

## AĞIR TİCARİ ARAÇLARDA YAKIT TÜKETİMİ TESTİ VE MÜŞTERİ ÇEVİRİMİ MODEL KORELASYONU ÜZERİNE YÖNTEMSSEL BİR YAKLAŞIM

**Mehmet Güney Töke\* , Alican Yılmaz\***

\*HEXAGON STUDIO, KOCAELİ

### ÖZET

Yapılan çalışma ile dizel yakıtlı ağır ticari araçların yol koşullarında, şasi dinamometresi üzerinde olduğu gibi kontrollü olarak, SORT çevrimlerini temel alan test metodolojisine ve prosedürüne bağlı kalınarak yöntemsel bir yaklaşım elde edilmiştir. SORT testinde ölçülen parametrelere ek olarak “viteste hızlanma (In-gear acceleration), hızlanma (acceleration through gear), araç dirençleri ölçümü (coast down)” testlerinden elde edilen verilerin yardımıyla doğrulanmış 1 boyutlu araç modeli oluşturulmuştur Bu sayede daha dinamik bir müşteri çevrimindeki yakıt tüketiminin nasıl öngörülebileceğini ortaya çıkmıştır.

**Anahtar kelimeler:** SORT Testi, 1D Araç Modeli Korelasyonu, Ağır Ticari Araçlarda Yakıt Tüketimi

### A METHODOLOGICAL APPROACH FOR FUEL ECONOMY TESTING OF HEAVY DUTY VEHICLES AND CORRELATION OF CUSTOMER CYCLE MODEL

### ABSTRACT

Diesel commercial vehicles are being tested on road according to SORT procedure, which is representing the standard fuel consumption tests run on chassis dynamometer for light duty vehicles. In this paper, the testing methodology is explained as a step-by-step application manner and how to utilize the test data of SORT and other performance tests (in-gear acceleration, acceleration through gear, coast down) in correlation of 1D simulation model to predict the fuel economy in more dynamic customer cycles.

**Keywords:** SORT Test, 1D Vehicle Model Correlation, Fuel Consumption of Heavy Duty Vehicles

### 1.GİRİŞ

Hafif ticari araçlarda yakıt tüketim ölçümleri Avrupa’da “NEDC” çevriminde yapılmaktadır. Otobüs, Midibüs gibi toplu taşımaya yönelik ağır ticari araçlarda ise UITP tarafından hazırlanan “SORT” çevrimi kullanılmaktadır. Uzun yıllardır standart çevrimlerin müşteri kullanımını yansıtmadığı tartışılıyor olsa da, müşteri ve üreticiler açısından kolay uygulanabilir ve tekrarlanabilir standart çevrimler, araçların tüketim karakteristiklerini karşılaştırabilmek adına oldukça yararlıdır. Bu çalışmada öncelikle SORT prosedürüne uygun bir tüketim testinin nasıl uygulanacağı ve hangi verilerin ölçüleceğine dair bilgi verilmektedir.

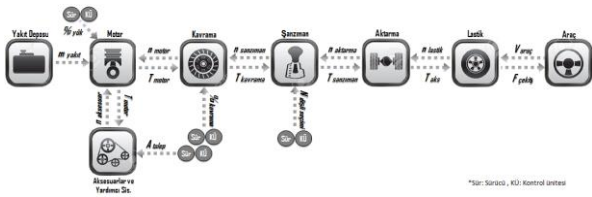
Müşterilerin (gruplar ya da kurumlar) belirli bir şehir, kullanım tipine özel olarak geliştirdikleri ölçüm ve istatistiksel verileri baz alan özel sürüş çevrimleri bulunmaktadır. (Artemis, İstanbul çevrimi vb.) Bu sürüş profiline göre aracın yakıt tüketimini hesaplayabilmek özellikle yüksek adetli araç alımlarında müşterinin toplam sahip olma maliyetini değerlendirebilmek adına önemli bir avantaj getirmektedir.

Metod bölümünde anlatılan SORT ve diğer “viteste hızlanma potansiyeli (In-gear acceleration), hızlanma (acceleration through gear), araç dirençleri ölçümü (coast down)” testlerinden elde edilen veriler, müşteri çevriminde yakıt tüketimini hesaplamak için analiz

programında oluşturulacak 1 boyutlu dinamik modelin doğrulanmasında kullanılacaktır.

Bu testlerden elde edilecek verilerin hassasiyeti özellikle beyan edilecek tüketim değerlerinin doğruluğu ve 1 boyutlu analiz modelinin kullanılabilirliği açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmanın temel amacı testlerin tekrarlanabilirliği ve hassasiyetini arttırmaya yönelik ön hazırlık ve ölçüm metodlarını tanımlamaktır.

1 boyutlu araç modelinin doğrulanması bu çalışma kapsamında detaylandırılmayacaktır. Ancak özetle araç konfigürasyonu, sistemler arası güç/bilgi akışı, her bir sistemin karakteristik özellikleri ve ölçüm metodları aşağıdaki şekil 1’de ve tablo 1’de görülmektedir.



Şekil 1. Araç Konfigürasyonu.

Tablo 1. Ölçüm Metodları ve Gereksinimleri

Sistem	Ölçüm Gereksinimi		Ölçüm Metodu			
	Kritik Parametreler	Acceleration through gear	In-gear acceleration	SORT	Coastdown	Tedelikçi
Yakıt Tankı	Tank Hacmi			X		
Motor	Motor hız/tork eğrisi			X		X
	Motor tüketim eğrisi			X		X
	Sistemin tepki süresi	X		X		
Aksesuarlar	Motor hız/yük eğrisi					X
Kavrama	Hız/Tork Oranı	X		X		
	Kilitleme verimi (otomatik)	X		X		
	Aktarma verimi		X			
	Sistemin tepki süresi	X		X		
Şanzıman	Hız/Tork Oranı		X			
	Aktarma verimi		X			
	Sistemin tepki süresi	X		X		
Aktarma	Hız/Tork Oranı		X			
	Aktarma verimi		X		X	
Lastikler	Dinamik lastik çapı		X			
Araç	Araç kütlesi	X	X	X		
	Döner kütle ataleti		X			
	Rüzgâr Direnci				X	
	Yuvarlanma Direnci				X	
Sürücü/Kontrol Ünitesi	Vites değişim stratejisi	X		X		
	Kavrama kontrol stratejisi	X	X	X		
	Gaz pedali konumu	X		X		
	Aksesuar yük talebi			X		

SORT Çevrimlerinden gelen değerleri korelasyonda kullanabilmek için Acceleration Through Gear, In Gear Acceleration, Coast down testlerinden gelen sonuçlar derlenerek aracın karakteristik özellikleri belirlenebilir. Bu testlerin ağır ticari araçlarda yol şartlarında gerçekleştirilmesi birçok çevresel faktörün kontrol altına alınmasını gerektirdiği ve çevresel şartların değiştirilemeyeceği göz önüne alındığında yapılması gereken, çevresel değişkenlerin sürekli olarak kontrol edilmesi ve limitlerin içinde kalınan anlardaki verilerin dikkate alınmasıdır.

Hava sıcaklığı, ortam basıncı, rüzgâr hızı ve yönü gibi faktörler test sonuçlarını doğrudan etkileyen dış faktörlerdir. Ancak tüketim değerini etkileyen yalnızca dış faktörler değil, araç aksesuar ve yan sistemlerinin de test anında ne oranda devrede olduğudur. Araç SORT prosedürüne uygun şekilde test edilirken, test verisi alınan bölümde aracın her tekrarda aynı biçimde

davranması için test başlangıcında motor suyu soğutma radyatörü fanının yada fren/süspansiyon sistemi hava kompresörünün çalışıp çalışmadığı, tanklardaki hava miktarı veya motor kabini sıcaklığı gibi yakıt sarfiyatını olumlu veya olumsuz etkileyecek faktörlerin kontrol altına alınması, hem sonuçların doğruluğu açısından, hem de SORT prosedürünün önemli bir kıstası olan, kaydedilen veriler arasında seçilen 3 tekrar arasından en büyük ve en küçük değerler arasındaki farkın yüzde 2’yi geçmemesi açısından önem arz etmektedir. Bir çevrim boyunca yakıt sarfiyatına etki eden faktörlerin oluşturduğu değişkenliğin kontrol altına alınması için soğutma fanı hızı, sıcaklık sensörlerinin yanı sıra çevresel faktörleri de izlemek üzere hava istasyonundan veri toplanmalıdır. Yakıt sarfiyatı ve diğer dinamik ölçümlere dair sonuçların anlatıldığı gibi ne şekilde kontrol altına alındığı metod bölümünde “enstrümantasyon” ve “testle eş zamanlı veri kontrolü” başlıkları altında detaylı olarak anlatılmıştır.

## 2.METOD

### 2.1.SORT Tüketim Testi

#### 2.1.1. Enstrümantasyon

Müşteriden yakıt sistemine dair teknik bilgiler istenerek yakıt sarfiyat sisteminin, aracın yakıt sistemine bağlanacağı noktalara karar verilir. Bu noktalar seçilirken motorun yakıt girişi hattında filtre öncesinden ve geri dönüş hattında motor çıkışından sonra bir noktaya bağlantı yapmak ve sistemin nominal basıncının değiştirilmemesi için yakıt sarfiyat cihazı üzerinden giriş ve geri dönüş basınçlarının ayarlanması, gerekirse ek bir yakıt pompası kullanılması gerekmektedir. Cihaza enstrümanite edilmesi gereken ekipmanların listesi aşağıda verilmiştir;

- Yakıt Sarfiyat Cihazı(AVL KMA Mobile)
- GPS anteni ve Datalogger (VBOX veya Speedbox vs.)
- Motor ve radyatör fanı üzerine devir sensörü
- Motor kabini iç bölümündeki ortam sıcaklığını görmek üzere ısı çift.
- Gaz pedalına deplasman sensörü.

#### 2.1.2.Test Hazırlığı

Araç test edilmesi istenen konfigürasyona veya eğer seri üretim bir araçsa son konfigürasyonunda olup olmadığı(lastiklerin boyutu, lastik basıncı, rodaj durumu, diş derinliği, akışkan miktarları, motor ve şanzıman yazılım seviyeleri, varsa retarder sisteminin aktivasyonu veya aks oranı vs.) kontrol edilir. Aracın UITP tarafından 2014 yılında yayınlanan en güncel SORT prosedürüne göre test yükü hesaplanır ve aks taşıma yüküne göre, sağ sol teker dengesi de gözetilerek, yüklenen aracın, dolu yakıt deposu, testi, gerçekleştirecek olan test şoförü, test

mühendisi eşliğinde enstrümante edilen ekipmanları ile birlikte ağırlığı tartılır. Aşağıda belirtilen parametrelere göre veriler toplanır;

- Araç hızı (km/s)
- Aracın yer değiştirmesi (m)
- Araç ivmesi (g)
- Araç konumu (koordinat)
- Konum yüksekliği (m)
- Motor hızı (d/d)
- Şanzıman çıkış hızı (d/d)
- Radyatör fanı hızı (d/d)
- Anlık yakıt sarfiyatı (l/s)
- Anlık yakıt yoğunluğu (g/m<sup>3</sup>)
- Gaz pedalı konumu (mm)

### 2.1.3. Testin Gerçekleştirilmesi

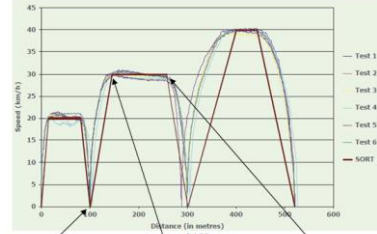
Testin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle aşağıda da liste halinde sunulmuş olan SORT Çevrimleri dokümanındaki hava şartları kısıtlarının sağlandığından emin olunması gerekir. Test başlangıcından itibaren test alanına bir hava istasyonu kurularak rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, hava sıcaklığı, bağıl nem ve ortam basıncı sürekli olarak ölçülür. Test sonuçlarını direkt olarak etkileyebilen ve anlık olarak değişim gösteren rüzgâr hızı ve yönü verileri, test gerçekleştikten sonra test sonucu olarak seçilen verilerle aynı zaman dilimindeki anlara bakılarak kritik değerlerin aşılmış aşılmadığı gözlenir. Örneğin; eğer SORT 2 manevralarının birinde ortalama rüzgâr hızı sabit olarak 4.2 m/s civarında, anlık rüzgâr hızı 9.5m/s maksimum değerlerini gördüyse o ölçüm tekrarı göz ardı edilmektedir. Bu durumda rüzgârın limitleri aştığı ve manevranın kendi kısıtlarına uygun bir tekrarı varsa seçilmeli, aksi halde hava şartlarının değişmesi beklenmeli ve daha çok test manevrası gerçekleştirilmelidir. Bir diğer önemli faktör; test yağmur yağışı esnasında veya yağış durmuş olsa dahi ıslak zemin üzerinde gerçekleştirilemez. Test şoförünün SORT prosedüründe belirtilen hızlanma ve frenleme noktalarını takip edebilmesi için asfalt üzerine boya ile işaretlenmek üzere bir sinyalizasyon sistemi kullanılmaktadır.

Sinyalizasyonda kullanılan sembollerin anlamları aşağıda belirtilmiştir.

- Rüzgâr hızı maksimum 3m/s, anlık rüzgâr hızı maksimum 8m/s
- Hava sıcaklığı 0-30°C aralığında olmalı.
- Bağıl nem %95'in altında olmalıdır.
- Ortam basıncı 1 bar'ın +/- %7.5 sınırlarının içerisinde bulunması gereklidir.

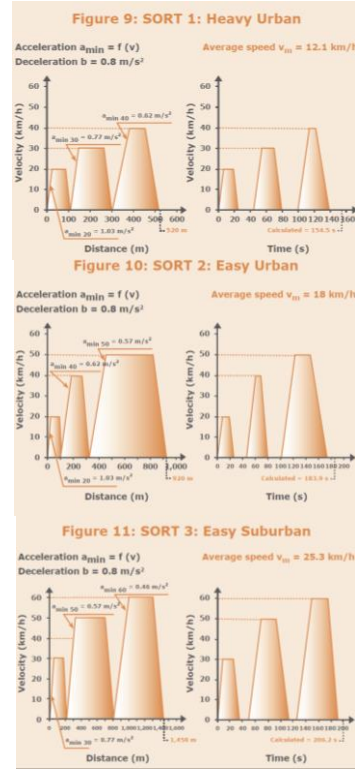
Test başlangıç noktaları ortak olup bu nokta ve frenleme sonrası diğer noktalar içi dolu daire ile sembolize edilmiştir. Şoför, aracı içi boş daireden önce hedef hıza ulaştırmalıdır. Örneğin SORT 1 manevrasında 20 km/s hıza hızlanmakta ise, 20 km/s hıza erişmiş

olmalıdır. Hedef hıza ilk erişme anında 23 km/s hız limiti geçilmemelidir, 21.0 km/s hızın üzerine çıkmış ise, sadece gaz pedalı kontrolü ile araç hızı 19 – 21.0 km/s aralığına getirilmelidir.



Şekil 2. SORT çevriminin uygulamasında kullanılan sürücü uyarı görselleri

Aracın hızı 20 km/s hızdan ne kadar az uzaklaşırsa kaydedilen verinin, diğer tekrarlarında kaydedilecek verilerle arasındaki fark o kadar az olacaktır. Bu da SORT dokümanında belirtilen test sonuçlarının kabul edilebilmesi için yakıt sarfiyat ölçümü değeri açısından, en büyük değer ile en küçük değer arasında en fazla %2 farklılık olan 3 ölçümün gerçekleştirilmesi için en az tekrarın yapılması anlamına gelmektedir.



Şekil 3. SORT Çevrimleri

Testin başlangıcında hava istasyonu veri kaydına başlar. Test şoförü aracı, sinyaliz edilmiş maksimum eğimi %1.5 olan kuru asfalt test parkurundaki başlangıç noktasına tam olarak yerleştirir. Aracın kalorifer, klima

sisteminin ve tüm camlarının kapalı, gündüz farlarının açık, motor kabini aşırı sıcak olmadığı ve radyatör fanının veya hava kompresörünün çalışmadığından emin olunduktan sonra test mühendisinin komutu ile şoför SORT 1,2 veya 3 manevrasından birine başlar. Hedef hıza erişme noktasına gelmeden önce, aracın hedef hıza erişip erişmediği test mühendisi tarafından test sırasında ve daha sonra kaydedilen veriler üzerinden kontrol edilir. Araç bu noktayı geçtikten sonra, örneğin eğer 20 km/s 'e hızlanıyorsa, şoför aracı 19-21 km/s hız aralığında, test mühendisinden frenleme noktasına geldiği ile ilgili uyarı verilene dek sürer. Araç durma noktasında durur ve kronometre ile SORT prosedüründe izin verilen bekleme süresi kadar beklenir. Yapılan duruşlardan birinde ön kapı açılıp kapatılır. Test sonlandıktan sonra, bir manevrada harcanılan yakıt test mühendisi tarafından not edilir ve hava şartlarının da uygun olması halinde değerlendirilmek üzere kullanılabilir. Bu değerlerin not edilmesinin amacı gerçekleştirilen manevralar içerisinde en düşük ve en yüksek tüketim değeri arasında %2 fark bulunan toplamda 3 adet ölçüm tespit edilebilmesidir. Not edilen bu değerler nihai değer olmayıp, test sonrasında işlenerek daha hassas bir ölçüm sonucu elde edilmektedir.

Tüm bu işlemler test eğer düz bir yolda gerçekleşiyorsa çift yönde tekrarlanmalıdır; ancak test minimum dönüş çapı 500 metre olan dairesel yada eliptik bir yol üzerinde gerçekleşiyorsa çift yönlü veri toplanmasına gerek yoktur. Prosedüre göre sadece SORT 1 manevrasında Şekil 3'de belirtilen manevra 2 kez üst üste uygulanmaktadır. Yani 20-30-40 km/s trapezleri 20-30-40-20-30-40 km/s olacak şekilde uygulanır. SORT 2 ve SORT 3'te bu uygulanmaz. Dikkat edilmesi gereken konu ise aracın vites geçişleridir. Araç otomatik vitesli ise testler baştan sona "drive" modunda uygulanabilir. Eğer araç manuel vitesli ise, vites değişimleri üreticinin standart bir sürücü için öngördüğü şekilde SORT prosedüründe belirtilen hızlanma mesafelerine uygun olmak şartıyla yapılabilir. Otomatik vitesli araçlarda prosedürde belirtilen mesafede hedef hıza ulaşamıyorsa, motor ve şanzıman yazılımlarında değişiklik yapılmalıdır.

## 2.2. Acceleration Through Gear Testi

### 2.2.1. Enstrümantasyon

Araca GPS antenli dinamik veri toplama cihazı, motor hızını görmek üzere devir sensörü enstrümanite edilerek aşağıda belirtilen veriler toplanır.

- Araç hızı (km/s)
- Yer değiştirme (m)
- İvme (g)
- Motor hızı (d/d)
- Şanzıman çıkış hızı (d/d)
- Gaz pedalı konumu (mm)

### 2.2.2. Test Hazırlığı

Aracın konfigürasyonu (lastik seçimi, lastik basıncı vs.) kontrol edilir ve maksimum ağırlık kapasitesine yüklenir.

### 2.2.3. Testin Gerçekleştirilmesi

Aracın maksimum hızına ulaşabileceği mesafede (çoğu araç için 2000 metre yeterli olacaktır) maksimum eğimi %1.5 olan düz kuru asfalt bir yolda konumlandırılır. Veri kaydı başlar ve test mühendisinin komutu ile sırayla %30-70-100 gaz girdisiyle maksimum hıza çıkılır. Bu işlem her bir gaz pedalı konumu için beş defa iki yönde olmak üzere tekrarlanır. Verilerin kaydedildiği esnada hava şartları da uygun ise bu veriler "post process" işleminde kullanılabilir.

## 2.3. In Gear Acceleration Testi

### 2.3.1. Enstrümantasyon

Bu testte gerçekleştirilecek enstrümantasyon ve kaydedilecek parametreler "Acceleration Through Gear Testi" ile aynıdır.

### 2.3.2. Test Hazırlığı

Aracın konfigürasyonu (lastik seçimi, lastik basıncı vs) kontrol edilir; ancak bu testte Acceleration Through Gear testinin aksine araç hem boş hem dolu ağırlıkta test edilir. Burada amaç aracın farklı yüklerdeki hızlanma ivmelerini, bu sayede de giriş bölümünde belirtilen karakteristik parametrelerini elde edebilmektir.

### 2.3.3. Testin Gerçekleştirilmesi

Araç yeterince uzun düz ve maksimum eğimi %1.5 olan asfalt bir yolda konumlandırılır, veri kaydı başlar ve şoför aracı rölanti devrinde seyredecek şekilde hızlandırılır ve araç rölanti devrinde seyrederken tam gazda hızlandırılır. Bu işlem her bir viteste, çift yönde, boş ve dolu ağırlıkta olmak kaydıyla beşer defa tekrarlanır. Hava şartlarının da uygun olması durumunda bu veri de "post process" işlemlerinde kullanılabilir.

## 2.4. Coast down Testi

### 2.4.1. Enstrümantasyon

Coastdown testi için araca GPS antenli dinamik veri ölçüm cihazı bağlanması yeterlidir; aşağıda belirtilen parametreler uyarınca veri toplanabilir.

- Araç Hızı (km/s)
- Yer değiştirme (m)

### 2.4.2. Test Hazırlığı

Aracın konfigürasyonu (lastik seçimi, lastik basıncı, aks oranı vs.) kontrol edilir ve araç sırayla boş ve dolu olarak test edilir.

### 2.4.3. Testin Gerçekleştirilmesi

Testin gerçekleştirilebilmesi için anlatılan diğer testlerde geçerli olan hava şartlarının sağlanması, düz

kuru, maksimum %1.5 eğimli asfalt bir yol gereklidir. Araç parkura girmeden önce maksimum hızına çıkar ve parkur başlangıcında vitesi boşa geçirerek aracın frenleme olmaksızın yavaşlamasına izin verilir. Bu manevra aracın maksimum hızından 20km/s hıza düşene dek sürer. Bu test de her bir viteste, çift yönde, boş ve dolu ağırlıkta olmak kaydıyla beşer defa tekrarlanır.

### 3. SONUÇLAR

Metod bölümünde detaylıca açıklanan testler, prosedüre uygun şekilde yapıldığı takdirde elde edilecek veriler, hem ihale dokümanında ya da müşteri kitapçığında beyan edilebilecek “yol şartlarında ölçülen yakıt tüketimini” hem de zamana bağlı hız/eğim profili bilinen bir müşteri çevrimindeki “öngörülen yakıt tüketimini” hesaplamaya yarayacak bir 1 boyutlu model oluşturulmasına olanak sağlayacaktır.

SORT prosedürü yol şartlarında gerçekleşen bir yakıt sarfiyat testi standardı sunsa da, elde edilen veriler Coast down, In-gear acceleration ve Acceleration through gear testleri ile birlikte kullanıldığında aracın herhangi bir rotadaki sarfiyat değerlerini elde etmek için rahatlıkla kullanılabilir. SORT testi birçok kısıtı olan bir test olduğu için test esnasında araca ve ortam şartlarına dair tüm faktörler kontrol altında tutulmalıdır.

### 4. TARTIŞMA

Sonuçların güvenilir olabilmesi için aracın hazırlıkları yapılırken hiç bir detayın atlanmaması önem arz eder. Aracın yakıt sisteminde, hava sisteminde yada soğutma sisteminde yapılan ufak değişiklikler bile sonucu etkileyebilecek faktörlerdir. Test verileri değerlendirilirken motor ve radyatör fan hızları kontrol edilerek motorun aşırı ısındığı bir anda teste başlanıp başlanmadığı gözlemlenebilir. En önemli faktörün şoförün gaz pedalını kullanım biçimi olduğu unutulmamalıdır. Eğer araç tam gaz ile hedef hıza erişim noktasından önce hedeflediği hıza ulaşıyor ise tam gaz ile hızlanılması yakıt sarfiyatını gereksiz ölçüde arttıracaktır; bu yüzden ideal hızlanmanın pedal konumu ile ilişkisi pedala bağlanan konum sensörü ile tespit edilmeli, test manevralarında şoför örneğin 38mm deplasman ile ideal hızlanma sağlayabiliyorsa her tekrarda 38mm konumunu ayarlamaya çalışmalı veya gaz pedalının 38mm'den daha fazla deplasman yapması engellenmelidir, aksi halde test prosedüre uygun olsa da sarfiyat değerleri yüksek çıkabilir.

### KAYNAKLAR

1. SORT test procedure 2014 – UITP Project SORT Standardised On-Road Test Cycles – International Association of Public Transport – D/2014/0105/1
2. SORT test procedure 2009 - UITP Project SORT Standardised On-Road Test Cycles – International Association of Public Transport – D/2009/0105/31

3. Impact of the Underhood opening Area on the Drag Coefficient and the Thermal Performance of a Vehicle – SAE International 2013 – 10.4271/2013-01-0869
4. Coast Down Test – Theoretical and Experimental Approach – Ion Preda, Dinu Covaciu, Ghearghe Ciolan – Transilvania University of Brasov – Romania – CONAT20104030

