup> , İbrahim MUTLU<sup>1</sup> , Faruk Emre AYSAL<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği, 03200, Afyonkarahisar, Türkiye

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği, 03200, Afyonkarahisar, Türkiye

### Makale Bilgisi

Araştırma makalesi  
Başvuru: 04/05/2023  
Düzeltilme: 09/06/2023  
Kabul: 25/06/2023

### Anahtar Kelimeler

Şasi Dinamometresi  
Taşıt Testi  
Ölçüm Doğruluğu

### Öz

Şasi dinamometreleri motor, güç aktarma organları ve şasi bileşenlerinin test edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Taşıt tipi, boyutları ve ağırlığı gibi temel faktörlerin yanı sıra test cihazı yapısı, yazılımı ve ölçüm yöntemlerine göre sistem üzerinde farklı parametreler incelenebilmektedir. Test sistemi üzerinde kullanılan ekipman ve tasarım yapısına bağlı olarak ölçüm hassasiyeti değişmektedir. Günümüzde ikinci el araç kontrollerinde oto ekspertiz firmaları tarafından yaygın olarak gerçekleştirilen şasi dinamometre testlerinin doğruluğu ve güvenilirliği bir tartışma konusudur. Bu çalışmada, piyasada kullanılan şasi dinamometrelerinin ölçüm doğruluklarının araştırılması için üç farklı taşıt, iki farklı oto ekspertiz firmasında test edilmiştir. Testlerde Common Rail yakıt enjeksiyonuna sahip, turboşarjlı, Euro 5 emisyon normlarına uygun dizel motora ve manuel vites kutusuna sahip taşıtlar kullanılmıştır. Şasi dinamometrelerinde gerçekleştirilen tüm testlerde belirlenen standart adımlar izlenmiş olup testler basınç ve sıcaklık kaynaklı sapmaların önlenmesi için aynı lokasyondaki firmalarda gerçekleştirilmiştir. Test sonuçlarında taşıtlara ait maksimum güç ve maksimum güç devri, maksimum tork ve maksimum tork devri, ayrıca bu değerlerin fabrika verilerinden sapma miktarları elde edilmiştir. Firmalara ait test sonuçları kendi arasında ve fabrika verileri ile karşılaştırıldığında güç-tork eğrileri, maksimum güç-tork değerleri ve bu değerlerin oluştuğu motor devirlerinde önemli ölçüde sapmalar oluştuğu tespit edilmiştir.

## Investigation of Measurement Accuracy of Chassis Dynamometers Used in Used Automotive Sector

### Article Info

Research article  
Received: 04/05/2023  
Revision: 09/06/2023  
Accepted: 25/06/2023

### Keywords

Chassis Dynamometer  
Vehicle Testing  
Measurement Accuracy

### Abstract

Chassis dynamometers are used to test engine, powertrain and chassis components. In addition to basic factors such as vehicle type, dimensions and weight, different parameters can be examined on the system depending on the test device structure, software and measurement methods. Measurement accuracy varies depending on the equipment and design structure used on the test system. Today, the accuracy and reliability of chassis dynamometer tests, which are commonly performed by auto expertise companies in used vehicle controls, are a matter of debate. In this study, three different vehicles were tested in two different auto expertise companies to investigate the measurement accuracy of chassis dynamometers used in the market. Vehicles with common rail fuel injection, turbocharged, diesel engine conforming to Euro 5 emission norms and manual gearbox were used in the tests. Standard steps were followed in all tests performed on chassis dynamometers, and tests were carried out in companies located in the same location to prevent deviations due to pressure and temperature. In the test results, the maximum power and maximum power engine speed, maximum torque and maximum torque engine speed of the vehicles, as well as the deviations of these values from the factory data were obtained. When the test results of the companies are compared among themselves and with the factory data, it has been determined that there are serious deviations in the power-torque curves, maximum power-torque values and engine speeds where these values occur.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Geçmişten bugüne otomotiv teknolojilerindeki gerçekleşen ilerlemeler yüksek performans ve kalite gereksinimlerini beraberinde getirmektedir. Ayrıca

gelişmiş ülkelerin ortaya koyduğu yönetmelikler ve regülasyonlar bu gereksinimleri arttırmakla birlikte karşılanmalarını da zorunlu kılmaktadır. Otomotiv üreticileri ve araştırmacılar hızlı gelişen teknoloji, değişen sektör trendleri, artan müşteri beklentileri

ve katılan regülasyonlara uyum sağlamak için çalışmalarını sürdürmektedir. Otomotiv teknolojisinin bu hızlı gelişimindeki en büyük etmenlerden biri de taşıt testleridir. Günümüzde otomotiv endüstrisinde araştırma, geliştirme, üretim ve satış sonrası uygulamalar ile taşıt testleri birbirinden bağımsız olarak düşünülemez bir hal almıştır [1,2]. Taşıtların, kavramsal tasarım aşamasından satış sonrası hizmetlere kadar tüm süreçlerde belirlenen kriterlere uygunluğu gelişmiş test sistemleri ile doğrulanmaktadır [3]. Geliştirme aşamasındaki taşıtlar, gelişmiş test sistemleri ile yüksek rakım değerleri, zorlu tırmanış koşulları, farklı basınç, sıcaklık ve nem seviyeleri gibi zorlu çevre şartlarında ve çeşitli senaryolarda testlere tabi tutulmaktadır [4,5]. Gelişmiş test sistemlerinde gerçek yol ve hava koşulları ile bir benzetim ortamı kurularak birçok parametre ölçülebilmektedir. Yapılan testler ile araştırma, geliştirme ve kalite kontrol uygulamaları gerçekleştirilmekte, taşıtlarda hedeflenen değişikliklerin sayısal sonuçlar ile izlenmesi kolaylaşmaktadır. Taşıtların laboratuvar ortamında gerçekleştirilen testleri ile ölçme ve doğrulama süreci de hızlanmaktadır.

Motor, güç aktarma organları ve şasi bileşenlerinin kara yoluna çıkmadan test edilmesini sağlayan şasi dinamometreleri ise taşıt test sistemleri arasında büyük bir öneme sahiptir. Bu ekipman, dayanıklılık, yakıt tüketimi, emisyon, motor performansı, verimlilik ölçümlerinin yanı sıra standart döngülerin ve dış koşulların benzetimleri gibi analizlerin gerçekleştirilmesini sağlamaktadır [6,7]. Ayrıca bu platformlar, gerçek koşulları simüle edebildiği ve bir bilgisayar tarafından kontrol edilebildiğinden, otomotiv endüstrisi tarafından yeni teknolojilerin geliştirilmesinde kullanılan güvenilir ve kontrollü deneysel koşullar sunmaktadır [8]. Şasi dinamometreleri temelde farklı sürüş çevrimlerine göre tekerleğe uygulanan direnç kuvvetlerinin ve yol koşullarının simüle edilebilmesine olanak sağlamaktadır [9,10]. Özel pistlerde gerçekleştirilecek olan testlere oranla oldukça düşük maliyetli olan bu yöntem trafik ve hava koşullarından, sıcaklık farklarından ve tekrarlanması zor güzergâhlardan kaynaklanacak olumsuzlukları da önlemektedir [11,12]. Ayrıca tek bir standart cihaz ile çok çeşitli araç yapılarının testleri gerçekleştirilebilmektedir. Şasi dinamometreleri ile yol testlerinin aksine tekrarlanabilir, hızlı ve düşük maliyetli testler yürütmek mümkündür. Bu testler ile taşıt sistem parametrelerinin yanı sıra değişen dış koşullar akıcı bir şekilde test edilerek trafik, yol ve sürüş davranışlarına dair optimizasyonlar gerçekleştirilebilmektedir [13]. Ayrıca iklimatik oda

tasarımları ile ortam sıcaklığından bağımsız olarak iklim faktörü de testlere dahil edilebilmektedir.

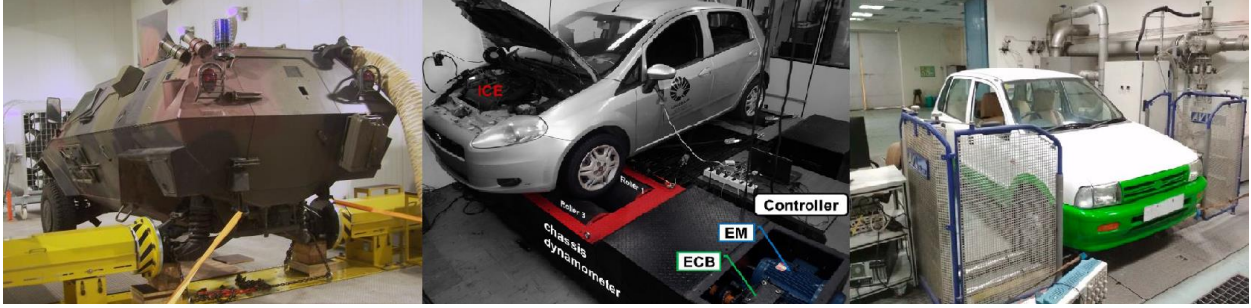
Şasi dinamometreleri ülkemizde fabrika montaj hatlarının sonunda kalite kontrol proseslerinde, yazılım ayarlama (chip-tuning) firmalarının motor performansını arttırmaya yönelik uygulamaları öncesi ve sonrasında, oto ekspertiz firmalarının ikinci el araç kontrollerinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Ancak günümüzde oto ekspertiz firmaları tarafından gerçekleştirilen şasi dinamometre testlerinin doğruluğu ve güvenilirliği bir tartışma konusu olarak karşımıza çıkmaktadır [14]. Geçmiş çalışmalar incelendiğinde şasi dinamometreleri yardımı ile içten yanmalı motorlar ve şasi yapısına ait birçok parametre ölçümlerinin gerçekleştirilerek optimizasyon çalışmalarının yaygın olarak yapıldığı görülmektedir. Ancak şasi dinamometrelerinin ölçüm doğruluklarının detaylı olarak araştırıldığı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, piyasada kullanılan şasi dinamometrelerinin ölçüm doğruluklarının araştırılması için üç farklı taşıt, iki farklı oto ekspertiz firmasında test edilmiştir. Test sonuçlarında taşıtlara ait maksimum güç ve maksimum güç devri, maksimum tork ve maksimum tork devri, ayrıca bu değerlerin fabrika verilerinden sapma miktarları elde edilmiştir. Test taşıtlarının fabrika güç-tork eğrileri ile şasi dinamometre testlerinden elde edilen veriler karşılaştırılarak ölçüm sonuçlarının uygunluğu tartışılmıştır. Gerçekleştirilen çalışma sonucunda, ikinci el otomotiv sektöründeki şasi dinamometre testleri ile alakalı yanlış bilgilerin önüne geçilmesi ve literatürdeki eksikliğin giderilmesi amaçlanmaktadır.

## 2. ŞASI DİNAMOMETRELERİ (CHASSIS DYNAMOMETERS)

Başlıca taşıt test sistemlerinden olan şasi dinamometrelerinin farklı yapılarla birçok çeşidi bulunsada temelde bazı ortak özellikleri mevcuttur. Tüm şasi dinamometrelerinde taşıtı destekleyen ve tekerleklerin dönmesini sağlayan genellikle bir veya iki tambur bulunmaktadır. Benzer şekilde tüm şasi dinamometrelerinde tekerlekten güç alan veya bazı konfigürasyonlarda tekerleklere güç sağlayabilen yük sistemleri bulunması gerekmektedir [11]. Tambur sayısına göre genellikle tek tamburlu veya çift tamburlu olmak üzere iki tür şasi dinamometresi yaygındır [15-17]. Test sisteminin kullanım amacına göre kompakt yapıya sahip taşınabilir tekerlek gücü ölçüm sistemlerinden, tambur çapı 2 metreye varan lastik temas alanı kaynaklı gürültü ve titreşim ölçüm sistemlerine kadar çok çeşitli yapı ve boyuta sahip dinamometreler tasarlanmaktadır. Şasi

dinametrelerinde 1980'ler öncesinden günümüze kadar sırasıyla mekanik, mekanik-elektriksel ve elektriksel kontrol yöntemleri kullanılmıştır. Modern dinamometrelerde AC

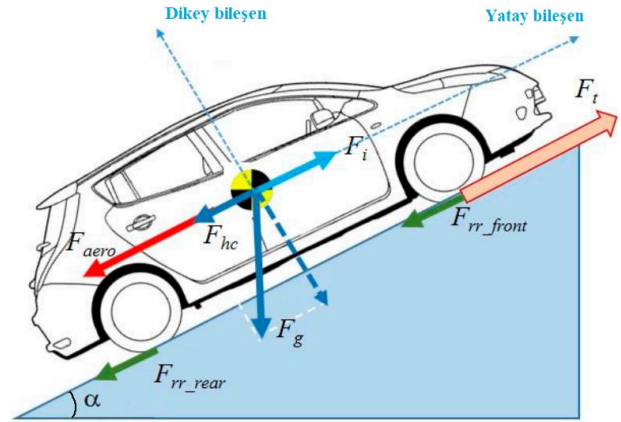
motorlar dinamik ve statik yanıt üstünlükleri nedeniyle DC motorlu dinamometrelerin önüne geçmiştir [1]. Şekil 1'de farklı tasarım yapısına sahip şasi dinamometreler görülmektedir.



Şekil 1. Farklı tasarım yapısına sahip şasi dinamometreleri [6,10,16] (Chassis dynamometers of different design)

Şasi dinamometrelerinde belirli bir test prosedürü tanımlanarak dayanıklılık, yakıt tüketimi, emisyon, motor performansı ve verimlilik gibi ölçümler yapılabilmektedir [6,7]. Yol koşullarını ve dirençlerini simüle eden test prosedürleri yokuş direnci, yuvarlanma direnci, aerodinamik direnç, ivmelenme direnci ve atalet kuvvetlerini içermektedir. Motor verimliliklerinin [18-20] ve aktarma organları güç kayıplarının [21,22] belirlenmesi şasi dinamometrelerinde en sık gerçekleştirilen uygulamalardan. Alt bileşen performansları ve verimlilikleri, taşıtın bir şasi dinamometresinde test edilmesi ve tahrik sistemindeki her bir sisteme ilişkin verilerin çıkarılmasıyla belirlenebilmektedir [23]. Ayrıca bu sistemler, gerçek koşulları simüle edebilmekte ve bilgisayar tarafından kontrol edilebilmektedir. Bu sayede otomotiv endüstrisi tarafından yeni teknolojilerin geliştirilmesinde kullanılan güvenilir ve kontrollü test ortamını sağlamaktadır [8]. Yolda gerçekleştirilen bir taşıt testi ile karşılaştırıldığında şasi dinamometreleri üzerinde yapılan testler, karakteristik verilerin hassas bir şekilde elde edilmesinde daha ucuz ve etkilidir [15]. Tüm bu avantajlarından dolayı şasi dinamometrelerinden bilimsel çalışmalarda da yaygın olarak faydalanılmaktadır. Şasi dinamometreleri ile gerçekleştirilen çalışmalara içten yanmalı motor kaynaklı oluşan emisyonların araştırılması [24-28], aktarma organları verimliliğinin belirlenmesi [22], alternatif yakıtların motor performansı ve emisyonlara etkilerinin incelenmesi [29,30], hibrit ve elektrikli araçlarda batarya ve taşıt performansının saptanması [31-34], iç mekân gürültü ölçümlerinin gerçekleştirilmesi [35,36], fren sürtünme elemanları kaynaklı emisyonların incelenmesi [37,38], lastik temas alanı ve yuvarlanma dirençlerinin araştırılması [39-42], frenleme parametrelerinin taşıt dinamiğine etkilerinin incelenmesi [43,44] örnek olarak verilebilir.

Şasi dinamometre testleri, üretilen tahrik kuvvetine ( $F_t$ ) karşılık taşıta seyir halinde etkiyen direnç kuvvetleri simüle edilerek gerçekleştirilmektedir. Bunlar; aerodinamik direnç ( $F_{aero}$ ), yuvarlanma direnci ( $F_{rr}$ ), ivmelenme direnci ( $F_i$ ) ve yokuş direnci ( $F_{hc}$ ) kuvvetleridir. Taşıta etkiyen bu direnç kuvvetleri toplamı ( $F_{Load}$ ), şasi dinamometresi tarafından frenleme kuvveti olarak yük sistemine etki ettirilmektedir. Seyir halindeki bir taşıta etkiyen kuvvetler Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Taşıta etki eden kuvvetler [45] (The forces acting on the vehicle)

Taşıta etki eden aerodinamik direnç kuvveti ( $F_{aero}$ ), Eş. 1 ile hesaplanmaktadır. Burada  $\rho$  hava yoğunluğunu,  $A$  taşıt izdüşüm alanını,  $C_d$  taşıtın hava direnç katsayısını,  $v$  taşıt hızını ve  $v_r$  rüzgâr hızını ifade etmektedir.

$$F_{aero} = \frac{1}{2} \rho A C_d (v + v_r)^2 \quad (1)$$

Tüm tekerleklerle etki eden yuvarlanma direnci katsayısı ( $F_{rr}$ ), Eş. 2 ve Eş. 3 ile hesaplanmaktadır. Burada  $F_{rr\_front}$  ön tekerleklerle etkiyen yuvarlanma direncini,  $F_{rr\_rear}$  arka tekerleklerle etkiyen yuvarlanma direncini,  $m$  taşıt kütleğini,  $g$

yerçekimi ivmesini,  $\alpha$  yolun eğim açısını ve  $C_{rr}$  yuvarlanma direnci katsayısını ifade etmektedir.

$$F_{rr} = F_{rr\_front} + F_{rr\_rear} \quad (2)$$

$$F_{rr} = mg \cos \alpha C_{rr} \quad (3)$$

İvmelenme direnci ( $F_i$ ), Eş. 4 ile hesaplanmaktadır. Bu eşitlikte  $m$  taşıt kütlesi ve  $a$  taşıt ivmesidir.

$$F_i = ma \quad (4)$$

Son olarak yokuş direnci ( $F_{hc}$ ), Eş. 5 ile hesaplanmaktadır. Burada diğer eşitliklerde olduğu gibi  $m$  taşıt kütlesini,  $g$  yerçekimi ivmesini ve  $\alpha$  ise yolun eğim açısını ifade etmektedir.

$$F_{hc} = mgsin\alpha \quad (5)$$

Seyir halindeki bir taşıta etkiyen direnç kuvvetleri toplamı ( $F_{Load}$ ) ise Eş. 6 ile hesaplanmaktadır.

$$F_{Load} = F_{aero} + F_{rr} + F_i + F_{hc} \quad (6)$$

### 3. MATERYAL VE METOD (MATERIAL AND METHOD)

#### 3.1. Test Koşulları ve Kullanılan Şasi Dinamometreleri (Test Conditions and Used Chassis Dynamometers)

Ülkemizde ikinci el araç kontrollerinde yaygın olarak kullanılan şasi dinamometrelerinin ölçüm doğruluklarının araştırılmasında üç farklı araç, iki farklı oto ekspertiz firmasında test edilmiştir. Çalışmada gizlilik amacı ile firma isimleri A ve B harfleri ile temsil edilmektedir. Şasi dinamometre testleri yazılım ve tasarımları farklı üreticilere ait olan çift tamburlu cihazlarda gerçekleştirilmiştir. Firmalarda kullanılan şasi dinamometreler motor

devrine bağlı olarak değişen güç, tork ve tekerlek hızı değerlerini raporlamaya müsaade etmektedir.

Oto ekspertiz firmalarında kullanılan şasi dinamometrelerinin büyük bir çoğunluğu enkoder kullanarak tekerlek gücünü ölçmeye çalışmaktadır. Bu dinamometreler atalet prensibine göre motor güç ve tork hesaplaması yapmaktadır. Bu tip şasi dinamometrelerinde tekerlekten güç alan yük sistemleri bulunmamaktadır. Dolayısıyla tekerleklere yük olarak sadece tamburların kütsel atalet momenti etki etmektedir. Tambur çapı, üretim şekli ve ağırlığına bağlı olarak sistemin sağladığı atalet momenti de farklılık göstermektedir. Enkoderli ölçme sistemine sahip (a) ve elektromanyetik yük sistemine sahip (b) şasi dinamometreleri Şekil 3'te görülmektedir.

Taşıt testlerinin gerçekleştirildiği sıcaklık ve basınç koşulları Tablo 1'de görülmektedir. Şasi dinamometre testleri aynı lokasyondaki firmalarda gerçekleştirilerek rakım kaynaklı basınç farklarının test sonuçlarında sapmalara neden olması önlenmiştir. Artan rakım ile basınç ve dolgu yoğunluğu azalmakta bunun sonucu olarak motor performansında azalma gözlemlenmektedir. Benzer şekilde hava sıcaklığının da motor performansı üzerinde önemli bir etkisi mevcuttur. Artan emme havası sıcaklığı sabit basınçta daha düşük yoğunluğa sahip olduğu için dolgu miktarını azaltarak motor performansını olumsuz etkilemektedir. Çalışmanın yapıldığı lokasyonda rakım 887 m, testlerin gerçekleştirildiği tarihte ortalama atmosfer basıncı 900,78 hPa ve ortalama hava sıcaklığı 21,8 °C'dir [46].



Şekil 3. a) Enkoderli ve b) elektromanyetik yük sistemli şasi dinamometreleri (Chassis dynamometers with a) encoder and b) electromagnetic load system)

Tablo 1. Test koşulları (Test conditions)

Marka / Model	Sıcaklık (°C)	Basınç (hPa)
Volkswagen Jetta 1.6 TDI	21,6	900,78
Fiat Doblo 1.3 Multijet	21,3	904,16
Renault Fluence 1.5 dCi	22,7	897,39

### 3.2. Testlerde Kullanılan Taşıtların Özellikleri (Vehicle Features Used In The Tests)

Şasi dinamometre testlerinde kullanılan taşıtlara ait özellikler Tablo 2’de görülmektedir. Testlerde kullanılan tüm taşıtlar Common Rail yakıt enjeksiyonuna sahip, turboşarj beslemeli, Euro 5 emisyon normlarına uygun dizel motora ve manuel vites kutusuna sahiptir. Taşıtların silindir hacimleri, maksimum güç ve maksimum tork değerleri, güç-tork eğrileri ise birbirinden farklıdır.

Şasi dinamometrelerinde gerçekleştirilen tüm testlerde aşağıda açıklanan standart aşamalar izlenmiştir:

- Taşıtlar motorunda sıvı kontrolleri yapılarak motor uygun çalışma sıcaklığına getirilmiştir.
- Testlerde kullanılan taşıtlardaki lastiklerin ölçümleri etkilememesi amacıyla dış derinliği aşınarak azalmamış tamamen yeni lastikler seçilmiştir.

- Taşıtlar platforma (tamburlar üzerine) çıkarılarak dinamometre üzerine halat, zincir vb. güvenlik ekipmanları ile sabitlenmiştir.
- Taşıtların ön kısmına hava akım sistemleri yerleştirilmiştir.
- Şasi dinamometrelerindeki ölçümler üretici firma talimatlarına (taşıtların hızı, vites kademesi, gaz konumu vb.) uygun olarak yapılmıştır.
- Taşıtların vitesi boşa alınarak tamburların durması beklenmiştir.
- Taşıtlar, platformdan alınarak test tamamlanmıştır. Taşıtların platforma çıkarılmasının ardından halat veya zincirler ile sabitlenmesinin sebebi test sırasında çıkılan yüksek hızlardan dolayı taşıtların platformdan sapmasını engellemektir. Testler sırasında gerçek yol koşullarındaki hava akımının sağlanması için taşıtların ön kısmına bir pervane veya fan sistemi yerleştirilmekte, bu hava akım sistemi ile taşıtların aşırı ısınması önlenmektedir.

**Tablo 2.** Test taşıtları özellikleri (Test vehicles features)

Marka / Model	Volkswagen Jetta 1.6 TDI	Fiat Doblo 1.3 Multijet	Renault Fluence 1.5 dCi
Üretim Yılı	2011	2012	2011
Motor Tipi	Turbo Dizel	Turbo Dizel	Turbo Dizel
Motor Hacmi (cm <sup>3</sup> )	1598	1248	1461
Motor Kodu	CAYC	263A2	K9K G8/832
Güç (kW)	77 (4400 rpm)	66 (4000 rpm)	78 (4000 rpm)
Tork (Nm)	250 (2500 rpm)	200 (1500 rpm)	250 (2500 rpm)
Vites	5 İleri Manuel	5 İleri Manuel	6 İleri Manuel
Çekiş	Önden Çekiş	Önden Çekiş	Önden Çekiş
Lastik Ebatı	205/55R16	195/60R16	205/65R15
Taşıtların Ağırlığı (kg)	1392	1380	1285
Araç Kilometresi (km)	204547	225500	160092

## 4. BULGULAR (RESULTS)

Test sonuçlarından elde edilen bulgular üç ayrı taşıtlar için incelenmiştir. Firma test sonuçlarından elde edilen veriler ile fabrika güç-tork eğrileri grafik haline getirilerek karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

### 4.1. VW Jetta 1.6 TDI Test Sonuçları (VW Jetta 1.6 TDI Test Results)

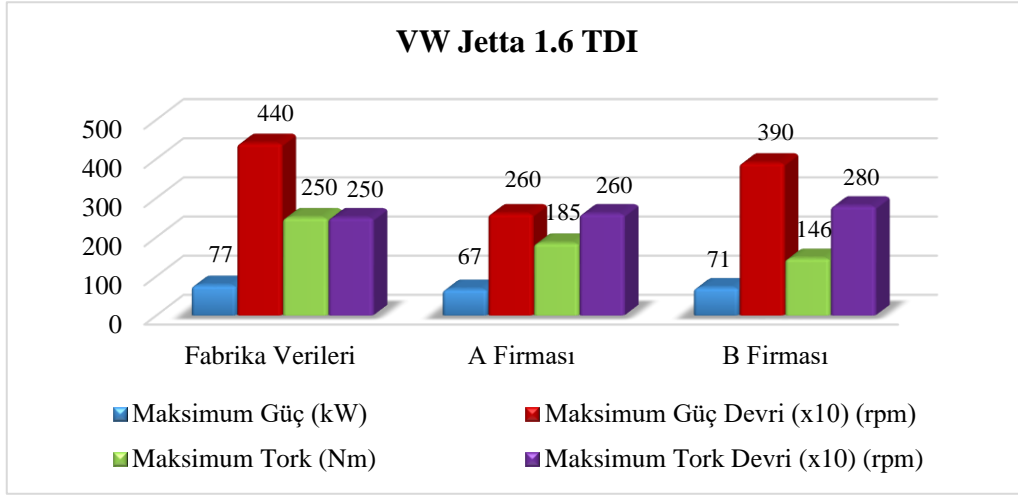
VW Jetta 1.6 TDI marka/model taşıta ait maksimum güç ve maksimum tork değerleri Şekil 4’te görülmektedir. Fabrika verilerine göre taşıtların 77 kW maksimum güce 4400 rpm motor devrinde ve 250 Nm maksimum torka 2500 rpm motor devrinde ulaşmaktadır. Taşıtların test sonuçları incelendiğinde; A firması ölçümlerinde maksimum

güç miktarında %13, maksimum tork miktarında ise %26 oranında sapma görülmektedir. B firması ölçümlerinde ise maksimum güç miktarında %7,8 ve maksimum tork miktarında %41,6 oranında sapma ortaya çıkmıştır. Fabrika verilerine göre maksimum güç 4400 rpm motor devrinde elde edilmesi gerekirken A firmasında 2600 rpm motor devrinde, B firmasında ise 3900 rpm motor devrinde elde edilmiştir. Benzer şekilde maksimum tork devirlerinde de farklılıklar görülmektedir. Fabrika verilerine göre maksimum tork çıkışı 2500 rpm motor devrinde meydana gelirken A firmasında 2600 rpm motor devrinde, B firmasında ise 2800 rpm motor devrinde meydana gelmiştir.

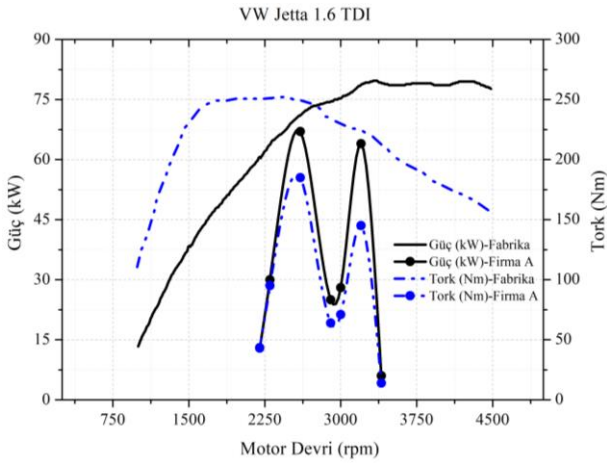
VW Jetta 1.6 TDI marka/model taşıta ait A ve B firmalarının ölçümlerinden elde edilen güç-tork

eğrileri sırasıyla Şekil 5 ve 6'da görülmektedir. Grafiklerde firma ölçümleri ve fabrika güç-tork eğrileri bir arada sunulmuştur. A firmasına ait güç-tork eğrileri incelendiğinde artan motor devrine bağlı olarak ortaya çıkan ani dalgalanmalar dikkat çekmektedir. Ayrıca güç-tork eğrilerinin motor devrine bağlı olarak artış azalış biçimleri fabrika verileri ile uyum sağlamamaktadır. Şasi

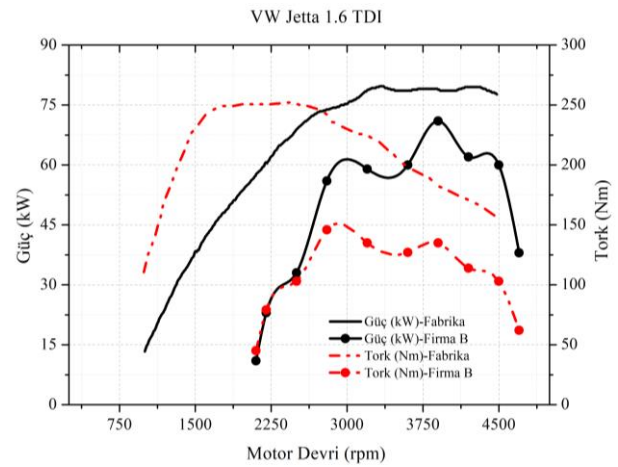
dinamometresinin güç ve tork ölçümü oldukça kısa bir motor devri aralığında gerçekleşmiştir. B firmasına ait güç-tork eğrileri incelendiğinde ise benzer dalgalanmalar karşımıza çıkmaktadır. Eğri formları fabrika verileri ile kısmen uyumlu olmakla birlikte her iki firma ölçümlerinde de güç ve tork değişim zamanlarında hatalar görülmektedir.



Şekil 4. VW Jetta 1.6 TDI maksimum güç ve maksimum tork değerleri (VW Jetta 1.6 TDI maximum power and maximum torque values)



Şekil 5. VW Jetta 1.6 TDI güç-tork eğrileri (A firması) (VW Jetta 1.6 TDI power-torque curves (Company A))



Şekil 6. VW Jetta 1.6 TDI güç-tork eğrileri (B firması) (VW Jetta 1.6 TDI power-torque curves (Company B))

#### 4.2. Renault Fluence 1.5 dCi Test Sonuçları (Renault Fluence 1.5 dCi Test Results)

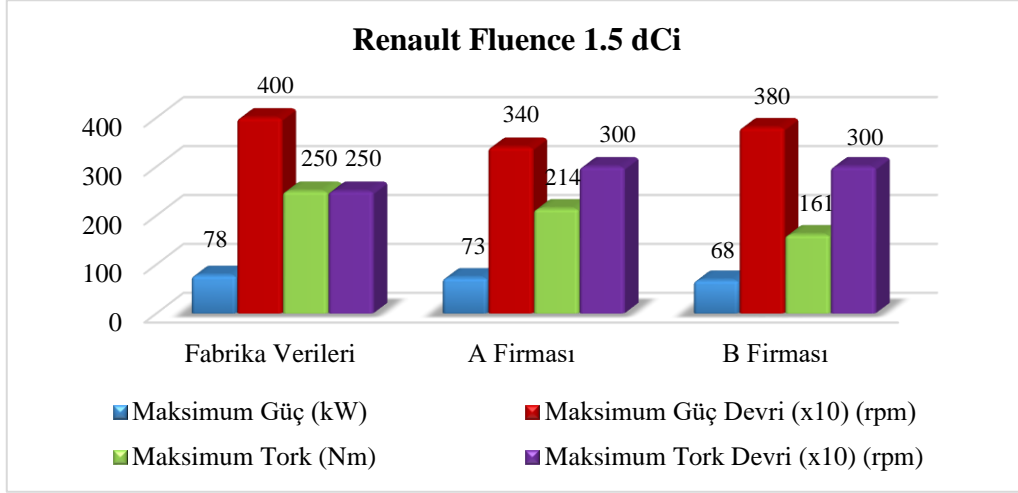
Renault Fluence 1.5 dCi marka/model taşıta ait maksimum güç ve maksimum tork değerleri Şekil 7'de sunulmuştur. Fabrika verilerine göre taşıt 78 kW maksimum güce 4000 rpm motor devrinde ve 250 Nm maksimum torka 2500 rpm motor devrinde ulaşmaktadır. Taşıta ait test sonuçları incelendiğinde; A firması ölçümlerinde maksimum güç 3400 rpm motor devrinde %6,4 sapma ile

maksimum tork ise 3000 rpm motor devrinde %14,4 oranında sapma ile sonuçlanmıştır. B firması ölçümlerinde ise maksimum güç için 3800 rpm motor devrinde %12,8 sapma, maksimum tork için 3000 rpm motor devrinde %35,6 oranında sapma tespit edilmiştir.

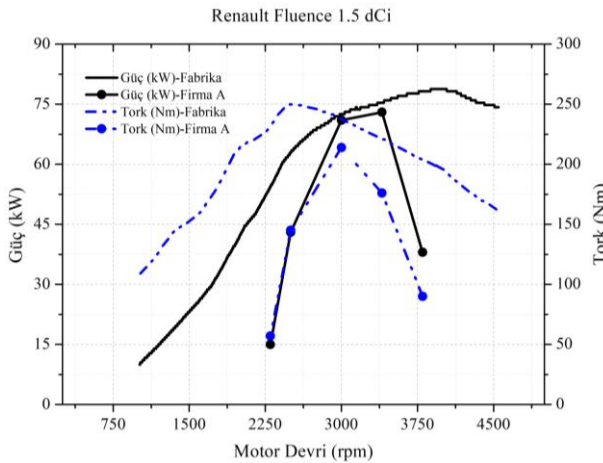
Renault Fluence 1.5 dCi marka/model taşıta ait A ve B firmalarının ölçümlerinden elde edilen güç-tork eğrileri sırasıyla Şekil 8 ve 9'da görülmektedir. A firmasına ait güç-tork eğrileri incelendiğinde birinci

taşıta olduğu gibi eğri formlarının fabrika verileri ile uyum sağlamadığı, güç ve tork ölçümünün oldukça kısa bir motor devri aralığında gerçekleştiği görülmektedir. B firmasına ait güç-tork eğrileri

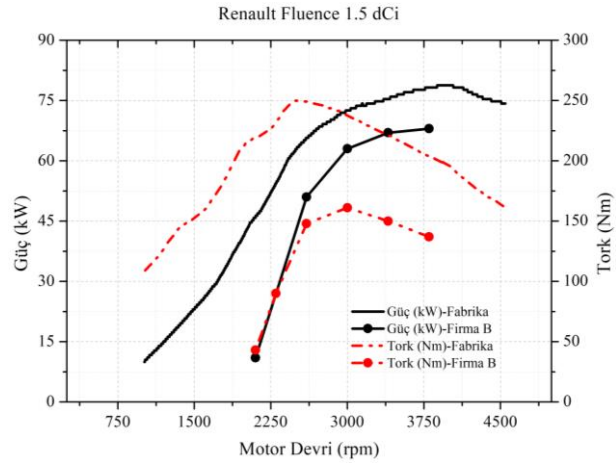
incelendiğinde ise eğri formlarının ilk taşıta olduğu gibi fabrika verileri ile kısmen uyumlu olduğu ancak güç ve tork değişim zamanlarında hatalar meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 7. Renault Fluence 1.5 dCi maksimum güç ve tork değerleri (Renault Fluence 1.5 dCi maximum power and maximum torque values)



Şekil 8. Renault Fluence 1.5 dCi güç-tork eğrileri (A firması) (Renault Fluence 1.5 dCi power-torque curves (Company A))



Şekil 9. Renault Fluence 1.5 dCi güç-tork eğrileri (B firması) (Renault Fluence 1.5 dCi power-torque curves (Company B))

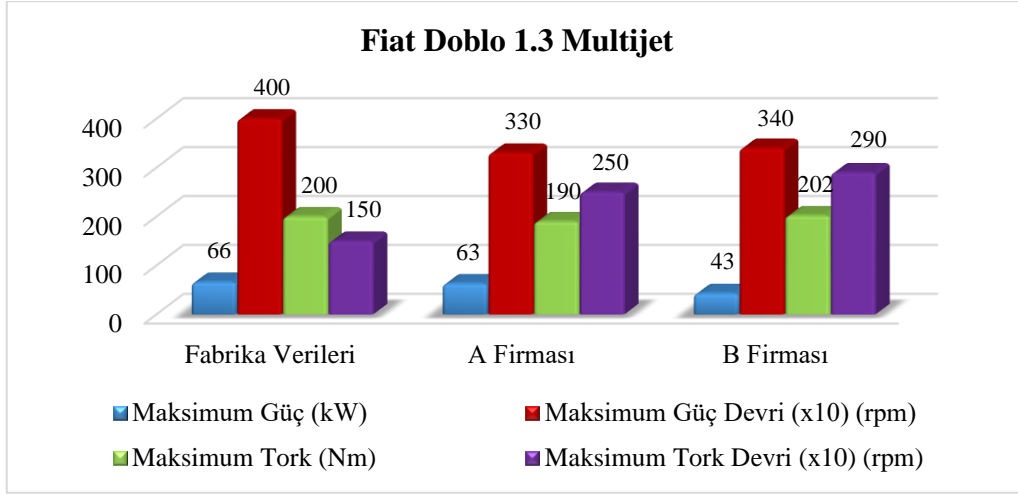
#### 4.3. Fiat Doblo 1.3 Multijet Test Sonuçları (Fiat Doblo 1.3 Multijet Test Results)

Fiat Doblo 1.3 Multijet marka/model taşıta ait maksimum güç ve maksimum tork değerleri Şekil 10'da görülmektedir. Fabrika verilerine göre taşıt 66 kW maksimum güce 4000 rpm motor devrinde ve 200 Nm maksimum torka 1500 rpm motor devrinde ulaşmaktadır. Taşıta ait test sonuçları incelendiğinde; A firması ölçüm sonuçlarında maksimum güç 3300 rpm motor devrinde %4,5 ve maksimum tork 2500 rpm motor devrinde %5 oranında sapma ile sonuçlanmıştır. B firması ölçümlerinde ise maksimum güç 3400 rpm motor

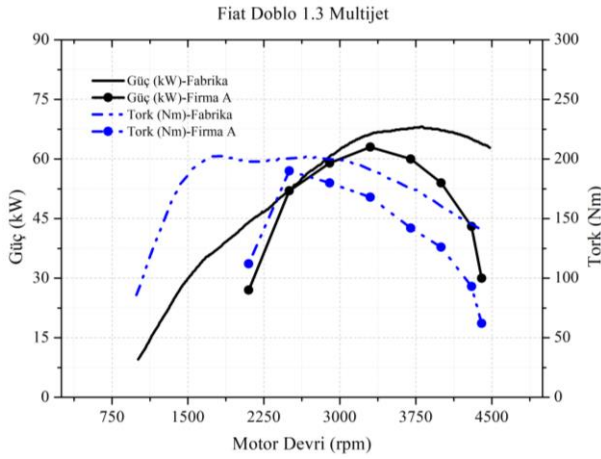
devrinde %34,8 ve maksimum tork 2900 rpm motor devrinde %1 oranında sapma ile sonuçlanmıştır.

Fiat Doblo 1.3 Multijet marka/model taşıta ait A ve B firmalarının ölçümlerinden elde edilen güç-tork eğrileri sırasıyla Şekil 11 ve 12'de görülmektedir. A ve B firmasına ait güç-tork eğrileri incelendiğinde eğri formlarının fabrika verileri ile kısmen uyum sağladığı, ancak diğer ölçümlerde olduğu gibi güç ve tork ölçümünün oldukça kısa bir motor devri aralığında gerçekleştiği görülmektedir. Güç ve tork değişim zamanlarında ise benzer şekilde yüksek miktarda hatalar karşımıza çıkmaktadır.

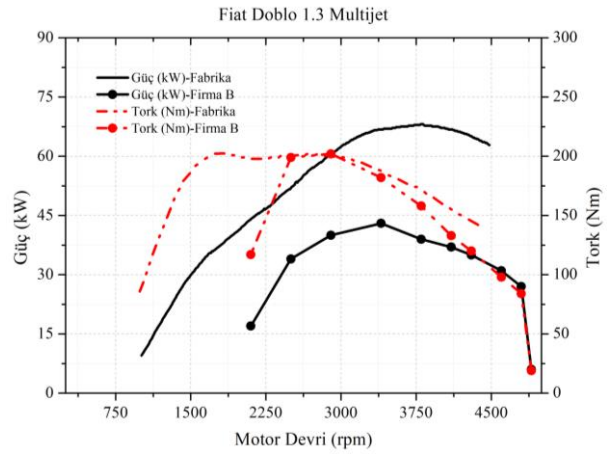




Şekil 10. Fiat Doblo 1.3 Multijet maksimum güç ve tork değerleri (Fiat Doblo 1.3 Multijet maximum power and maximum torque values)



Şekil 11. Fiat Doblo 1.3 Multijet güç-tork eğrileri (A firması) (Fiat Doblo 1.3 Multijet power-torque curves (Company A))



Şekil 12. Fiat Doblo 1.3 Multijet güç-tork eğrileri (B firması) (Fiat Doblo 1.3 Multijet power-torque curves (Company B))

Firmalara ait test sonuçları güç-tork eğrilerinin, maksimum güç ve tork değerlerinin ve bu değerlerin ortaya çıktığı motor devirlerinin fabrika verileri ile büyük oranda uyumsuz olduğunu göstermektedir. Taşıt kilometreleri, model yılları ve bakım durumları dikkate alındığında fabrika verilerinden düşük miktarlarda performans elde edilmesi olağandır. Ancak firmalara ait test sonuçları birbirleri ile karşılaştırıldığında da kabul edilemeyecek sapmalar tespit edilmiştir. Piyasada yaygın olarak kullanılmakta olan şasi dinamometreleri yalnızca tekerleklerin tahrik ettiği tamburların kütlesi tarafından bir ataletle maruz bırakılmaktadır. Dolayısıyla gerçek yol şartlarını ve yuvarlanma direncini sağlamada salt mekanik aksamı ile yetersiz kalabilmektedir. Bunun yerine piyasa ve imalat teknikleri açısından eski tip sayılsa da manyetik retarderli şasi dinamometreleri, taşıt tekerleklerinin döndürmeye çalıştığı tamburlara

direnci uygulayabilmektedir. Ancak bu tip şasi dinamometrelerinin manyetik retarder içermesi nedeniyle üretim maliyetleri yalnızca tambur kullanılan şasi dinamometrelerine göre daha yüksek olmaktadır. Bu nedenle şasi dinamometresi üreticileri açısı atalet momentinin değişim hızından yola çıkarak güç ve tork hesabının yapılabildiği retardersiz şasi dinamometrelerine yönelmiştir. Bu tip üretimde ise yine maliyeti azaltmak için içi dolu tamburlar yerine kalın sac malzeme bükülüp silindir halinde kaynatılarak elde edilen tamburlar kullanılmaktadır. Dolayısıyla tambur imalatında kullanılan sac malzemenin kalınlığı tamburlardan sağlanacak olan açısı atalet momentini belirlemek için önemli rol oynamaktadır. Bununla birlikte farklı dinamometre üreticileri yine maliyet kaygısıyla olması gerekenden daha ince sac malzemeler kullanarak ölçüm hassasiyetinin azalmasına neden olmaktadır.

Burada oluşan hassasiyet kayıpları yazılımda kullanılabilir düzeltme faktörü hesapları bir miktar azaltabilmektedir. Ancak elde edilen sonuçlar üretim süreçlerindeki belirsizlikler nedeniyle objektif olmaktan uzak kalmakta ve yanıltıcı olabilmektedir

Şasi dinamometre testlerine ait detaylı sonuçlar ve firma ölçümlerinin fabrika verilerinden sapma oranları Tablo 3'te görülmektedir.

**Tablo 3.** Test sonuçları ve sapma oranları (Test results and deviation rates)

<b>VW Jetta 1.6 TDI</b>					
	<b>Fabrika Verileri</b>	<b>A Firması</b>	<b>Sapma (%)</b>	<b>B Firması</b>	<b>Sapma (%)</b>
<b>Maksimum Güç (kW)</b>	77	67	13,0	71	7,8
<b>Maksimum Güç Devri (rpm)</b>	4400	2600	40,9	3900	11,4
<b>Maksimum Tork (Nm)</b>	250	185	26,0	146	41,6
<b>Maksimum Tork Devri (rpm)</b>	2500	2600	4,0	2800	12,0
<b>Fiat Doblo 1.3 Multijet</b>					
	<b>Fabrika Verileri</b>	<b>A Firması</b>	<b>Sapma (%)</b>	<b>B Firması</b>	<b>Sapma (%)</b>
<b>Maksimum Güç (kW)</b>	66	63	4,5	43	34,8
<b>Maksimum Güç Devri (rpm)</b>	4000	3300	17,5	3400	15,0
<b>Maksimum Tork (Nm)</b>	200	190	5,0	202	1,0
<b>Maksimum Tork Devri (rpm)</b>	1500	2500	66,7	2900	93,3
<b>Renault Fluence 1.5 dCi</b>					
	<b>Fabrika Verileri</b>	<b>A Firması</b>	<b>Sapma (%)</b>	<b>B Firması</b>	<b>Sapma (%)</b>
<b>Maksimum Güç (kW)</b>	78	73	6,4	68	12,8
<b>Maksimum Güç Devri (rpm)</b>	4000	3400	15,0	3800	5,0
<b>Maksimum Tork (Nm)</b>	250	214	14,4	161	35,6
<b>Maksimum Tork Devri (rpm)</b>	2500	3000	20,0	3000	20,0

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ (DISCUSSION AND CONCLUSION)

Taşıt test sistemlerinden elde edilen sonuçların güvenilirliği birçok farklı parametrenin uygun ekipman ve yöntem ile ölçülerek doğru bir şekilde işlenmesi ile mümkündür. Şasi dinamometrelerinin amaca uygun özellikleri, kalitesi ve kalibrasyonunun yanı sıra standartlaşmış doğru ölçüm yöntemi ve operatörün uzmanlığı test sonuçlarının doğruluğunda büyük rol sahibidir.

Tüm taşıt testlerinde oluşan önemli miktardaki farklılığın en temel sebebi testlerin gerçekleştirildiği firmalarda kullanılan şasi dinamometrelerinin atalet prensibine göre güç ve tork hesaplaması yapmasıdır. Bu tip şasi dinamometrelerin de tekerlekten güç alan yük sistemleri bulunmamasından dolayı sadece tamburların ağırlıklarından kaynaklı kütle atalet momentleri tekerleklere yük olarak etki etmektedir.

Dolayısıyla tambur çapı, üretim şekli ve ağırlığına bağlı olarak sistemin sağladığı atalet momenti de değişmektedir. Farklı tasarım yapısına sahip şasi dinamometreleri ve farklı özelliklere sahip taşıtlarda gerçekleştirilen ölçüm sonuçlarında sapmalar meydana gelmesi kaçınılmazdır. Dolayısıyla farklı dinamometrelerde gerçekleştirilen testlerin doğruluk ve tekrarlanabilirliği zayıftır. Şasi dinamometresi üreticileri bir deneysel düzeltme faktörü ile bu atalet momenti kaynaklı ölçüm farklılığını giderme yoluna gitmektedir. Ancak tamburlar yeterli özelliklere sahip olsa dahi kullanılan düzeltme faktörü tek bir taşıt tipi için geçerli olmaktadır. Her aracın ağırlığı ve dolayısıyla maruz kaldığı yuvarlanma direnci farklılık gösterdiği için ölçüm sonuçlarında sapmalar ortaya çıkmaktadır. Bu yapıdaki şasi dinamometrelerinin hassas ölçümden ziyade kıyaslama amacıyla kullanımı uygundur. Başka bir deyişle, oto ekspertiz firmalarında

kullanılan şasi dinamometrelerinde gerçekleştirilen ölçümler objektif olmaktan oldukça uzaktır. Bunun ise temel nedeni manyetik retarder veya bir DC motor ile tekerleklerin tahrik ettiği tamburlara direnç uygulanmamasıdır. Bu nedenle tamburların açısız atalet momentinden yola çıkılarak ölçümler sağlanmaktadır. Açısız atalet momenti ise kullanılan malzemenin kütlesi ile doğru orantılıdır. Dolayısıyla maliyet azaltma kaygısı ölçüm hassasiyetinde azalmaya yol açabilmektedir.

Ayrıca şasi dinamometresinde ölçülen değerlerin motor performans değerleri veya motor ömrü olarak müşterilere sunulması yapılan en büyük yanlışlardan biridir. Şasi dinamometreleri tekerlek hızı, gücü ve torkunu ölçerek aktarma organları dışı oranları, lastik çapı gibi boyutsal parametreler ile motor güç ve tork değerlerine dönüştürmektedir. Dolayısıyla tüm bu boyutsal parametreler ile alt sistem ve parçaların mevcut durumları (lastik dış derinliği, debriyaj balatası aşınma miktarı) ölçüm sonuçlarını doğrudan etkilemektedir. Motor performansı ve ömrü hakkında ancak motor dinamometre testleri veya kompresyon testleri ile doğru sonuçlar elde etmek mümkündür.

#### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Bu çalışma, Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (Proje No: 17.TEKNOLOJİ.03) tarafından desteklenmiş olup desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

#### ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

The authors of this article declares that the materials and methods they use in their work do not require ethical committee approval and/or legal-specific permission.

#### YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

**İbrahim YAVUZ:** Deneyleri yapmış, sonuçlarını analiz etmiş ve makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

He conducted the experiments, analyzed the results and performed the writing process.

**Turan Alp ARSLAN:** Deney sonuçlarını analiz etmiş ve makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

He analyzed the results and performed the writing process.

**Hüseyin BAYRAKÇEKEN:** Deney sonuçlarını analiz etmiş ve makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

He analyzed the results and performed the writing process.

**İbrahim MUTLU:** Deneyleri yapmış ve sonuçlarını analiz etmiştir.

He conducted the experiments and analyzed the results

**Faruk Emre AYSAAL:** Literatür incelemesi yapmış ve makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

He reviewed the literature and performed the writing process.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

There is no conflict of interest in this study.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Zhang X., & Zhou Z. (2020). Research on development of vehicle chassis dynamometer. Journal of Physics: Conference Series, 1626, 012150.
- [2] Casadei S., & Maggioni A. (2016). Performance testing of a locomotive engine aftertreatment pre-prototype in a passenger cars chassis dynamometer laboratory. Transportation Research Procedia, 14, 605-614.
- [3] Altay H., & Livatyalı H. (2022). Elektrikli araçlar için bir şasi dinamometresi tasarımı. Makine Tasarım ve İmalat Dergisi, 20(2), 17-28.
- [4] Bielaczyc P., Woodburn J., & Szcotka A. (2016). Exhaust emissions of gaseous and solid pollutants measured over the NEDC, FTP-75 and WLTC chassis dynamometer driving cycles. SAE Technical Paper, doi:10.4271/2016-01-1008.
- [5] Lohse-Busch H., Stutenberg K., Duoba M., Liu X., Elgowainy A., Wang M., Wallner T., Richard B., & Christenson M. (2020). Automotive fuel cell stack and system efficiency and fuel consumption based on vehicle testing on a chassis dynamometer at minus 18°C to positive 35°C temperatures. International Journal of Hydrogen Energy, 45(1), 861-872.
- [6] Lairenlakpam R., Kumar P., & Thakre G. (2020). Experimental investigation of electric vehicle performance and energy consumption on chassis dynamometer using drive cycle analysis. SAE International Journal of Sustainable Transportation, Energy, Environment, & Policy, 1(1), 23-38.

- [7] Jouanne A., Adegbohun J., Collin R., Stephens M., Thayil B., Li C., Agamoh E., & Yokochi A. (2020). Electric vehicle (EV) chassis dynamometer testing. 2020 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 897-904.
- [8] Wager G., McHenry M.P., Whale J., & Braunl T. (2014). Testing energy efficiency and driving range of electric vehicles in relation to gear selection. *Renewable Energy*, 62, 303-312.
- [9] Yang Z., Deng B., Deng M., & Huang S. (2018). An overview of chassis dynamometer in the testing of vehicle emission. *MATEC Web of Conferences*, 175, 02015.
- [10] Bayram H. (2016). Şasi dinamometreli klimatik oda test simülöründe araç modeli oluşturma ve doğrulama süreci. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 21(2), 451-464.
- [11] French M., & Stark A. (2000). Chassis dynamometers. *Experimental Techniques*, 45-46.
- [12] Dardiotis C., Fontaras G., Marotta A., Martini G., & Manfredi U. (2015). Emissions of modern light duty ethanol flex-fuel vehicles over different operating and environmental conditions. *Fuel*, 140, 531-540.
- [13] Van Mierlo J., Magetto G. Van de Burgwal E., & Gense R. (2004). Driving style and traffic measures-influence on vehicle emissions and fuel consumption. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 218(1), 43-50.
- [14] Doruk Ö.T. (2020). Güvenli liman mı yoksa spekülâtif bir limon mu? Covid-19 döneminde Türkiye’de ikinci el otomotiv piyasası ve belirsizlik ilişkisi üzerine bir inceleme. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 19, COVID-19 Special Issue, 274-287.
- [15] Lourenço M.A.M., Eckert J.J., Silva F.L., Santiciolli F.M., & Silva L.C.A. (2022). Vehicle and twin-roller chassis dynamometer model considering slip tire interactions. *Mechanics Based Design of Structures and Machines*, doi:10.1080/15397734.2022.2038199.
- [16] Eckert J.J., Bertoti E., Costa E.S., Santiciolli F., Yamashita R., Silva L., & Dedini F.G. (2017). Experimental evaluation of rotational inertia and tire rolling resistance for a twin roller chassis dynamometer. *SAE Technical Paper*, doi:10.4271/2017-36-0212.
- [17] Silva L.C.A., Dedini F.G., Correa F.C., Eckert J.J., & Becker M. (2016). Measurement of wheelchair contact force with a low cost bench test. *Medical Engineering & Physics*, 38(2), 163-170.
- [18] Duoba M., Ng H., & Larsen R. (2000). In-situ mapping and analysis of the Toyota Prius HEV engine. *SAE Technical Paper*, doi:10.4271/2000-01-3096.
- [19] Bohn T., & Duoba M. (2005). Implementation of a non-intrusive in-vehicle engine torque sensor for benchmarking the Toyota Prius. *SAE Technical Paper*, doi:10.4271/2005-01-1046.
- [20] Ha K., Kong J., & Kim W. (2007). Development of an engine torquemeter for in-vehicle application and parametric study on fuel consumption contribution. *SAE Technical Paper*, doi:10.4271/2007-01-0964.
- [21] Deping Z., & Yimin M. (2013). A method for measuring power loss distribution of mini-car driveline. *Information Technology Journal*, 12(14), 2980-2984.
- [22] Irimescu A., Mihon L., & Pădure G. (2011). Automotive transmission efficiency measurement using a chassis dynamometer. *International Journal of Automotive Technology*, 12(4), 555-559.
- [23] Moskalik A., Dekraker P., Kargul J., & Barba D. (2015). Vehicle component benchmarking using a chassis dynamometer. *SAE International Journal of Materials and Manufacturing*, 8(3), 869-879.
- [24] Pelkmans L., & Debal P. (2006). Comparison of on-road emissions with emissions measured on chassis dynamometer test cycles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 11(4), 233-241.
- [25] Zhen F., Clark N.N., Bedick C.R., Gautam M., Wayne W.S., Thompson G.J., & Lyons W. (2009). Development of a heavy heavy-duty diesel engine schedule for representative measurement of emissions. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 59(8), 950-959.
- [26] Biswas S., Verma V., Schauer J.J., Cassee F.R., Cho A.K., & Sioutas C. (2009). Oxidative potential of semi-volatile and non volatile particulate matter (PM) from heavy-duty vehicles retrofitted with emission control technologies. *Environmental Science and Technology*, 43(10), 3905-3912.
- [27] Andersson J., May J., Favre C., Bosteels D., Vries S., Heaney M., Keenan M., & Mansell J. (2014). On-road and chassis dynamometer evaluations of emissions from two Euro 6 diesel vehicles. *SAE International Journal of Fuels and Lubricants*, 7(3), 919-934.

- [28] Chen L., Wang Z., Liu S., & Qu L. (2018). Using a chassis dynamometer to determine the influencing factors for the emissions of Euro VI vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 65, 564-573.
- [29] Örs İ., Tarakçioğlu N., & Ciniviz M. (2009). Yakıt olarak benzin-etanol karışımlarının taşıt performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi. *Politeknik Dergisi*, 12(1), 13-19.
- [30] Kaya T., Kutlar O.A., & Taşkıran Ö.O. (2020). Investigation of the effects of biodiesel obtained from canola on performance, emissions and combustion characteristics under the NEDC and steady state loads. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35(3), 1437-1453.
- [31] Shiau C.S.N., Kaushal N., Hendrickson C.T., Peterson S.B., Whitacre J.F., & Michalek J.J. (2010). Optimal plug-in hybrid electric vehicle design and allocation for minimum life cycle cost, petroleum consumption, and greenhouse gas emissions. *Journal of Mechanical Design*, 132, 091013.
- [32] Kim N., & Rousseau A. (2016). Parameter estimation for a lithium-ion battery from chassis dynamometer tests. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 65, 4393-4400.
- [33] Song K., Li F., Hu X., He L., Niu W., Lu S., & Zhang T. (2018). Multi-mode energy management strategy for fuel cell electric vehicles based on driving pattern identification using learning vector quantization neural network algorithm. *Journal of Power Sources*, 389, 230-239.
- [34] Mayyas A.R., Kumar S., Pisu P., Rios J., & Jethani P. (2017). Model-based design validation for advanced energy management strategies for electrified hybrid power trains using innovative vehicle hardware in the loop (VHIL) approach. *Applied Energy*, 204, 287-302.
- [35] Chen J., Liu C., Zhang X., Zhang Y., & Li J. (2021). An approach for indoor prediction of the pass-by noise of a vehicle based on the time-domain equivalent source method. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 146, 107037.
- [36] Kim Y.D., Jeong J., Park J., Yang I., Park T., Muhamad P., Choi D., & Oh J. (2013). Optimization of the lower arm of a vehicle suspension system for road noise reduction by sensitivity analysis. *Mechanism and Machine Theory*, 69, 278-302.
- [37] Chasapidis L., Grigoratos T., Zygogianni A., Tsakis A., & Konstandopoulos A.G. (2018). Study of brake wear particle emissions of a minivan on a chassis dynamometer. *Emission Control Science and Technology*, 4, 271-278.
- [38] Mathissen M., Grigoratos T., Lahde T., & Vogt R. (2019). Brake wear particle emissions of a passenger car measured on a chassis dynamometer. *Atmosphere*, 10(9), 556.
- [39] Soica A., Budala A., Monescu V., Sommer S., & Owczarzak W. (2020). Method of estimating the rolling resistance coefficient of vehicle tyre using the roller dynamometer. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 234(13), 3194-3204.
- [40] Martyr A., & Plint M. (2012). Chassis or rolling-road dynamometers. Oxford: Butterworth-Heinemann, Chapter 17, In *Engine testing*, 4th ed., 451-482.
- [41] Pexa M., Mader D., Cedık J., Peterka B., Müller M., Valasek P., & Hloch S. (2019). Experimental verification of small diameter rollers utilization in construction of roller test stand in evaluation of energy loss due to rolling resistance. *Measurement*, 152, 107287.
- [42] Ejsmont J., & Owczarzak W. (2019). Engineering method of tire rolling resistance evaluation, *Measurement*, 145, 144-149.
- [43] Bayrakçeken H., Girgin Z., Aysal F.E., & Babagiray M. (2021). The experimental investigation and nonlinear regression analysis of the effect of tire inflation pressure on pitch force. *International Journal of Automotive Science and Technology*, 5(1), 1-7.
- [44] Bayrakçeken H., Türkbay T., Aysal F. E., & Yavuz H. (2020). Panik frenleme davranışının yarım taşıt test cihazında incelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(4), 730-740.
- [45] Jimenez D., Hernandez S., Fraile-Ardanuy J., Serrano J., Fernandez R., & Alvarez F. (2018). Modelling the effect of driving events on electrical vehicles energy consumption using inertial sensors in smartphones. *Energies*, 11(2), 412.
- [46] T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Hava Durumu Verileri, <https://www.mgm.gov.tr/>