İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARAÇ DIŞ GÜRÜLTÜ STANDARTLARININ TEKNİK KARŞILAŞTIRILMASI ve ÖLÇÜMLERLE YORUMLANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. Osman DÖNMEZ

Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ
Programı : OTOMOTİV

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Ahmet GÜNEY

OCAK 2008

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARAÇ DIŞ GÜRÜLTÜ STANDARTLARININ TEKNİK KARŞILAŞTIRILMASI ve ÖLÇÜMLERLE YORUMLANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. Osman DÖNMEZ
(503051709)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11 Şubat 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Ocak 2008

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Ahmet GÜNEY
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Murat EREKE (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. İrfan YAVAŞLIOL (Y.T.Ü.)

OCAK 2008

ÖNSÖZ

Önerileri ve yol göstericiliğiyle bu tez çalışmasının oluşmasını sağlayan değerli hocam Prof. Dr. Ahmet Güney'e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Kendisini daima yanımda hissettiğim değerli yöneticim Sn. Mehmet Toker'e katkılarından ve yardımlarından dolayı en içten teşekkürlerimi sunarım.

En son olarak da hayatım boyunca desteklerini ve ilgilerini esirgemeyen, bana şanslı olduğumu hissettiren kıymetli aileme teşekkürlerimi ve minnetlerimi sunarım.

Aralık 2007 Osman DÖNMEZ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR vi
TABLO LİSTESİ vii
ŞEKİL LİSTESİ viii
SEMBOL LİSTESİ ix
ÖZET x
SUMMARY xi

1. GİRİŞ VE AMAÇ 1

2. TRAFİK GÜRÜLTÜSÜ VE GÜRÜLTÜ KAYNAĞI OLARAK MOTORLU TAŞITLAR 3
2.1 Gürültü Kaynağı Olarak Motorlu Taşıtlar 3
2.2 Mevcut Ölçüm Yönteminin Özellikleri 6
2.3 Dış Gürültü Limitlerinin Tarihsel Gelişimi 8
2.3.1 Araç Kategori Tanımları 8
2.3.1.1 M Kategori Araçlar 8
2.3.1.2 N Kategori Araçlar 9
2.3.2 Gürültü Limitlerinin Değişimi ve Türkiye'deki Durum 9

3. ÖLÇÜM YÖNTEMİ A 12
3.1 Ölçüm Ekipmanları 12
3.1.1 Akustik Ölçümler 12
3.1.1.1 Kalibrasyon 12
3.1.2 Hız Ölçümleri 12
3.1.3 Meteorolojik Ölçümler 13
3.2 Ölçüm Koşulları 13
3.2.1 Test Yeri 13
3.2.2 Ortam Gürültüsü 13
3.2.3 Aracın Durumu 14
3.3 ÖlçümYöntemi 14
3.3.1 Ölçüm Özelliği ve Sayısı 14
3.3.2 Mikrofonun Konumlanması 15
3.3.3 Çalışma Şartları 15
3.3.3.1 Genel Şartlar 15
3.3.3.2 Yaklaşma Hızı 15
3.3.3.3 Vites Kademesi Seçimi (Vites Kutusu Takılı araçlarda) 16
3.4 Sonuçların Yorumlanması 17
3.5 Duran Aracın Ses Seviyesi 18

3.5.1 Araç civarındaki ses seviyesi 18
3.5.2 Ölçme Aletleri 18
3.5.2.1 Akustik Ölçümler 18
3.5.2.2 Motor Hızının Ölçülmesi 18
3.5.3 Ölçüm Şartları 18
3.5.3.1 Test Yeri 18
3.5.3.2 Ortam Gürültüsü ve Meteorolojik koşullar 19
3.5.3.3 Aracın Durumu ve Ölçme yöntemi 19
3.5.3.4 Mikrofonun Konumu 19
3.5.3.5 Motoru Çalıştırmanın Şartları 21
3.5.4. Sonuçlar 21

4. ÖLÇÜM YÖNTEMİ B 22
4.1. Tanımlar 22
4.1.1 Güç Kütle Oranı (PMR-Power to Mass Ratio) 22
4.1.2 Referans Nokta (Reference Point) 22
4.1.3 Hedef İvmelenme (Target Acceleration) 23
4.1.4 Referans İvmelenme (Reference acceleration) 23
4.1.5 Kısmi Güç Faktörü (Partial Power Factor) 23
4.1.6 Ön İvmelenme (Pre-acceleration) 24
4.2 Ölçüm Ekipmanları 24
4.2.1 Akustik Ölçüm Ekipmanları 24
4.2.2 Hız Ölçüm Ekipmanları 25
4.2.3 Meteorolojik Ölçüm Ekipmanları 25
4.3 Test Yeri ve Ölçüm koşulları 25
4.4 Taşıt 26
4.5 Ölçüm Yönteminin Uygulanma Şekli 27
4.5.1 M_1, M_2<3500 kg, N_1 Kategori Araçlar İçin Test Koşulları 28
4.5.1.1 İvme Hesapları 29
4.5.1.2 Kısmi Güç Faktörü 30
4.5.1.3 Vites Oranı Seçimi 30
4.5.1.4 İvmelenme testi 32
4.5.1.5 Sabit Hız Testi 32
4.5.2 M_2>3500 kg, N_2, M_3, N_3 Kategori Araçlar 34
4.5.2.1 Vites Oranı Seçimi 35
4.5.2.2 İvmelenme Testi 36
4.5.3 Sonuçların Yorumlanması 37
4.5.3.1 M_1, N_1 M_2<3500 kg Kategori Araçlar 37
4.5.3.2 M_2>3500 kg, N_2 M_3,N_2 Kategori Araçlar 38
4.6. Duran Aracın Ses Seviyesinin Ölçülmesi 38
4.6.1 Araç Civarındaki Ses Seviyesi 38
4.6.2 Akustik Ölçümler 38
4.6.3 Test Yeri 38
4.6.4 Ortam Koşulları 38

4.6.5 Ölçme Yöntemi 38
4.6.5.1 Ölçme Özelliği ve Sayısı 38
4.6.5.2 Aracın Durumu ve Pozisyonu 39
4.6.5.3 Mikrofonun Konumu 39
4.6.6 Motoru Çalıştırmanın Şartları 40
4.6.6.1 Motor hızı 40
4.6.6.2 Test Yöntemi 40
4.6.7 Sonuçların Yorumlanması 40

5. ÖLÇÜM YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI VE ÖLÇÜMLERLE YORUMLANMASI 41

5.1 Yöntemlerin Karşılaştırılması 41
5.1.1 Test Sırasında Kullanılan Ekipmanlar 41
5.1.1.1 Akustik Ölçüm Cihazı 41
5.1.1.2 Hız Ölçüm Cihazları 42
5.1.1.3 Meteorolojik Ölçüm Cihazları 42
5.1.2 Ortam Koşullarının Karşılaştırılması 42
5.1.3 Test Araçlarının Karşılaştırılması 42
5.1.4 Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması 43
5.1.5 Sonuçların Yorumlanması 43
5.2 Test Sonuçlarının Karşılaştırılarak Yorumlanması 43
5.2.1 M_1 Kategori Araçlar İçin Yapılmış Testler ve Elde Edilmiş Sonuçlar 43
5.2.2 N_3 Kategori Araç İçin Yapılmış Testler ve Elde Edilmiş Sonuçlar 51
5.2.2.1 Ölçüm Yöntemi A İle Elde Edilmiş Sonuçlar 52
5.2.2.2 Ölçüm Yöntemi B İle Elde Edilmiş Sonuçlar 53

6. ÖZET ve YORUMLAR 58

KAYNAKLAR 60

ÖZGEÇMİŞ 61

KISALTMALAR

BM	:Birleşmiş Milletler
AEK	:Avrupa Ekonomik Topluluğu
AT	:Avrupa Topluluğu
PMR	:Güç Kütle Oranı
S	:Maksimum Gücü Veren Motor Hızı
$M_{1,2,3}$	:Yolcu Taşımada Kullanılan Araçlar
$N_{1,2,3}$	:Yük Taşımada Kullanılan Araçlar
IEC	:Uluslararası Elektroteknik Komisyonu

TABLO LİSTESİ

Sayfa no

Tablo 2.1 : Tüm Araç Grupları İçin 1995 Yılında Belirlenmiş Limitlerin Durumu. 10
Tablo 2.2 : Türkiye'de Geçerli Olan Limitlerin Durumu 11
Tablo 4.1 : Düzeltme Faktörü 26
Tablo 4.2 : Araçların Sağlaması Gereken Test Ağırlıkları 27
Tablo 5.1 : Test Edilmiş M_1 Kategori Araçların Özellikleri 44
Tablo 5.2 : Ölçüm Yöntemi B İle Yapılmış Testler Sonucu Elde Edilmiş Ses Seviyeleri 47
Tablo 5.3 : Ölçüm Yöntemi A ile Yapılmış Testler Sonucu Elde Edilmiş Ses Seviyeleri 48
Tablo 5.4 : Her İki Yöntem İle Elde Edilmiş Ses Seviyelerinin Karşılaştırması .. 48
Tablo 5.5 : Test Aracının Özellikleri 51

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : Rahatsızlık Veren Gürültü Kaynakları. 3
Şekil 2.2 : Gürültü Mekanizmalarının Etkisi 4
Şekil 2.3 : Araç Gruplarına Göre Sistemlerin Gürültü Seviyelerine Etkisi 5
Şekil 2.4 : Hız, İvme,Vites Kullanımının İstatistiksel Sonuçları …….…… ...7
Şekil 2.5 : Limitlerin Yıllara Göre Değişimi 9
Şekil 3.1 : Test Pistinin Boyutları 14
Şekil 3.2 : Mikrofonun Konumu 20
Şekil 4.1 : Test Pisti 28
Şekil 4.2 : M_1,N_1 ve M_2<3500 kg Kategori Araçlar İçin Akış Şeması 33
Şekil 4.3 : N_2 Ve M_2 Kategori Araçların Konum Hız Koşulları 34
Şekil 4.4 : N_3 Ve M_3 Kategori Araçlar İçin Konum Hız Koşulları 35
Şekil 4.5 : M_2,N_2, M_3 Ve N_3 Kategori Araçlar İçin Akış Şeması 36
Şekil 5.1 : Yöntem A İle Elde Edilmiş Ses Seviyesi Dağılımı 49
Şekil 5.2 : Yöntem B İle Elde Edilmiş Ses Seviyesi Dağılımı 49
Şekil 5.3 : Ses Seviyesi Farklarının Dağılımı 50
Şekil 5.4 : Ses Seviyesi Dağılımı. 50
Şekil 5.5 : Test Aracının Konuma Göre Hız Koşulları 51
Şekil 5.6 : Hızlanma Karakteristiği. 52
Şekil 5.7 : Vites Kademesine Göre Elde Edilen Ses Seviyeleri 52
Şekil 5.8 : 10. ve 11. Vites Kademelerinin Hız Karakteristikleri 53
Şekil 5.9 : 11. Vites'in Hızlanma Karakteristiği 54
Şekil 5.10 : 11. Vites İle Elde Edilmiş Zamana Göre İvme Karakteristiği 54
Şekil 5.11 : 11. Vites Kademesi Hız Zaman Grafiği …… ..... ……. 55
Şekil 5.12 : 11. Vites Kademesi Hız Zaman Grafiği 56
Şekil 5.13 : Yöntem B İle Elde Edilmiş Hız Konum Grafiği 56

SEMBOL LİSTESİ

a_{urban}	: Hedef İvmelenme (m/s^2)
$a_{wot\ ref}$	: Referans İvmeleme (m/s^2)
$a_{wot\ test}$	: Test İvmesi (m/s^2)
m_t	: Test Ağırlığı (kg)
m_{ro}	: Aracın Yürür Vaziyetteki Ağırlığı (kg)
V_{test}	: Test Hızı (km/sa)
l_{veh}	: Referans Noktasının Konumu (m)
$V_{AA'}$	: AA' çizgisindeki Hız (km/sa)
$V_{PP'}$	: PP' çizgisindeki Hız (km/sa)
$V_{BB'}$	: BB' çizgisindeki Hız (km/sa)
k	: Düzeltme katsayısı
k_p	: Kısmi Güç Faktörü
$L_{wot\ rep}$	: İvme Testi Sonucu Elde Edilen Ses Seviyesi (dB(A))
$L_{wot\ (i)}$	: İvme Testinde (i) Vites Kademesinde Elde Edilen Ses Seviyesi
$L_{wot\ (i+1)}$	: İvme Testinde (i+1) Vites Kademesinde Elde Edilen Ses Seviyesi
$L_{crs\ rep}$	: Sabit Hız Testi Sonucu Elde Edilen Ses Seviyesi (dB(A))
$L_{crs\ (i)}$	: Sabit Hız Testinde (i) Vites Kademesinde Elde Edilen Ses Seviyesi
$L_{crs\ (i+1)}$	: Sabit Hız Testinde (i+1) Vites Kademesinde Elde Edilen Ses Seviyesi
L_{urban}	: Tip onayı ses seviyesi (dB(A)

ARAÇ DIŞ GÜRÜLTÜ STANDARTLARININ
TEKNİK KARŞILAŞTIRMASI ve ÖLÇÜMLERLE YORUMLANMASI

ÖZET

Trafik gürültüsünün en büyük nedeni motorlu taşıtlardır. Motorlu taşıtların dış gürültüsü 1970 yılından itibaren 70/157/EC düzenlemesi ve ECE R-51 teknik düzenlemesi ile sınırlandırılmıştır. Gürültü seviyelerini sınırlandıran ilk düzenlemeden itibaren kademeli olarak limitler azaltılmıştır. Mevcut durumda araçların dış gürültülerinin ölçülmesinde kullanılan yöntem limitlerin daha fazla azaltılmasına imkan vermemektedir ve gerçek şehir içi kullanım koşullarını tam olarak yansıtmamaktadır. Ayrıca teknolojik gelişmeler sayesinde motorlar daha sessiz hale gelmiş ve daha fazla kademeli transmisyonlar araçlar üzerinde kullanılır durumdadır. Bu nedenlerden dolayı, BM/AEK araçların dış gürültü seviyelerin ölçülmesi için yeni bir ölçüm yöntemi belirlemiştir. 01 Temmuz 2007 tarihinden itibaren 2 yıl boyunca Ölçüm Yöntemi A (Mevcut Yöntem) ile elde edilmiş sonuçlarla araçların tip onayı başvuruları yapılırken aynı zamanda Ölçüm Yöntemi B (Yeni Yöntem) ile araçların test edilmesi ve sonuçlarının bilgi amaçlı olarak BM/AEK gönderilmesi gereklidir.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında trafik gürültüsü ve araçların kategorilerine göre ses seviyelerinin tarihsel değişimi incelenmiştir. Mevcut ölçüm yöntemi (Ölçüm Yöntemi A) ve yeni ölçüm yöntemi (Ölçüm Yöntemi B) detaylı olarak tarif edilmiştir. Her iki yöntem teknik olarak karşılaştırılarak farklı oldukları noktalar belirlenmiştir. En son olarak binek araçlar üzerinde yeni ve mevcut yöntem ile yapılmış testlerin sonuçları incelenmiştir. Ayrıca Ağır ticari araç üzerinde yeni ve mevcut ölçüm yöntemi uygulanmış ve yorumlanmıştır.

TECHNICAL COMPARISON and INTERPRETATION of the MEASTUREMENT RESULTS of the VEHICLE EXTERIOR NOISE STANDARDS

SUMMARY

Because of the the main reason of the traffic noise, the exterior noise of the motor vehicles has been limitted since 1970 by 70/157/EC and ECE R-51. Noise limits have been reduced after the first regulation gradually. Current measurement method (Measurement Method A) is not enough to decrease noise limits anymore and it does not represent the urban traffic condition properly. In addition, motor vehicles have became more silent and more than 5 speed transmissios are used on the vehicles due to the technological development. Because of these reasons, UNECE (United Nations Economic Commissions for Europe) has described a new measurement method (Measurement Method B). After 01 July 2007 during 2 years, while appyling the type approval of the vehicle via measurement results of method A, the results of the test run of that vehicle type in accordance with the measurement method B must be sent to the UN/ECE for the purpose of monitoring and information.

In this study, change of the noise levels of the motor vehicles according to the category of the vehicle is searched chronogically. Method A and Method B are described in detail. Technical comparison of the both methods is made and differences are defined. Finally, the test results which are made on the passenger cars are investigated, Measurement method B is applied on the heavy duty vehicles and the results are interpreted.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Sanayileşme ve modern teknolojinin gelişmesiyle ortaya çıkan çevre sorunlarından biri de gürültü kirliliğidir. Gürültü "istenmeyen ve dinleyene bir anlam ifade etmeyen ses" olarak tanımlanabilir. Bu tanıma bakıldığında, sesin gürültü niteliği taşıması için mutlaka yüksek düzeyde olması gerekmediği anlaşılmaktadır. Gürültü kirliliğine zemin oluşturan faktörler arasında; sanayileşme, plansız kentleşme, hızlı nüfus artışı, bu konularda yeterli eğitimin verilememesi ve ekonomik imkansızlıklar vb. nedenler sayılabilir. Gürültü kirliliğinde en büyük pay sahibi trafik gürültüsüdür.

Trafik gürültüsü insanı olumsuz etkileyen en önemli gürültü kaynaklarından birisidir. Kentsel yerleşim bölgelerinde ortaya çıkan ses enerjisinin % 80'i trafikten gelmektedir. Trafik gürültüsünün en büyük kaynağı motorlu taşıtlardır ve motorlu taşıların gürültüsünün azaltılması çalışmaları günümüzde artarak devam etmektedir. Karayolu ulaşım gürültüsünün ölçümlerinde gürültü seviyesi yol kenarından 7.5 m. uzaklıkta 105 dBA'ya kadar çıkmaktadır [1]. Bu degerler insanın konfor standardının üzerindedir. Trafik gürültüsünden korunmak için mevcut tedbirler haricinde taşıtlarda tedbir alınması gerektiğinden, çevre bilinci ve teknoloji gereği gürültü kontrol altına alınmaya çalışılmış, insan sağlığını tehdit eden bu gürültüyü kontrol altına alabilmek için taşıt gürültü ölçümleri standartlaştırılmış ve sınır değerler tespit edilmiştir.

BM/AEK-Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (UNECE–United Nations Economic Commission for Europe) tarafından hazırlanmış ve taraf ülkeler tarafından kabul edilen motorlu araçların gürültü emisyonu ile ilgili olan ECE R-51 teknik düzenlemesi ve 70/157/EC düzenlemesi sınır değerleri bakımından en önemli araç dış gürültü standartıdır. BM/AEK tarafından taşıtların dış gürültü limitlerini ve ölçüm yöntemini tanımlayan ilgili düzenlemeler ilk olarak 1970 yılında yayınlanmış olup araçların trafiğe çıkabilmesi için sağlanması gereklidir. 1995 yılından itibaren ilgili teknik düzenlemenin 2. seviyeden yayınlamış ekinin sağlanması gereklidir. Bazı ülkelerde aynı teknik düzenlemenin farklı seviyelerden uygulamaları mevcuttur.

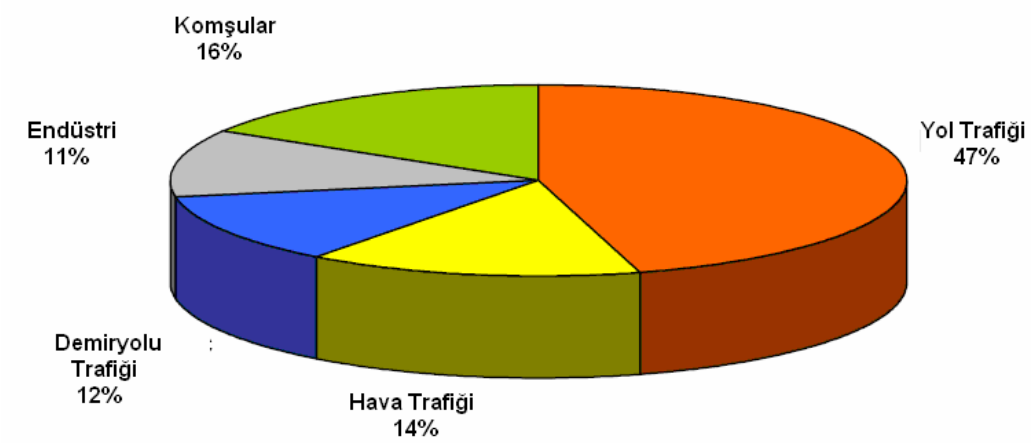
ECE R 51 teknik düzenlemesinin 2007 Haziran ayında yürülüğe konulan yeni ekiyle birlikte mevcut araç dış gürültü ölçüm yöntemine ek olarak yeni bir ölçüm yöntemi tarif edilmiştir. Araçların tip onayları için ECE R 51 düzenlemesine başvurulması durumunda Temmuz 2007 tarihinden itibaren mevcut ölçüm yöntemi ile tip onayı alınırken ve yeni ölçüm yöntemiyle araçların dış gürültü seviyeleri ölçülüp, BM/AEK'ya bilgi amaçlı bildirilmesi istenmektedir.

Mevcut ölçüm yöntemi ile testler araçların ağırlıklarını, motor güç ve karakteristiklerini ihmal ederek en yüksek gücü veren motor hızına göre gerçekleştirmektedir. Araçların şehir içi kullanımlarını gözardı etmektedir ve gerçeği tam anlamıyla temsil etmemektedir. Bu nedenlerden dolayı gerçeği daha fazla yansıtan bir ölçüm yöntemine ihtiyaç duyulmuştur.

Bu yüksek lisans çalışmasında ECE R-51 teknik düzenlemesinde tarif edilmiş mevcut ölçüm yöntemi (Ölçüm yöntemi A) ve ileride uygulanması planlanan yeni ölçüm yöntemi (Ölçüm yöntemi B) teknik olarak karşılaştırılacak ve yapılmış ölçüm sonuçlarına göre yorumlanacaktır. 2. bölümde araçların gürültü kaynağı olarak durumu ve teknik düzenlemenin ilk ortaya çıktığı tarihten itibaren limitlerin değişimi incelenmiştir. 3. ve 4. bölümlerde sırasıyla mevcut ölçüm yöntemi ve yeni ölçüm yöntemi detaylı olarak incelenmiştir. 5. bölümde iki yöntem teknik olarak karşılaştırılmış ve yapılmış testlerin sonucuna göre elde edilmiş sonuçlar yorumlanmıştır. Son bölümde ise sonuçlar özetlenmiş ve yorumlar ile çalışma tamamlanmıştır.

2. TRAFİK GÜRÜLTÜSÜ ve GÜRÜLTÜ KAYNAĞI MOTORLU TAŞITLAR

Hoşa gitmeyen, istenmeyen, rahatsız edici ses olarak tanımlanan gürültü ne kadar anlamsız, ne kadar şiddetli, ne kadar düzensiz ve ne kadar ani olursa o kadar rahatsız edicidir. Gürültü, insan üzerinde başta fizyolojik ve psikolojik olmak üzere bir çok olumsuz etkiye sahiptir [1,5]. Çevresel ulaşım gürültüsünün önemli bir yüzdesi karayolu trafik gürültüsüdür. Taşıtların çalışması ve hareketi sonucu oluşan taşıt ulaşım gürültüsü, motor gürültüsü, şasi ve kaporta gürültüleri, frenlemeden dogan gürültü, tekerleklerin yol yüzeyi ile temasından dogan gürültü ve taşıtın neden oldugu aerodinamik gürültü gibi bileşenlerden oluşur. Yapılmış olan araştırmalara göre Avrupa Topluluğu (AT) üye ülkelerinde yaklaşık 80 milyon birey mevcut çevresel gürültüden rahatsız olmaktadır [2]. Şekil 2.1'de Almanya'da yapılmış bir araştırmaya göre rahatsızlık veren gürültü kaynaklarının arasında trafik gürültüsü 47% paya sahiptir. Almanya'da yapılmış olan farklı bir araştırmaya göre 1970'li yıllardan itibaren trafik gürültüsü otobanlarda 2,5 dB(A) normal yollarda 1,5 dB(A) arttığı saptanmıştır [3].



Şekil 2.1: Rahatsızlık Veren Gürültü Kaynakları [2]

2.1 Gürültü kaynağı olarak Motorlu taşıtlar

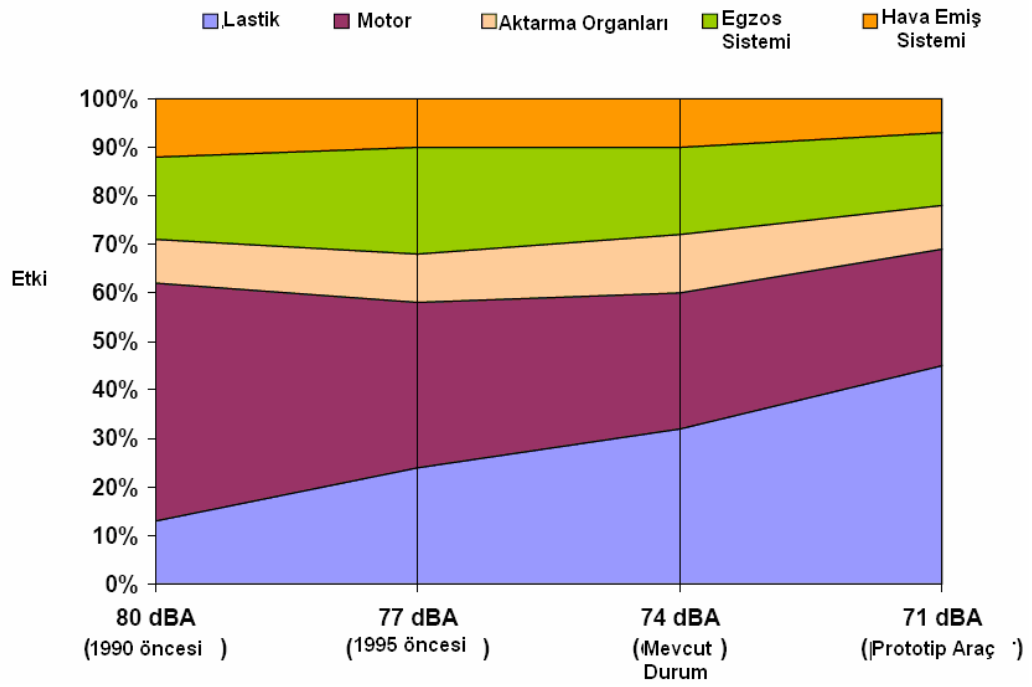
Çevresel gürültü kaynakları arasında büyük paya sahip olan motorlu taşıtların gürültü seviyeleri 1970 yılından itibaren çeşitli düzenlemelerle kontrol altına alınmaya

çalışılmaktadır. Yapılan değişikliklerle binek araçlarda 8 dB(A) ticari araçlarda 11 dB(A) azaltılmıştır [4]. Bu gelişmelere rağmen halan mevcut limitlerle trafik gürültüsü problemi çözülememiştir.

Taşıtları düşündümüz zaman gürültü mekanizmaları genel olarak 5 bölüme ayrılmaktadır [2].

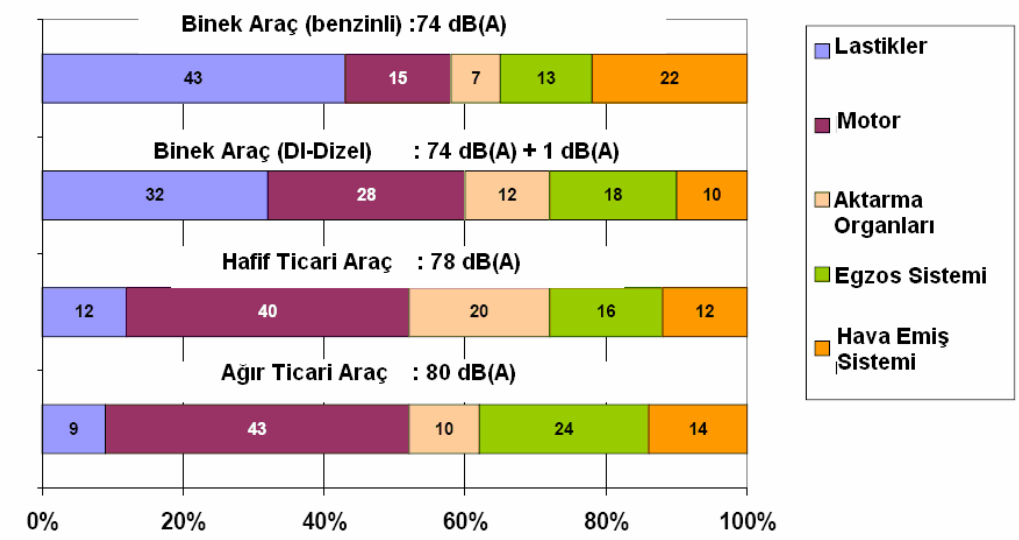
- Lastik gürültüsü
- Motor gürültüsü
- Emiş sistemi gürültüsü
- Egzos sistemi gürültüsü
- Aktrama organları gürültüsü

Dizel bir araçta yapılmış incelemeler sonucu gürültü mekanizmalarının toplam üretilen gürültü içindeki payı Şekil 2.2'de görülmektedir [2]. 15 yıllık süreçte gelişen teknoloji ile motor gürültüsünün dış gürültü üzerindeki etkisi büyük oranda düşmesine rağmen motor gürültüsü azaldığı için lastik gürültüsü etkin hale geldiği görülmektedir. Hava emiş sistemi, aktarma organlarının ve egzos sisteminin toplam gürültü içerindeki payı yaklaşık aynı oranda kaldığı görülmektedir.



Şekil 2.2: Gürültü Mekanizmalarının Etkisi [2]

Şekil 2.3'de farklı kategoride araçların dış gürültü bileşenlerine bakıldığı zaman benzinli ve dizel binek otomobillerde lastik gürültüsü baskın durumda olduğu görülmektedir [2]. Dizel ve benzilli otomobiller karşılaştırıldığı zaman motor gürültüsünün dizel araçlarda benzinli araçlara göre yaklaşık 2 katı kadar daha baskın olduğu görülmektedir. Ağır ticari araçlarda motor gürültüsü 43%'lük oranla en etkin gürültü kaynağı olarak olduğu görülmektedir.



Şekil 2.3: Araç Gruplarına Göre Sistemlerin Gürültü Seviyelerine Etkisi [2]

Gelişen teknoloji ve düzenlemelerle ciddi anlamda azaltılan motorlu taşıtların dış gürültü seviyesine rağmen trafik gürültüsünün artmasının asıl nedeni aşağıdaki 4 sebep ile özetlenebilir. [2]

a) Araçların onay süreçlerinde dış gürültü seviyesinin tespit edilirken kullanılan yöntem gerçek koşulları temsil etmemesi.

b) Araçların onay sürecinde kullanılan test yöntemi ses seviyelerinin düşürülmesine imkan vermemesi.

c) Araçlarda daha güçlü motor ve daha geniş lastik kullanımı eğilimi olması

d) Trafikte seyreden araç sayısının artmasına rağmen toplam yol uzunluğunun bu oranda artmaması ve ortalama trafik yoğunluğunun artması.

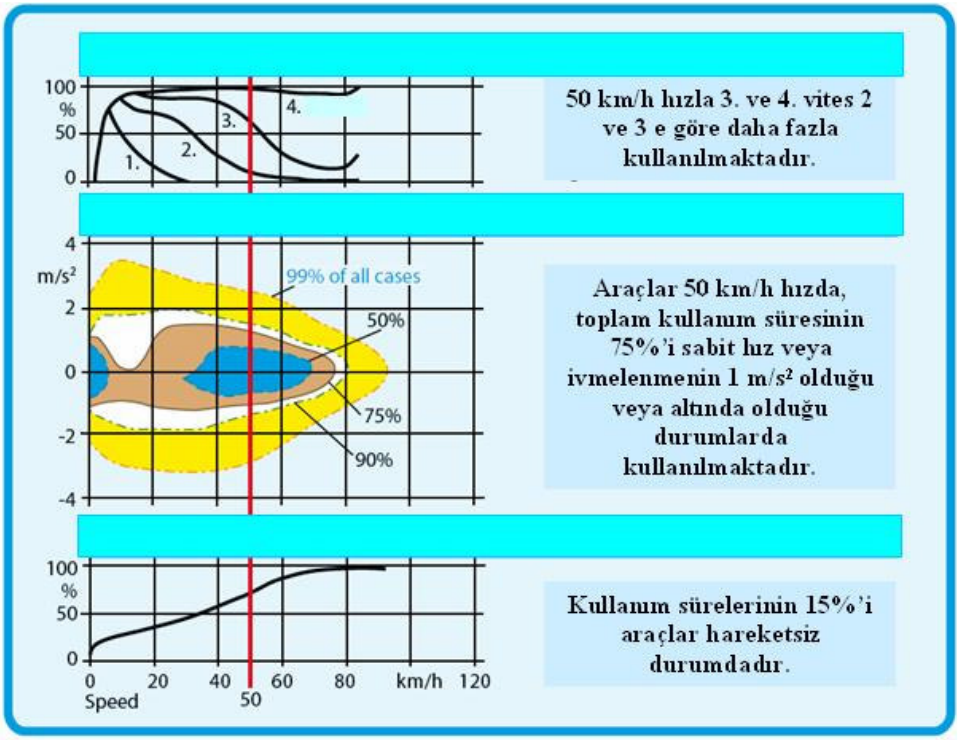
Trafik gürültüsü; yol yüzeyleri, lastikler, taşıt trafik yönetiminde yapılacak yenilikler ve geliştirmeler ile çözülebilecek bir sorundur.

2.2. Mevcut ölçüm yönteminin özellikleri

Mevcut ölçüm yöntemi en yüksek ses seviyesini ölçmeye çalışmaktadır. Mevcut ölçüm yöntemiyle gaz pedalına tam basılmasıyla gerçekleştirilen (WOT-Wide Open Throttle) testlerden elde edilen gürültü seviyesi tüm ses kaynaklarını içerdiği varsayılmaktadır. Ancak, kısmi yük koşullarında yol-lastik gürültüsü trafik gürültüsünün oluşumunda daha baskın durumdadır [6] . Mevcut yöntem bu gürültü kaynağını ölçememektedir. Bu noktada standartlarla teknik düzenlemeler arasında etkileşim görülmektedir. Teknik düzenleme gereksinimlerine göre daha tasarlanan sessiz motorlardan sonra diğer gürültü kaynakları (yol-lastik) oluşan trafik gürültüsünde büyük etkiye sahiptir.Bu nedenle mevcut yöntem gerçek şehiriçi araç gürültü seviyesinin ölçülmesinde yeterli değildir.

Mevcut yöntemin vites seçim koşulları geçmişin sıradan şanzıman teknolojisine dayanmaktadır. Düz vitesli araçlar için, 2. ve 3. vitesler ile tasarım ve performans kriterlerine göre belirlenmektedir. Otomatik vitesli araçlarda vites seçici D pozisyonuna getirilir. Gerekli durumlarda yaklaşma hızı 60 km/sa olarak artırılabilir veya şehir kullanımlarına uymayan vites oranlarına düşmesi engellenmek için elektronik cihazlar kullanılabilir. Mevcut yöntemde ifade edilmeyen fakat genel anlayış alt vites kademesine düşmesi aracın 1. vites düşmesi olarak kabul edilmektedir.

Şekil 2.4'de Horst Klingenberg tarafından yapılmış çalışmanın sonuçlarına göre düşük viteslerde yüksek ivmelenme gerçekten aracın gerçek sürüş koşullarını temsil etmemektedir [7]. Araçlar şehir içinde yaklaşık 50 km/sa hızlarla kullanılmaktadır ve bu hızlarla toplam kullanım süresinin 75%'lik kısmını oluşturmaktadır. Buna ek olarak, hızlanmanın olduğu durumlarda genelde ivmelenme en fazla 1 m/s^2 'dir. Diğer bir sonuç ise, araçlar toplam kullanım sürelerinin 15%'lik kısmında hareketsizdirler. Araştırmanın diğer bir sonucuna göre 50 km/sa'lik hızlarda trafiğin hareketinde oluşan gürültü daha baskındır çünkü sadece 3% lik bir bölümünde araçlar tam ivmelenme koşullarında kullanılmaktadır. [7].



Şekil 2.4: Hız, İvme ,Vites Kullanımının İstatistiksel Sonuçları
Horst Klingenberg tarafından yapılmış çalışma [7]

Aktarma organları ve tahrik sistemleri teknolojilerindeki gelişmeler sonucu araçlar üzerinde kullanılan sistemler, mevcut yöntemin standardın amacına ulaşmasını tam sağlayamamasına sebep olmuştur. Otomotiv teknolojilerindeki gelişmeler sonucu araçlar üzerinde eskiden kullanılan 4 hızlı vites kademelendiricileri yerine 5, 6 ve hatta 7 hızlı vites kademelendiricileri kullanılmaya başlanmıştır. Sürekli değişken vites sistemi (CVT) elektrikli motorla çalışan hibrid araçların pazara sunulmasıyla daha da kullanılır hale gelmiştir [6].

Yeni yöntem tüm bu gelişmelerinin etkileri belirlemeye çalışmaktadır. Birinci olarak, mevcut yöntemden farklı olarak yeni yöntem performans bazlı kriterlere dayanmaktadır. Performans kriterleri gürültü seviyesinin 90%'ını içermektedir [6]. Vites seçimi koşulları referans ivmelenme koşullarının sağlanmasına dayanmaktadır. Referans ivmelenme ise istatistiki olarak belirlenen, aracın kütlesine ve motor gücüne dayanan şehir içi kullanım karakteristiğine göre belirlenmektedir. Aynı zamanda ivmelenme koşulu sağlanırken aracın mikrofonların hizasına geldiği konumda 50 km/sa hız koşulunu sağlaması gerekmektedir. Bu durumda elde edilen sonuçlar aracın aktarma organlarının özelliklerinden bağımsız olmasını sağlamaktadır böylece vites kademesinin bir önemi kalmamaktadır.

İkinci olarak, mevcut yöntemle etkisinin minumuma indirilen lastik yol gürültüsü yeni yöntemle etkisinin ölçülmesi artılırmıştır. Mevcut yöntemle lastik diş derinliği en az 1.6 mm olması istenirken yeni yöntemle diş derinliği en az %80 olması zorunluluğu getirilmiştir. Bu değişiklik, mevcut gürültü seviyesinde lastik gürültüsünün etkisinin standart hale getirilmek istenmesidir çünkü şehir kullanım koşullarında lastik diş derinlikleri bu mertebelerdedir. Sabit hız testi ve tam yükte ivmelenme testlerinin sonuçlarının ağırlıklı ortalamaları alınarak belirlenirlenen ses seviyesi değeri kısmi yüklerde şehir içi kullanımları temsil ettiği kabul edilmektedir. Böylelikle günümüz araçlarını ve gelecekte kullanılacak araçların gürültü seviyelerinin tahmin edilmesinde farklı bir yaklaşıma geçilmesi hedeflenmektedir. Yeni yöntem, şehir içi kullanımlarda üretilen gürültü seviyesinin yaklaşık 90%'ını saptanmaktadır ve sadece motor gürültüsü değil aktarma organlarından bağımsız olarak lastik-yol gürültüsünün de ölçülerek araçların tüm gürültü kaynakları ölçülmesini sağlamaktadır [6].

2.3 Dış Gürültü Limitlerinin Tarihsel Gelişimi

Araçlarda dış gürültü konusu AT tarafından 1970 yılında yayınlamış olan 70/157/EC düzenlemesi ile ilk defa sınırlandırılmıştır. Limitler belirlenmiş ve ölçüm yöntemi tarif edilmiştir. Yayınlanan ilk ölçüm yöntemi ile birlikte araçların kategorilerine göre dış gürültü limitleri farlı seviyelerle sınırlandırılmıştır.

2.3.1 Araç Kategori Tanımları

Araçlar belirli özelliklerine göre gruplara ayrılmıştır. Bu bölüm bu grupların tanımları belirtilmiştir [8].

2.3.1.1 M Kategorisi Araçlar:

En az dört tekerlekli, motorlu yolcu taşıma amaçlı araçlardır.

a) M_1 kategorisi araçlar: Sürücü dışında en fazla sekiz kişilik oturma yeri olan, yolcu taşımaya yönelik motorlu araçlardır.

b) M_2 kategorisi araçlar: Sürücü dışında sekizden fazla oturma yeri olan, yolcu taşımaya yönelik ve azami kütlesi 5 tonu aşmayan, motorlu araçlardır.

c) M_3 kategorisi araçlar: Sürücü dışında sekizden fazla oturma yeri olan , yolcu taşımaya yönelik ve azami kütlesi 5 tonu aşan, motorlu araçlardır.

2.3.1.2 N Kategorisi Araçlar.

En az dört tekerlekli , motorlu yük taşıma araçlardır.

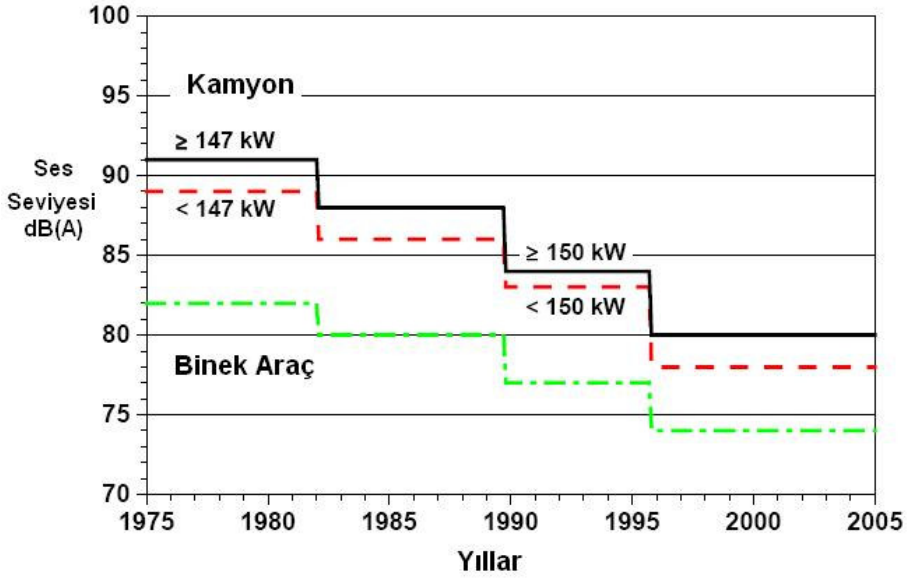
a) N_1 kategorisi araçlar: Azami kütlesi 3,5 tonu aşmayan, motorlu yük taşıma araçlarıdır.

b) N_2 kategorisi araçlar: Azami kütlesi 3,5 tonu aşan, 12 tonu aşmayan, motorlu yük taşıma araçlarıdır.

c) N_3 kategorisi araçlar: Azami kütlesi 12 tonu aşan, motorlu yük taşıma araçlarıdır.

2.3.2 Gürültü Limitlerinin Değişimi ve Türkiye'deki Durum

Motorlu araçlarla dış gürültüsü ile ilgili düzenleme ilk defa 1970 yılında yapılmıştır ve bu tarihten itibaren 4 kere limitlerde değişiklik olmuştur. Şekil 2.5'de yıllara göre dış gürültü limitlerdeki değişim görülmektedir. Düzenleme ilk ortaya çıktığı zaman 82 dB(A) olan binek araçlar için limit 1982 yılında 2 dB(A) indirilierek 80 dB(A) olmuş , 1990 yılında 3 dB(A) iyileştirilerek 77 dB(A) seviyesine çekilmiş ve 1995 yılında tekrar 3 dB(A) azaltıralarak 74 dB(A) olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.5: Limitlerin Yıllara Göre Değişimi

70/157/AT düzenlemesinin 1995 yılında belirlenmiş ve günümüze kadar kullanılan limitleri Tablo 2.1'de görülmektedir. Bu limit değerlerin bazı araçlar için istisna durumları vardır.

Tablo 2.1'in madde 1 ve madde 3'te belirtilen araçlar için, bunlar doğrudan yakıt püskürtmeli dizel motorlu iseler, sınır değerleri 1 dB(A) artırılır. Yol dışında (arazi) kullanım için tasarımlanmış, izin verilebilir azami kütlesi 2 (iki) tondan fazla olan araçlar için, motor güçleri 150 kW'dan az ise sınır değerler 1 dB(A), 150 kW'a eşit veya daha büyükse 2 dB(A) artırılır.

Tablo 2.1'in madde 1'de belirtilen sınıfındaki araçlar için, dörtten fazla ileri vitesli, elle kullanılan vites kutusu bulunan ve 140 kW/t'u aşan azami motor gücüne sahip motoru olan ve izin verilebilir azami güç/azami kütle oranı 75 kW/t'u geçen araçlarda, aracın arkası üçüncü vitese BB' hattını geçtiğinde hızı 61 km/sa'ten büyükse, sınır değerleri 1 dB(A) artırılır.

Tablo 2.1: Tüm Araç Grupları İçin 1995 Yılında Belirlenmiş Limitlerin Durumu [9].

Araç Sınıfı	**dB(A)**
1-Yolcu taşıma maksatlı ve sürücü koltuğu dahil dokuzdan fazla koltuğu bulunmayan araçlar. (M1 kategori araçlar).....	74
2-Yolcu taşıma maksatlı, sürücü koltuğu dahil dokuzdan fazla koltuğu bulunan ve izin verilen azami kütlesi 3.5 tondan fazla olan araçlar:	
2.a. Motor gücü 150 kW'dan az olanlar.....	78
2.b. Motor gücü 150 kW'dan az olmayanlar.....	80
3.Yolcu taşıma maksatlı, sürücü koltuğu dahil dokuzdan fazla koltuğu bulunan araçlar; yük taşıma maksatlı araçlar:	
3.a İzin verilebilir azami kütlesi 2 tonu geçmeyenler	76
3.b İzin verilebilir azami kütlesi 2 tonu geçen fakat 3.5 tonu geçmeyenler.....	77
4.Yük taşıma maksatlı ve izin verilen azami kütlesi 3.5 tondan fazla olan araçlar:	
4.a Motor gücü 75 kW'dan az olanlar.....	77
4.b Motor gücü 75 kW'dan fazla fakat 150 kW'dan az olanlar.....	78
4.c Motor gücü 150 kW'dan az olmayanlar.....	80

Türkiye'de araçların ses seviyeleri mevcut araçlarda 01.01.2009 tarihine kadar 1990 yılında yayınlanmış seviyesindeki gürültü limitleri kabul edilmektedir. Tablo 2.2'de araça kategorilerine göre sınıflandırımış limitlerin Türkiye'de uygulanan seviyleri yer almaktadır. Ancak M1 kategori araçlarda 1995 seviyesi olan 74 dB(A) seviyesi kabul edilmektedir.

Tablo 2.2: Türkiye'de Geçerli Olan Limitlerin Durumu [9].

Araç Sınıfı	**dB(A)**
1-Yolcu taşıma maksatlı ve sürücü koltuğu dahil dokuzdan fazla koltuğu bulunmayan araçlar.(M1 kategori araçlar).....	74
2-Yolcu taşıma maksatlı, sürücü koltuğu dahil dokuzdan fazla koltuğu bulunan ve izin verilen azami kütlesi 3.5 tondan fazla olan araçlar:	
2.a. Motor gücü 150 kW'dan az olanlar.....	80
2.b. Motor gücü 150 kW'dan az olmayanlar.....	83
3.Yolcu taşıma maksatlı, sürücü koltuğu dahil dokuzdan fazla koltuğu bulunan araçlar; yük taşıma maksatlı araçlar:	
3.a İzin verilebilir azami kütlesi 2 tonu geçmeyenler	78
3.b İzin verilebilir azami kütlesi 2 tonu geçen fakat 3.5 tonu geçmeyenler.....	79
4.Yük taşıma maksatlı ve izin verilen azami kütlesi 3.5 tondan fazla olan araçlar:	
4.a Motor gücü 75 kW'dan az olanlar.....	81
4.b Motor gücü 75 kW'dan fazla fakat 150 kW'dan az olanlar.....	83
4.c Motor gücü 150 kW'dan az olmayanlar.....	84

3. ÖLÇÜM YÖNTEMİ A

BM/AEK tarafından ECE R 51 teknik düzenlemesinin Ek III'de yer alan ölçüm yöntemi A bu bölümde detaylı olarak anlatılmıştır [10].

3.1 Ölçüm ekipmanları

3.1.1 Akustik ölçümler

Ses seviyesini ölçmede kullanılan alet, Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) Yayını 651 "Hassas ses seviyesi ölçerleri" 2. baskısında belirtilen tipte bir hassas ses seviye ölçeri olmalıdır. Ölçümler, aynı yayında belirtilmiş olan ses seviye ölçerinin "çabuk" tepki ve "A" ağırlık eğrisini kullanarak yapılmalıdır.

A ağırlıklı ses seviyesini periyodik görüntüleme özelliliğini içeriyorsa okuma zaman aralığı 30 ms' den fazla olmamalıdır.

3.1.1.1 Kalibrasyon

Her ölçüm setinin başlangıcında ve sonunda, ses seviyesi ölçeri imalatçının talimatlarına göre, uygun bir ses kaynağı (örneğin bir pistonfon) vasıtasıyla kalibre edilmelidir. Kalibrasyon cihazı IEC 942:1988 'da belirtilen en az sınıf 1 özelliklerini karşılamalıdır. Kalibrasyon esnasında kaydedilen ses seviye ölçeri hataları 0,5 dB'yi geçerse, test geçersiz sayılmalıdır.

Ekipmanlar IEC 942:1988'da belirtilen koşulları sağlaması için 12 aylık period için kalibrasyon cihazlarıyla 24 aylık period için yetkili labratuvar tarafından kalibrasyonun yapılması gereklidir.

3.1.2 Hız ölçümleri

Deney bölümünde, motor devri ve araç hızı % 2 veya daha iyi bir doğrulukla belirlenmelidir.

3.1.3 Meteorolojik Ölçüm

Test esnasında hava koşullarının gözlemlenebilmesi için kullanılacak olan ekipmanlar hava sıcaklığını ±1 ^{0}C , rüzgar hızını ±1 m/s doğrulukla ölçebilir özellikte olmalıdır.

3.2 Ölçüm Koşulları

3.2.1 Test Yeri

Deney yeri, büyük ölçüde düz deney pisti ile çevrili bir merkezi ivmelenme (hızlanma) bölümünden oluşmalıdır. İvmelenme bölümü düz olmalı, pist yüzeyi kuru ve yuvarlanma gürültüsünü düşük tutacak şekilde olmalıdır. Şekil 3.1'de test pistinin özellikleri görülmektedir.

Deney pisti, ses kaynağı ile mikrofon arasındaki serbest ses alanı şartları 1 dB dahilinde kalacak şekilde olmalıdır.İvmelenme bölümünün merkezinden 50 m'lik bir mesafe içinde çit, kayalık, köprü veya bina gibi ses yansıtan büyük nesneler bulunmazsa, bu koşullar karşılanmış kabul edilebilir. Deney yerinin yüzeyi,teknik düzenlemede belirtilen özelliklere uymalıdır.

Mikrofon çevresinde ses alanını etkileyebilecek hiçbir engel bulunmamalı ve ses kaynağı ile mikrofon arasında hiç kimse durmamalıdır. Ölçümleri yapan gözlemci, aletin ölçüm okumalarını etkilemeyecek bir konumda durmalıdır.

Ölçümler kötü hava koşullarında yapılmamalıdır. Meteorolojik ölçüm ekipmanları test alanının yakınına 1,2 ± 0.1 m yükseklikte konumlandırılmalıdır. Ölçümler ortam hava sıcaklığının 0 ^{0}C ile 40 ^{0}C arasında olduğu koşullarda gerçekleştirilmelidir. Sonuçların rüzgar esintilerinden etkilenmemesi sağlanmalıdır. Rüzgar hızının 5m/s'nin altında olduğu koşullarda gerçekleştirilmelidir.

3.2.2 Ortam Gürültüsü

Ölçümler için, deneye tabi tutulacak araç dışında kalan ses kaynaklarının A-ağırlıklı ses seviyesi ve rüzgar etkileri, aracın yarattığı ses seviyesinden en az 10 dB(A) aşağıda olmalıdır. Mikrofona, mikrofonun yönlendirme özellikleri ve hassasiyeti üzerine etkilerini hesaba katmak şartıyla, uygun bir rüzgar siperliği takılabilir.

3.2.3 Aracın Durumu

Araçlar boş ağırlıkta gerçekleştirilmeli ve ayrılamayan araçlar hariç olmak üzere, römorksuz veya yarı römorksuz olmalıdır.

Deney için kullanılan lastikler, araç imalatçısı tarafından seçilir ve ticari uygulamalara uygun ve piyasada mevcut olmalıdır. Lastik diş derinliği minumum 1,6 mm olmalıdır. Lastikler, aracın deney kütlesi için uygun basınca (basınçlara) kadar şişirilmelidir.

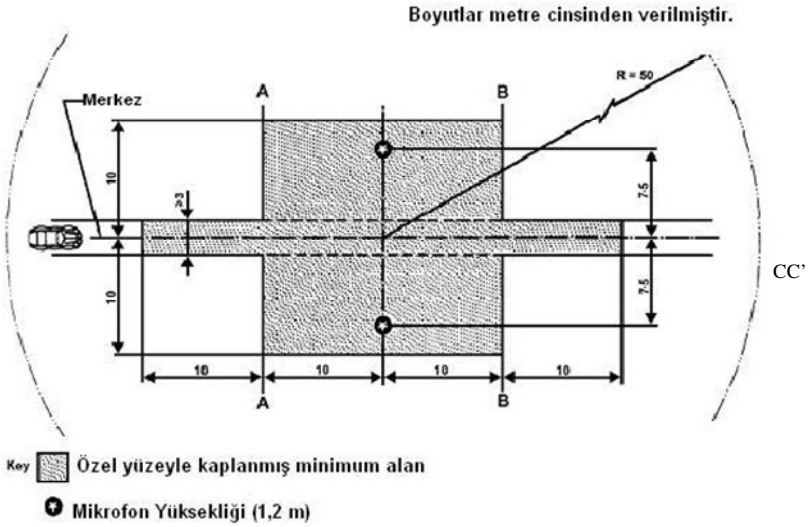
Ölçümlerden önce motor; sıcaklık, ayarlar, yakıt, bujiler, karbüratör (karbüratörler) ve benzeri hususlarda normal çalışma şartlarına getirilmelidir. Eğer araca otomatik harekete geçen fan (fanlar) takılı ise, ölçümler esnasında bu sistemin etki etmemesi sağlanmalıdır.

İkiden fazla tekerlekten çekişli araçlarda, sadece normal yol çekişi uygulanmalıdır.

3.3 Ölçüm Yöntemi

3.3.1 Ölçüm Özelliği ve Sayısı

Araç, AA' ve BB' (Şekil 3.1) hatlarının arasında sürülürken, A-ağırlıklı desibel (dB(A)) cinsinden ifade edilen azami ses seviyesi ölçülmelidir. Tepe değeri ile genel ses seviyesi arasında anormal bir farklılık kaydedilirse, ölçüm geçersiz sayılacaktır. Aracın her iki yanında en az iki ölçüm yapılmalıdır.



Şekil 3.1: Test Pistinin Boyutları

3.3.2 Mikrofonun Konumlanması

Mikrofon, pistin CC' (Şekil 1) referans hattından 7.5 ± 0.2 m uzaklığa ve yerden 1.2 ± 0.1 m yüksekliğe yerleştirilmelidir. Mikrofonun azami hassasiyet ekseni yatay olmalı ve aracın yoluna (CC' hattı) dik olmalıdır.

3.3.3 Çalıştırma Şartları

3.3.3.1 Genel Şartlar

Tüm ölçümler için, araç, aracın boylamasına orta düzlemi CC' hattına mümkün olduğunca yakın olacak şekilde, ivmelenme bölümü üzerinde düz bir hat boyunca sürülmelidir.

Araç, AA' hattına belirtilen sabit başlangıç yol hızında yaklaşmalıdır. Aracın ön ucu AA' hattına ulaştığında, gaz pedalına mümkün olduğunca hızlı basılmalı, aracın arka ucu BB' hattına ulaşıncaya kadar gaz pedalının bu konumu muhafaza edilmeli; sonra gaz pedalı mümkün olduğunca çabuk şekilde serbest bırakılmalıdır.

Römorkları ayrılamayan araçların römorkları, BB' hattının geçilmesi bakımından dikkate alınmamalıdır.

3.3.3.2 Yaklaşma Hızı

Araç, aşağıdaki iki hızdan daha düşük olanına karşılık gelecek sabit bir hızla AA' hattına yaklaşmalıdır:

- 50 km/saat,
- M_1 sınıfı araçlarda ve motor gücü 225 kW'den büyük olmayan diğer sınıf araçlarda, motorun azami anma gücüne ulaştığı devrin, S, dörtte üçüne eşit motor devrine karşılık gelen hız,
- 225 kW'den büyük motor gücüne haiz olan M_1 sınıfına ait olmayan araçlarda, motorun azami anma gücüne ulaştığı devrin, S, yarısına eşit motor devrine karşılık gelen hız,

Bununla birlikte, ikiden fazla ayrı vites oranı bulunan otomatik vitesli araçlarda ise, deney esnasında birinci vitese bir iniş olursa, imalatçı aşağıdaki test işlemlerinden birini seçebilir:

- Araç hızı, V, böyle bir vites düşüşünü önlemek için azami 60 km/saat'e yükseltilir, veya
- Hız, V, 50 km/saat'te kalır ve motorun yakıt beslemesi tam yük için gerekli yakıt beslemenin % 95'i ile sınırlanır. Bu şart aşağıdakilere uyulduğunda sağlanmış sayılır;
- Kıvılcım ateşlemeli motorda, gaz kelebeği açıklık açısı % 90 olduğunda ve
- Sıkıştırma ateşlemeli motorda, enjeksiyon pompasının merkez dişli milinin hareketi, toplam hareket mesafesinin % 90'ı ile sınırlandığında.

Araçta manuel hız artırıcısı (override) olmayan bir otomatik vites kutusu takılı ise, araç; 30, 40 ve 50 km/saat veya diğerlerinden düşük ise azami yol hızının dörtte üçüne karşılık gelen farklı yaklaşım hızlarında deneye tabi tutulmalıdır. Deney sonucu, en yüksek ses seviyesine yol açan hızda ele edilen değerdir.

3.3.3.3 Vites kademesi seçimi (vites kutusu takılı araçlarda)

Elle kumanda edilen, otomatik olmayan vites kutusu sahip olup dört ileri vitesten daha fazlasına haiz olmayan, manuel olarak kullanılan vites kutusu ile donatılmış M_1 ve N_1 sınıfı araçlar ikinci viteste deneye tabi tutulmalıdır.

Bu sınıflarda, dörtten fazla ileri vitese haiz vites kutusu ile donatılmış araçlar ise sırasıyla ikinci ve üçüncü viteste deneye tabi tutulmalıdır. Sadece normal yol kullanımı için düşünülen toplam vites tahvil oranları dikkate alınmalıdır. Bu iki şartın her biri için ölçülen ses seviyelerinin aritmetik ortalaması hesaplanmalıdır.

İkinci vitesteki deney esnasında motor devri; motorun azami anma gücünü veren S motor devrini geçerse, deney, S motor devrini aşmayacak değere ulaşana kadar % 5'lik adımlarla hız azaltılarak yaklaşma hızı ve/veya yaklaşmadaki motor devriyle deney tekrar edilmelidir.

Motor devri "S", rölanti devrine karşılık gelen yaklaşma motor devrinde ulaşılırsa, deney yalnız üçüncü viteste yapılmalı ve ilgili sonuçlar değerlendirilmelidir.

Ancak, dörtten fazla ileri vitese sahip olan, 140 kW'den daha fazla azami güç veren ve izin verilebilir azami-güç/azami-kütle oranı 75 kW/t'u aşan M_1 sınıfı araçlar, üçüncü viteste aracın arkasının BB' hattını geçme hızı 61 km/saat'ten büyük olmak şartıyla, yalnız üçüncü viteste deneye tabi tutulmalıdır.

Toplam ileri vites oranı x (yardımcı vites kutusu veya çok katlı sürüş dingili vasıtasıyla elde edilen oranlar dahil) olan, M_1 ve N_1 sınıfları dışında kalan araçlar, x/n'e eşit veya daha yüksek oranlar sırasıyla kullanılarak deneye tabi tutulmalıdır. Motor gücü 225 kW'dan düşük araçlar için n=2 olarak alınmalı, motor gücü 225 kW'dan büyük araçlar için n=3 olarak alınmalıdır.

Deney sonucu, en yüksek ses seviyesini veren orandan elde edilen değer olacaktır.
BB' hattını geçerken, motorun ölçülen azami devrine ulaştığı motor devri S'e karşılık gelen X vitesinde x/n'den olan vites değiştirmelere son verilmelidir.
Farklı toplam vites tahvil oranı olan araçlarda (farklı sayıda vitesi içeren), deney aracının tipi temsili aşağıdaki şekilde belirlenir:

- En yüksek ses seviyesi x/n ve X oranlı arasında elde edilirse, seçilen aracın, o tipi temsil ettiği kabul edilir.
- En yüksek ses seviyesi x/n oranında elde edilirse, seçilen araç sadece x/n'den daha düşük toplam vites tahvil oranına sahip olan araçların tipini temsil ettiği kabul edilir.
- En yüksek ses seviyesi X oranında elde edilirse, araç sadece X'de toplam vites tahvil oranı, daha yüksek olan araçların tipini temsil ettiği kabul edilir.

Ancak, başvuranın talebi doğrultusunda, deneyler öngörülenden daha fazla oranlara genişletilirse ve en yüksek ses seviyesi denenen ekstrem oranlar arasında elde edilirse, o araç, tipi temsil ettiği kabul edilir.

Manuel hız artırıcısı takılı otomatik vites kutusu olan araçlarda test**,** normal sürüş için imalatçı tarafından tavsiye edilen seçici "normal" sürüş konumda iken yapılır. Harici vites düşürücü (ör. Kickdown) devre dışı bırakılmalıdır .

3.4 Sonuçların Yorumlanması

Ölçme aletlerinde hataları hesaba katmak için, her ölçümden elde edilen sonuç, ölçüm okumasından 1 dB(A) düşülmek suretiyle belirlenir.
Aracın aynı tarafında ard arda iki ölçüm arasındaki fark 2 dB(A)'yı aşmazsa, ölçümler geçerli sayılır.

Ölçülen en yüksek ses seviyesi deney sonucunu oluşturmalıdır. Sonuç, deneye tabi tutulan araç sınıfı için izin verilebilir azami ses seviyesini 1 dB(A) kadar aşarsa,

karşılık gelen mikrofon konumunda iki ölçme daha yapılmalıdır. Böylelikle, mikrofon konumunda elde edilen dört ölçümün üçü belirtilen sınırlar içinde kalmalıdır.

3.5 Duran Aracın Ses Seviyesi

3.5.1 Araç Civarındaki Ses Seviyesi

Kullanımdaki araçların müteakip kontrolünü kolaylaştırmak için, ses seviyesi, aşağıdaki şartlara uygun olarak egzoz sistemi çıkışına yakın ölçülmeli ve ölçüm sonuçları raporda belirtilmelidir**.**

3.5.2 Ölçme Aletleri

3.5.2.1 Akustik Ölçümler

Ölçmeler için bu Ekin madde daha önce belirtilmiş bir hassas ses seviye ölçme cihazı kullanılmalıdır.

3.5.2.2 Motor Hızının Ölçülmesi

Motor devri, % 3 veya daha iyi doğruluğu olan bir takometre (devir saati) vasıtasıyla belirlenir. Takometre, araca takılı olan olmayabilir.

3.5.3 Ölçüm Şartları

3.5.3.1 Test yeri

Önemli akustik parazite maruz olmayan herhangi bir saha, deney yeri olarak kullanılabilir. Beton, asfalt veya diğer sert yüzeyli ve üst seviyede yansıtıcılığı olan düz yüzeyler özellikle uygundur; sıkıştırılmış topraktan oluşan yüzeyler kullanılmamalıdır.

Deney yeri, kenarları aracın yanlarından en az 3 m uzaklıkta olan bir dikdörtgen şeklinde olmalıdır. Bu dikdörtgen, örneğin sürücü ve gözlemci haricinde bir diğer şahıs gibi. herhangi önemli engel içermemelidir, Araç, yukarıda belirtilen dikdörtgenin içinde, mikrofon herhangi bir kaldırım taşından en az 1 m uzakta olacak şekilde konumlandırılmalıdır.

3.5.3.2 Ortam Gürültüsü ve Meteorolojik koşullar

Ölçümler kötü hava koşullarında yapılmamalıdır. Sonuçların rüzgar esintilerinden etkilenmemesi sağlanmalıdır.

Çevre gürültüsü ve rüzgar tarafından ölçme aleti üzerinde oluşturulan okumalar, ölçülecek ses seviyesinin en az 10 dB(A) altında olmalıdır. Mikrofonun hassasiyeti üzerindeki etkisini dikkate almak şartıyla, mikrofona uygun bir rüzgar siperliği takılabilir.

3.5.3.3. Aracın Durumu ve Ölçme yöntemi

Ölçmeler başlamadan önce, araç motoru normal çalışma sıcaklığına getirilmelidir. Araca, otomatik harekete geçen fan (fanlar) takılı ise, ses seviyesi ölçmeleri esnasında bu sistemin etki etmemesi sağlanmalıdır.Ölçmeler esnasında, vites kolu nötr pozisyonda olmalıdır.

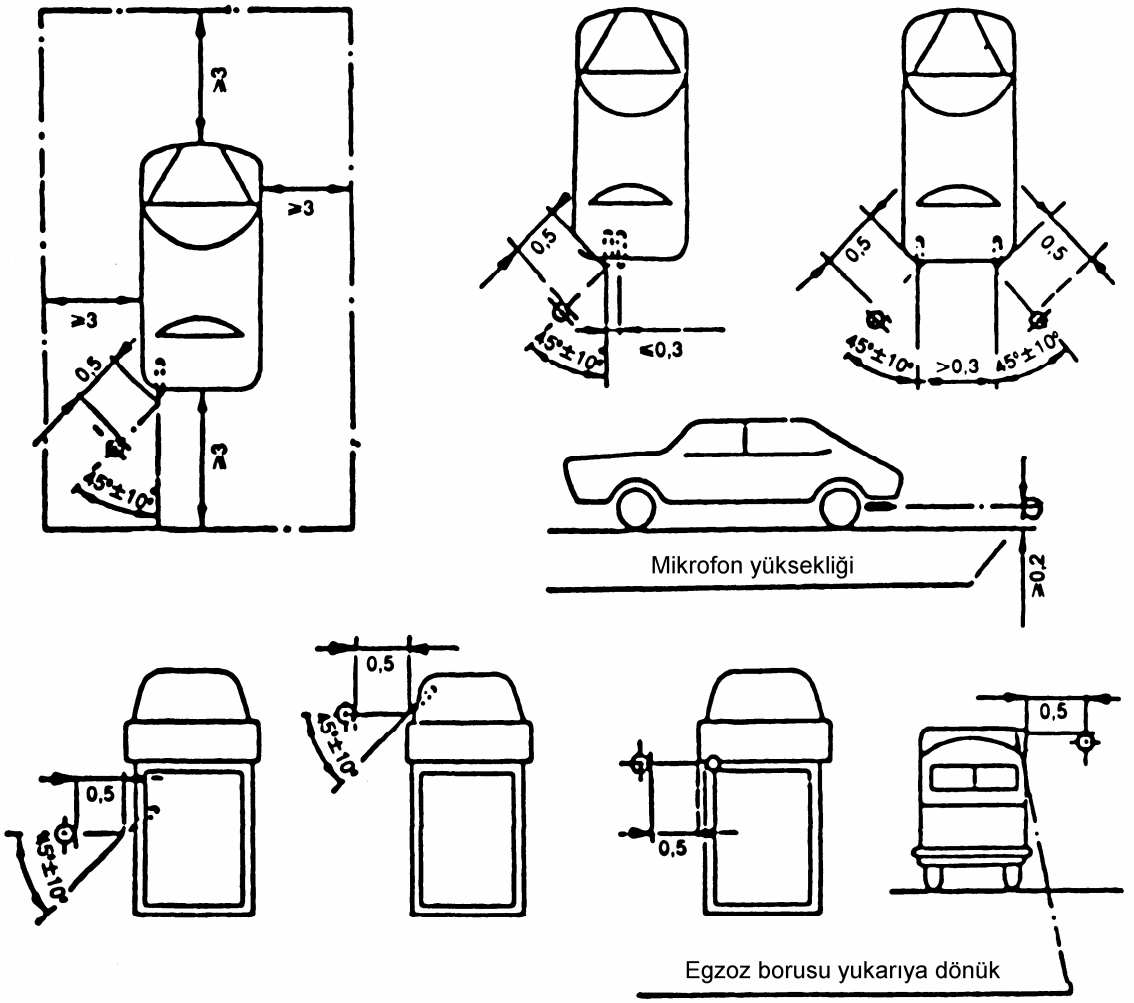
A-ağırlıklı desibel (dB(A)) cinsinden ifade edilen azami ses seviyesi için en az üç ölçme yapılmalıdır.

3.5.3.4. Mikrofonun Konumu

Mikrofon, egzoz çıkışı ile aynı seviyede veya deney pisti yüzeyinden 0.2 m yüksekliğe yerleştirilmelidir.(Hangisi daha yüksekse). Farklı durumlar için mikrofonun konumu şekil 3.2'de görülmektedir. Mikrofon diyaframı, egzoz sistemi çıkışından 0.5 m mesafede ve egzoza bakacak şekilde konumlandırılmalıdır. Mikrofonun azami hassasiyet ekseni, egzoz gazlarının çıktığı istikametin tanımladığı düşey düzleme 45° ± 10° 'lik bir açıda, pist yüzeyine paralel olmalıdır.

Mikrofon, aracın dış hatları ile mikrofon arasında mümkün olan en büyük mesafeyi sağlayan bu düşey düzlemin kenarında konumlanmalıdır.

Egzoz sisteminin, merkezleri birbirinden 0.3 m'den daha uzak olmayan ve aynı susturucuya bağlı birkaç çıkışı varsa, mikrofon araç dış hattına en yakın çıkışa veya pist yüzeyinden en yüksekte olan çıkışa dönük olarak bakacak şekilde konumlandırılmalıdır. Diğer tüm durumlarda, her biri için ayrı ölçüm yapılmalı ve kaydedilen en yüksek rakam, deney değeri olarak alınmalıdır.



Şekil 3.2: Mikrofonun Konumu

Dikey egzoz çıkışlı araçlarda (örneğin ticari araçlar), mikrofon, egzoz çıkışı ile aynı seviyeye, yukarıya dönük olacak şekilde ve ekseni düşey olarak konumlanmalıdır. Aracın egzoz çıkışına en yakın kısmından 0.5 m uzaklığa yerleştirilmelidir.

Aracın tasarımı; ölçümler yapılırken, aracın parçası olan bazı engellerin (örneğin stepne, yakıt deposu, akü bölmesi) varlığı nedeniyle, mikrofonun Şekil 3.2'de belirtildiği şekilde yerleştirilmesine engel oluyorsa mikrofonun bulunduğu konumu açıkça gösteren bir çizim yapılmalıdır. Mümkün olduğu kadar, mikrofon en yakın engelden 0.5 m'den daha uzak olmalı ve azami hassasiyet ekseni, yukarıda belirtilen engeller tarafından en az gizlenecek konumda egzoz çıkışına dönük olmalıdır.

3.5.3.5. Motoru Çalıştırmanın Şartları

Motor devri, motorun azami anma gücüne ulaştığı devrin (S) dörtte üçünde sabitlenmelidir.

Sabit motor devrine ulaşıldığında, gaz kelebeği hızla rölanti konumuna getirilmelidir. Ses seviyesi, kısa süreli sabit motor devrinde ve tam yavaşlama periyodunun tamamından oluşan bir çalıştırma süresi esnasında ölçülmeli, azami ses seviyesi okuması deney sonucu olarak alınmalıdır.

3.5.4. Sonuçlar

En yakın desibele yuvarlatılan okumalar, ölçme aletinden alınmalıdır. Sadece, birbirini takip eden üç ölçmeden elde edilen değerlerden, sadece birbirinden 2 dB(A)'dan daha fazla farklılık göstermeyen değerler dikkate alınmalıdır.
Bu üç değerin en yükseği deney sonucunu oluşturmalıdır.

4. ÖLÇÜM YÖNTEMİ B

Araçların ses seviyelerinin ölçülmesi için BM/AEK tarafından 18 Haziran 2007 tarihinde yayınlanan ECE R 51 regülasyonun 2. ekinin 5. ilavesine göre yeni tip araçlar için tip onayına başvurulduğu takdirde 01 Temmuz 2007 tarihinden itibaren 2 yıl süreyle bilgi ve istatistiksel olarak yine aynı regülasyonun 10. ekinde tarif edilmiş yeni ölçüm yöntemine göre de araçların test edilip ölçüm sonuçlarının BM/AEK'ya bilgi amaçlı gönderilmesi gerekmektedir. Bu düzenlemenin nedeni; aynı aracın yeni yöntem ve eski yöntem ile ölçülen ses seviyelerindeki farkı belirleyip mevcut limitlerde değişiklik yapılacağı olarak tahmin edilmektedir. Bu bölümde Ölçüm Yöntemi B detaylı tarif edilmiştir [10].

4.1 Tanımlar

Yeni ölçüm yöntemiyle birlikte yeni parametreler belirlenmiş ve yeni tanımlar yapılmıştır. Bu tanımlar ve parametreler bu bölümde detaylı olarak açıklanmıştır.

4.1.1 Güç Kütle Oranı (PMR-Power to Mass Ratio)

Aracın motor gücünün kütlesine oranını ifade etmektedir. Bu oran hesaplanırken motor gücü birimi kW, kütle birimi kg olarak alınır. Bu oran yeni yöntem ile diğer parametrelerin hesaplanmasında kullanılacak olan en önemli ve ana parametredir. Aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir.

$$PMR = (P_n / m_t) \times 1000 \text{ kg/kW} \quad \textbf{(4.1)}$$

4.1.2 Referans Nokta (Reference Point)

Referans nokta, aracın üzerinde yer alan ve konumu aracın kategorisine ve moturun araç üzerindeki yerine göre değişiklik gösteren bir noktadır. Ölçüm yöntemi B ile testler gerçekleştirilirken aracın ivmelenmeye başlayacağı ve ivmelenmenin sonlandırılacağı konumun belirlenmesinde kullanılmaktadır. Referans noktanın

konumu teknik düzenlemede belirtilmiştir. Araç kategorisine göre belirlenmiş referans noktanın konumu aşağıdaki gibidir.

M_1, N_1 kategori araçlar için,

- Motorun önde olduğu araçlar : Aracın önü;
- Motorun ortada olduğu araçlar : Aracın ortası;
- Arkadan motorlu araçlar : Aracın arkası;

M_2, M_3, N_2, N_3 kategori araçlar için,

- Motorun aracın önüne yakın olan noktası olarak tanımlanmaktadır.

4.1.3 Hedef İvmelenme (Target Acceleration)

Diğer önemli bir parametre ise hedef ivmelenmedir. İstatistiksel sonuçlara göre türetilmiş bir ifadededir. Aracın şehir içi trafikte kısmi yüklerdeki ivmesini belirlemek için kullanılır ve PMR değerine göre hesaplanan bir parametredir. Yeni yöntem ile test gerçekleştirilirken sağlanan ivme hedef ivmelenmemenin altında olmaması gereklidir. 4.2 numaralı denklem ile hesaplanır ve a_{urban} sembolüyle ifade edilir.

$$a_{urban} = 0{,}63 \times \log 10\,(PMR) - 0{,}09 \qquad \textbf{(4.2)}$$

4.1.4 Referans İvmelenme (Reference acceleration)

Aracın ölçüm yöntemi B ile test edildiği durumda test esnasında sahip olması gereken ivmenin değeridir. İstatistiksel sonuçlara göre türetilmiş bir ifadedir. Vites kademesi seçilirken hesaplamalara katılan önemli bir parametredir. 4.3 ve 4.4 numaralı denklemler ile hesaplanır ve a_{wotref} sembolüyle ifade edilir.

$$PMR \geq 25 \Rightarrow a_{wot\ ref} = 1{,}59 \times \log 10\,(PMR) - 1{,}41 \qquad \textbf{(4.3)}$$

$$PMR < 25 \Rightarrow a_{wot\ ref} = 0{,}63 \times \log 10\,(PMR) - 0{,}09 \qquad \textbf{(4.4)}$$

4.1.5 Kısmi Güç Faktörü (Partial Power Factor)

M_1 ve N_1 kategorisi araçlar için ivme testi ve sabit hız testinden elde edilen ses seviyesi değerlerinin tek bir sonuca indirgenmesi için kullanılan boyutsuz bir ifadedir. Kısmi güç faktörü 4.5 ve 4.6 denklemleri kullanılarak belirlenir. Testin

yapıldığı vites kademesi sayısına göre farklılık gösteren bu ifade aşağıdaki k_p sembolüyle ifade edilir.

Çok vites ile testin gerçekleştirildiği durumda

$$k_p = 1 - (a_{urban} / a_{wot\ ref}) \quad \textbf{(4.5)}$$

Tek vites ile testin gerçekleştirildiği durumda

$$k_p = 1 - (a_{urban} / a_{wot\ test}) \text{ , } a_{wot\ test} < a_{urban} \text{ , } k_p = 0 \quad \textbf{(4.6)}$$

4.1.6 Ön İvmelenme (Pre-acceleration)

İvme testi gerçekleştirilirken aracın test esnasında gereken sabit ivmenin sağlanması ve değerinin tespit edilmesi için yapılması gereken testlere ön ivmelenme olarak tanımlanmaktadır. Araçlarda sabit ivme koşulu sağlanması kolay olmayan bir durumdur bu nedenle ön ivmelenme testleri yapmak oldukça önemli ve gerekli bir durumdur. Gerek içten yanmalı motorların genel karakteristiği gerek diğer düzgünsüzlükler sağlanan ivmelenmenin dalganmasına ve değişim göstermesine neden olmaktadır. Ön ivmelenme yeni yöntem ile birlikte özellikle M_1 ve N_1 kategori araçlar için sabit ivme koşullarının sağlanması ve test sırasındaki uygulanacak ivmenin bulunması için mecburen uygulanması gereklidir.

4.2 Ölçüm Ekipmanları

Bu bölümde ölçüm yöntemi B ile test gerçekleştirirken kullanılacak test ekipmanlarının teknik düzenlemede belirtilen özellikleri anlatılacaktır.

4.2.1 Akustik Ölçüm Ekipmanları

Ses seviyesi ölçüm cihazı veya aynı özelliklerde başka bir ekipman Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) yayını olan "IEC 61672-1:2002: Hassas ses seviyesi ölçerleri" 2 nci baskısında belirtilen tipte bir hassas seviye ölçer olmalıdır. Ölçümler, ses seviye ölçümleri "çabuk" tepki ve "A" ağırlık eğrisini kullanarak zaman ölçümleri "F" ağırlık eğrisini kullanarak yapılmalıdır. Eğer sistem A ağırlıklı ses seviyesini periyodik görüntüleme özelliliğini içeriyorsa okuma zaman aralığı 30 ms' den fazla olmamalıdır. Ekipman imalatçının belirlemiş olduğu koşullara göre kalibre edilmelidir. Ayrıca ekipmanlar 12 aylık period için pistonfon gibi kalibrasyon

cihazlarıyla, 24 aylık period için yetkili laboratuvar tarafından kalibrasyonun yapılmış olması gereklidir.

4.2.2 Hız Ölçüm Ekipmanları

Motor hızı ölçümlerinin en az ± 2% doğrulukla ölçüm yapan bir ekipmanla yapılması gereklidir. Araç hızı, sürekli ölçüm yapabilen ve en az ±0,5 km/sa doğrulukla ölçüm yapabilen bir ekipmanla yapılmalıdır. Eğer araç hızı araçtan bağımsız bir ekipmanla gerçekleştiriliyorsa en az ± 0.2 km/sa doğrulukla ölçüm yapabilen bir ekipmanla yapılmalıdır.

4.2.3 Meteorolojik Ölçüm Ekipmanları

Test esnasında hava koşullarının gözlemlenebilmesi için kullanılacak olan ekipmanlar aşağıdaki parametreleri belirtilen doğrulukla ölçebilecek özellikleri sağlamalıdır.

a) Sıcaklık ölçümleri ± 1 ^{0}C ,

b) Rüzgar hızı ölçümü ± 1 m/s,

c) Basınç ölçümü ± 5 hPa,

d) Bağıl nem ölçümü ± 5%,

4.3 Test Yeri ve Ölçüm koşulları

Deney yeri, büyük ölçüde düz, deney pisti ile çevrili bir merkezi ivmelenme (hızlanma) bölümünden oluşmalıdır. İvmelenme bölümü düz olmalı, pist yüzeyi kuru ve yuvarlanma gürültüsünü düşük tutacak şekilde olmalıdır.

Deney pisti, ses kaynağı ile mikrofon arasındaki serbest ses alanı şartları 1 dB dahilinde kalacak şekilde olmalıdır. İvmelenme bölümünün merkezinden 50 m'lik bir mesafe içinde çit, kayalık, köprü veya bina gibi ses yansıtan büyük nesneler bulunmazsa, bu koşullar karşılanmış kabul edilebilir. Test yerinin yüzeyi, teknik düzenlemede belirtilen özelliklere uymalıdır.

Mikrofon çevresinde ses alanını etkileyebilecek hiçbir engel bulunmamalı ve ses kaynağı ile mikrofon arasında hiç kimse durmamalıdır. Ölçümleri yapan gözlemci, aletin ölçüm okumalarını etkilemeyecek bir konumda bulunmalıdır.

Ölçümler elverişsiz hava koşullarında yapılmamalıdır ve sonuçlar rüzgardan etkilenmemelidir. Meteorolojik ölçüm ekipmanı 1,2m ± 0,02 m yüksekliğinde test

alanına uygun şekilde yerleştirilmelidir. Ölçümler ortam hava sıcaklığının 5 ^{0}C ile 40 ^{0}C arasında olduğu koşullarda ve rüzgar hızının 5 m/s'nin altında olduğu durumlarda gerçekleştirilmelidir. Ölçüm sıcaklığı rüzgar hızı ve doğrultusu, nem oranı ve barometric basınç ölçüm boyunca kaydedilmelidir.

Ölçüm sırasında karşılaşılan sıradışı gürültü değerleri ölçümler alınırken kaydedilmemelidir. Arka plan gürültüsü ölçümden 10 saniye önce ve 10 saniye sonrası için kaydedilmelidir. Kayıt işlemi araç gürültüsünü ölçen mikrofonlarla ve aynı pozisyonda gerçekleştirilmelidir. A ağırlıklı maksimum ses basıncı değeri kaydedilmelidir.

Rüzgar gürültüsünü içeren arka plan gürültüsü taşıt tarafından üretilen "A" ağırlıklı gürültü seviyesinin en az 10 dB altında olmalıdır. Eğer fark 10 dB(A) ile 15 dB(A) arasında ise aşağıdaki Tablo 4.1'de belirtilen düzeltme değerleri kullanılmalıdır.

Tablo 4.1: Düzeltme Faktörü

Ortam gürültüsüyle ölçülen gürültünün farkı	dB(A)	10	11	12	13	14	15
Düzeltme	dB(A)	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0

4.4.Taşıt

Taşıtlar teknik düzenlemenin belirttiği koşulları sağlamalıdır. Ölçümler ayrılabilme özelliği olmayan istisna araçlar dışında herhangi bir römork takılı olmadan gerçekleştirilmelidir.

Test esnasında araç üzerinde kullanılacak olan lastikler üretici tarafından belirlenmiş ve ticari olarak pazarda bulunabilen özelliklerde olmalıdır. Gürültü seviyesinde lastik gürültüsünün etkisi önemli olduğu için lastik-yol gürültüsüyle ilgili olan regülasyon 117 dikkate alınmalıdır. Kar lastikleri ve özel lastikli araçlar üretici tarafından istenildiği takdirde üretimin uygunluğu testleri ve tip onayı testleri için kullanılmaz.

Test esnasında kullanılacak lastikler taşıt üreticisi tarafından önerilen hava basıncıyla şişirilmelidir. Test lastiklerinin diş derinliği, hiç kullanılmamış lastik diş derinliğinin en az 80%'i kadar olmalıdır.

Test ağırlığı (m_t) araç kategorisine göre Tablo 4.2'de belirtilen koşulları karşılamalıdır.

Tablo 4.2: Araçların Sağlaması Gereken Test Ağırlıkları

Araç Kategorisi	**Araç Test Ağırlığı**
M_1	Aracın boş ağırlığı + 75kg = $m_{(ro)}$
N_1	Aracın boş ağırlığı + 75kg = $m_{(ro)}$
N_2, N_3	Motor gücüne göre kW başına 50 kg olmalıdır Test ağırlığına ulaşmak için yapılan ekstra yükleme aracın tahrikli dingilinin üzerine konumlandırılmalıdır.Ektra yükleme arka aksın izin verilebilir kapasitesinin 75%'den fazla olmamalıdır. Test ağırlığı 5% toleransla sağlanmalıdır. Eğer yüklemenin ağırlık merkezi arka aksın merkezi ile hizalanamazsa , test aracının ağırlığı ön ve arka dingil boş ağırlığının toplamından fazla olmamalıdır. İki akstan fazla aks sayısına sahip araçlarda yükleme koşulları iki akslı aracın yükleme koşulları ile aynı olmalıdır.
M_2, M_3	m_t= $m_{(ro)}$ – ekip ağırlığı(uygulabilirse)

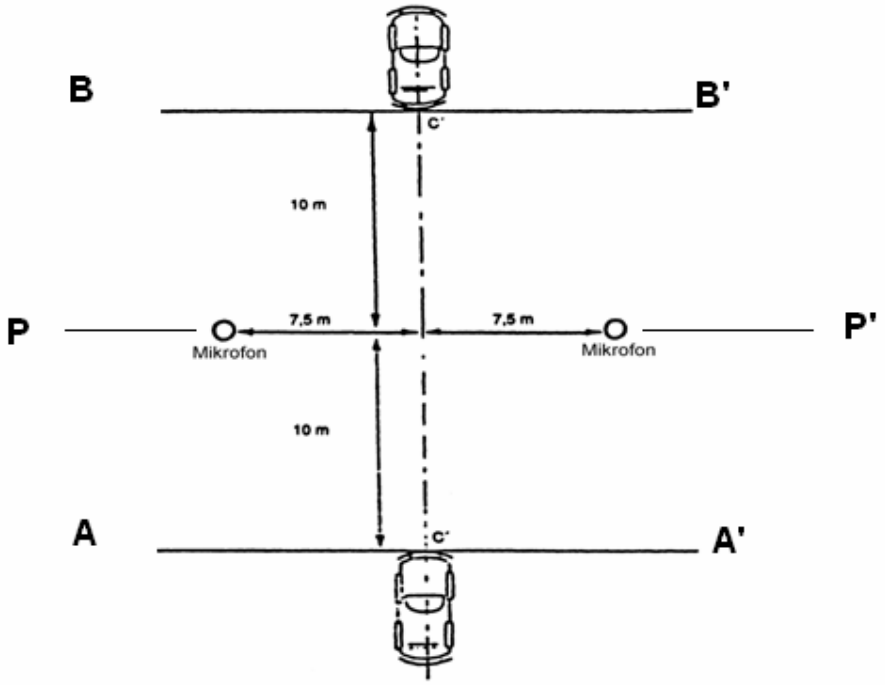
Test öncesi aracın motoru normal kullanım koşullarına getirilmelidir. Eğer araç ikiden fazla dingilden tahrikli ise normal yol şartları için tasarlanmış haliyle test edilmelidir. Araç üzerinde bulunan fan veya otomatik devre elemanlarının test sırasında çalışmaması sağlanmalıdır. Aracın egsoz sisteminde lifli malzeme kullanılmış ise teknik düzenlemenin Ek 5'inde belirtilmiş şekilde teste hazır hale getirilmelidir.

4.5 Ölçüm Yönteminin Uygulanma Şekli

Bu bölümde testlerin gerçekleştirileceği test pistinin özellikleri, aracın özellikleri, ivme hesaplamalarının nasıl yapılması gerektiği ve hangi vites ile testlerin gerçekleştirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Test pisti Şekil 3.1 ve Şekil 4.1'de belirtilen boyutlarda ve özelliklerde olmalıdır. AA' ve BB' çizgileri PP' çizgisinin 10 metre önünde ve arkasında konumlandırılmalıdır.

Aynı koşullarda gerçekleştileren 4 adet test sonucu oluşan ses seviyesi ölçümü aracın her iki tarafında her bir vites kademesi için yapılmalıdır. Teste hazırlık amaçlı yapılmış ön ölçümler dikkate alınmaz. Mikrofonlar aracın her bir yanına PP' çizgisi üzerinde CC' referans hattından 7.5 ± 0.05 m uzaklığa, yerden 1.2 ± 0.02 m yüksekliğe yerleştirilmelidir.



Şekil 4.1: Test Pisti

4.5.1 M_1, M_2<3500 Kg, N_1 Kategori Araçlar İçin Test Koşulları

Aracın tüm ölçümler boyunca boylamasına orta düzlemi CC' hattına mümkün olduğunca yakın olacak şekilde, ivmelenme bölümü üzerinde düz bir hat boyunca sürülmelidir. Aracın simetri ekseni ile test pistinin simetri ekseni CC', aracın ön tarafının AA' eksenine yaklaşması ve aracın arka kısmının BB' eksenini geçene kadar mümkün olduğu kadar kesişmelidir. Eğer aracın iki aksından fazlası tahrikli ise normal yol kullanım koşulları ile test edilmelidir.

Eğer araç takviyeli düz vites sistemi veya birden fazla diferansiyelli aksa sahip ise, normal şehir kullanım koşullarıyla test edilmelidir. Tüm durumlar için yavaş hareket,

park veya frenleme vites oranları ihmal edilmelidir. Test aracı Tablo 4.1 göre uygun ağırlıkta olmalıdır.

Araç PP' noktasında test hızı (V_{test}) 50 km/sa ±1 km/sa'e ulaşacak şekilde ivme ve vites kademesiyle test edilmelidir.
Aracın güç kütle oranı 4.1 denklemine göre hesaplanmalıdır. PMR ivme hesaplanmalarında kullanılacaktır.

4.5.1.1 İvme hesapları

İvme hesaplaması sadece M_1, M_2<3500 kg, N_1 kategori araçlar için geçerlidir.

Tüm ivmeler test pistinde aracın farklı hızları kullanılarak hesaplanır. 4.7 numaralı denklem $a_{wot\ i}$, $a_{wot\ i+1}$, $a_{wot\ test}$ ivmelerinin hesaplanması için kullanılır. Hızlar aracın referans noktasının AA' ve PP' çizgilerinden geçtiği noktadaki ($V_{AA'}$ ve $V_{PP'}$) değerleridir. BB' noktasındaki hız ($V_{BB'}$) aracın arkasının BB' referans çizgisinden geçtiği hız değeridir. Hızların tespiti için kullanılan yöntem test raporunda belirtilebilir.

Referans noktası aracın uzunluğuna (l_{veh}) göre ifade edilir.Eğer referans noktası aracın önü ise $l = l_{veh}$, ortası ise $l = ½\ l_{veh}$, arkası ise $l = 0$'dır.

Sabit vites oranlı düz vites, otomatik vites, uyarlamalı vites ve sürekli değişken oranlı transmisyonlu (CVT) araçlar için $a_{wot\ test}$ vites belirlenmesi için yapılan ve geçerli olan 4 adet $a_{wot\ test,i}$ ölçümün ortalamasıdır. Ön ivmelenme testleri kullanılabilir. AA' noktasından önce ivmelendiriciye basıldığı nokta test raporunda belirtilebilir.

Sabitlenemeyen vites oranlı otomatik vites, uyarlamalı vites ve değişken oranlı transmisyonlu (CVT) araçlar için $a_{wot\ test}$ vites belirlenmesi için yapılan ve geçerli olan 4 adet $a_{wot\ test,i}$ ölçümün ortalamasıdır. Test koşullarını karşılamak amacıyla şanzıman kontrolü için teknik düzenlemede belirtilmiş özellikte ekipmanlar veya yöntemin kullanıldığı durumlarda $a_{wot\ test}$ aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmalıdır. Ön ivmelenme testleri yapılabilir.

$$a_{wot\ test} = ((V_{BB'} / 3.6)^2 - (V_{AA'} / 3.6)^2) / (2 \times (20+l)) \quad \textbf{(4.7)}$$

Test koşullarını karşılamak amacıyla şanzıman kontrolü için teknik düzenlemede belirtilmiş özellikte ekipmanlar veya yöntemin kullanılmadığı durumlarda $a_{wot\ test}$ aşağıdaki formül kullanılarak bulunmalıdır. Ön ivmelenme testleri kullanılabilir.

$$a_{wot\ test\ PP'-BB'} = ((V_{BB'} / 3.6)^2 - (V_{AA'} / 3.6)^2) / (2 \times (10+l)) \quad \textbf{(4.8)}$$

İvmelendiricinin kullanıma başlandığı konum taşıtın referans noktasının AA' noktasını geçtiği nokta olmalıdır.

Hedef ivmelenme 4.2 denklemi kullanılarak hesaplanmalıdır.

Referans ivmelenme, PMR değerine göre 4.3 veya 4.4 denklemleri kullanılarak hesaplanmalıdır.

4.5.1.2 Kısmi Güç Faktörü

Kısmi güç faktörü (k_P), M_1 ve N_1 kategori araçlar için ivmelenme testi sonucu ile sabit hız testi sonucunun ağırlıklı kombinasyonunun hesaplanması için kullanılır.

Tek vites oranının kullanıldığı durumların dışında $a_{wot\ test}$'in yerine $a_{wot\ ref}$ kullanılır.

4.5.1.3 Vites Oranı Seçimi

Test için kullanılacak vites kademelerinin seçimi tam gaz ivmelenme testi için ampirik formüllerle hesaplanan referans ivmelenmenin ($a_{wot\ ref}$) sağlanması için her bir vites kademesinde tam gaz koşullarında sağlanan referans ivme (a_{wot}) değerine dayanmaktadır.

Bazı araçların şanzımanları için farklı yazılım veya durumları vardır.(Spor, Kış, Uyarlanabilir). Eğer bir araç ivmelenmeyi sağlayacak farklı durumları varsa , araç üreticisi teknik servise bu durumu ispatlamalıdır ve araç $a_{wot\ ref}$ ivmelenme değerine en yakın ivmeyi verecek durumda test edilmelidir.

Sabit vites oranı sağlayabilen düz şanzımanlı , otomatik şanzımanlı, uyarlanabilir şanzımanlı ve değişken oranlı şanzımanlı (CVT) araçlarda vites seçimi için aşağıdaki kriterler sağlanana ön testler uygulanmalıdır.

a) Belli bir vites değerindeki ivme 2.0 m/s^2 değeri geçmiyorsa ve $a_{wot\ ref}$ değerine ± 5% tolerans bandında yaklaşıyorsa o vites kademesi test için seçilir.

b) Hiçbir vites değeri bu şartı sağlamıyorsa referans ivmenin üst ve alt değerlerini veren i ve i+1 vites kademeleri seçilir. Eğer; seçilen viteslerdeki ivme değerleri 2.0 m/s^2 geçmiyor ise o zaman her iki vites değeri de kullanılır. Farklı iki viteste test gerçekleştiriliyorsa; 4.9 denklemi ile hesaplanan k düzeltme katsayısı kullanılır.

$$k= (a_{wot\ ref} - a_{wot\ (i+1)}) / (a_{wot(i)} - a_{wot\ (i+1)}) \quad (4.9)$$

c) Eğer i vitesinin ivmelenme değeri 2.0 m/s^2 büyükse , 2.0 m/s^2 ivmeden küçük ivme değerini veren ilk vites oranı i vites oranı, i+1 vites oranı a_{urban} ivme oranından küçük ivme değeri vermedikçe seçilir.Bu durumda i ve i+1 vitesleri 2.0 m/s^2 ivme değerini veren vites oranını içerirsede kullanılır. Diğer durumlarda başka bir vites oranı kullanılmaz. Test boyunca sağlanmış ivmelenme $a_{wot\ ref}$ kısmi güç faktörü k_p nin hesaplanmasında $a_{wot\ ref}$ yerine kullanılır.

d) Eğer şanzıman sadece bir vites oranının kullanılacağı durumda ise test bu vites oranıyla gerçekleştirilir.Sağlanmış ivmelenme değeri kısmi güç faktörü k_p nin hesaplanmasında $a_{wot\ ref}$ yerine kullanılır.

e) Eğer araç BB' çizgisini geçtiği noktada azami gücü veren motor hızını geçen viteslerde bir sonraki vites oranı seçilir.

Sabitlenemeyen vites oranlı otomatik vites, uyarlanabilir vites ve değişken oranlı transmisyonlu (CVT) araçlar için vites seçimi yapılırken, tam otomatik çalışma konumu kullanılabilir.İvmelenme değeri $a_{wot\ test}$ daha önce 4.7 ve 4.8 denklemleriyle hesaplanabilir. Test düşük aralık ve yüksek ivmelenme sağlayan viteste yapılabilir. Yüksek aralık ve düşük ivmelenme sağlayan vitese geçilmesine izin verilmez. Şehir trafiğinde kullanılmayan vitese geçilmesine izin verilemez. Bundan dolayı şehiriçinde kullanılmayan viteslere geçilmesini engelleyen vites değişimini engellemek için elektronik veya mekanik cihazlar kullanılabilir. Gerçekleştirilmiş ivmelenme $a_{wot\ test}$ değeri , a_{urban} değerine eşit veya büyük olabilir. Üretici $a_{wot\ test}$ ivmelenme değerinin 2.0 m/s^2 büyük olmasını engellemek için ölçümler alabilir. Sağlanmış ivmelenme $a_{wot\ test}$ kısmi güç faktörü k_p'nin hesaplanmasında $a_{wot\ ref}$ yerine kullanılır.

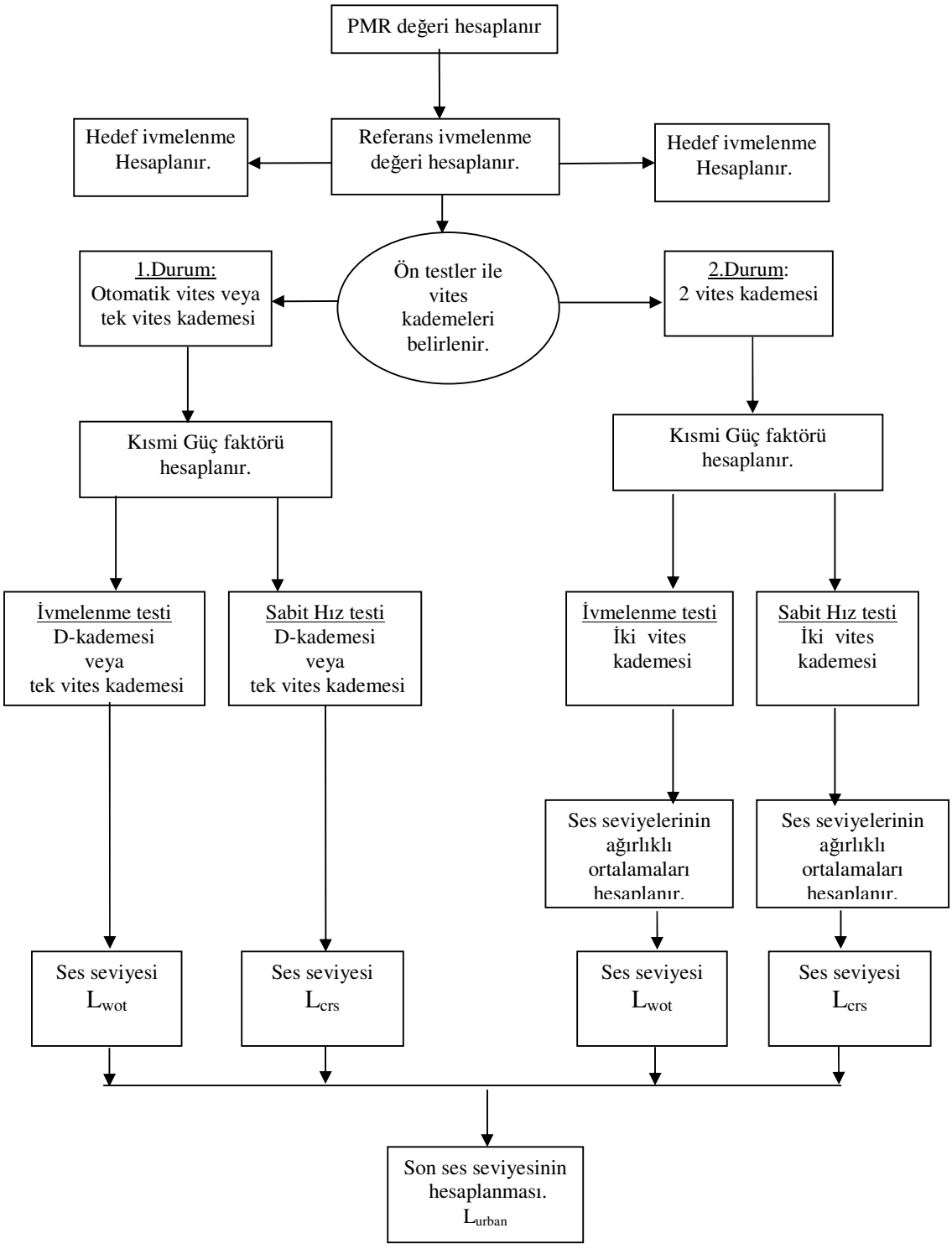
4.5.1.4 İvmelenme Testi

Üretici referans noktasının konumunu AA' çizgisinin önünde tam ivmelenmenin uygulanacağı noktayı belirler. Araç referans noktasının tanımlanmış noktaya geldiği zaman ivmelendiriciye pratik anlamda mümkün olduğunca çabuk basılmalıdır. Aracın arkasının BB' çizgisine gelene kadar ivmelendiriciye sonuna kadar basılı tutulmalıdır. Daha sonra ivmelendirici mümkün olduğunca çabuk serbet bırakılmalıdır. İvmelendiricinin tam basılı olduğu nokta test raporunda ve test bilgilerinde raporlanabilir. Teknik servis bu bilgileri sunma hakkına sahiptir. Şekil 4.2'de M_1, M_2<3500 Kg, N_1 kategori araçlar için akış şeması verilmiştir.

4.5.1.5 Sabit Hız Testi

İvmelenme testinde kullanılan vites kademesinde veya kademelerinde AA' ve BB' noktaları arasında 50 km/sa ±1 km/sa hızla gerçekleştirilmelidir. Sabit hız testi boyunda ivmelendirici sabit hız koşullarını sağlayacak şekilde konumlandırılmalıdır. Eger ivme testinde vites kitlenmişse sabit hız testinde de kitlenmiş olmalıdır.

Sabit hız testi PMR değeri 25'den küçük araçlarda yapılmasına gerek yoktur.

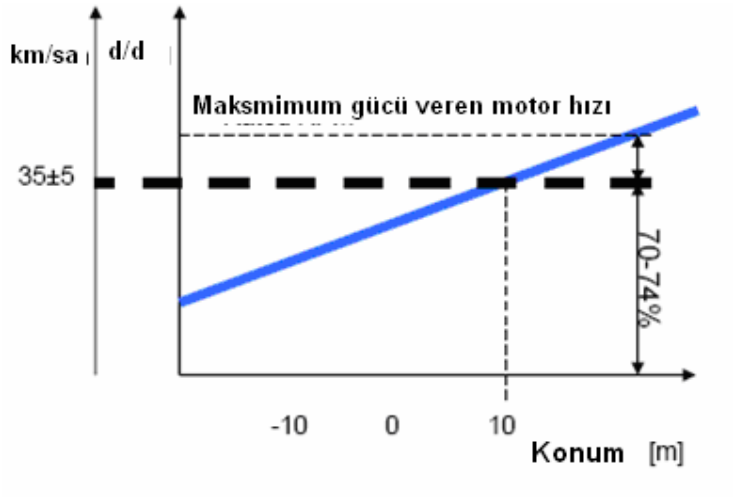


Şekil 4.2: M_1,N_1 ve M_2<3500 kg Kategori Araçlar İçin Akış Şeması

4.5.2 M_2>3500 kg, N_2, M_3, N_3 Kategori Araçlar

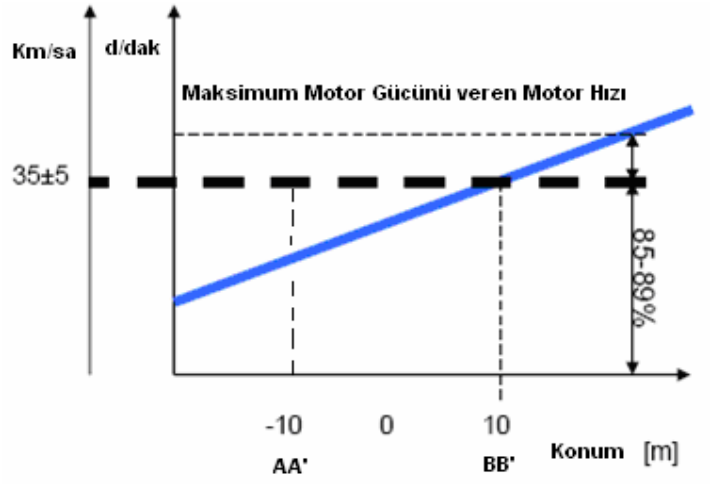
Aracın merkezi, aracın arkasının AA' çizgisinden BB' çizgisini geçene kadar , CC' çizgisini mümkün olduğu kadar yakın takip etmelidir. Test yarı römork veya tam römork olmadan gerçekleştirilmelidir. Eger römok ayrılabilir değilse BB' çizgisini geçerken ihmal edilmelidir. Eger taşıt harç karıştırıcı kompresör gibi ayrılmayan ekipmanlara sahip ise test süresince çalıştırılmamalıdır. Test ağırlığı Tablo 4.2 göre uygun olmalıdır.

M_2>3500 kg, N_2 kategori araçların referans noktası BB' çizgisini geçtiği anda motor devri, aracın azami net gücünü ürettiği motor hızının (S) %70 ila %74'ü arasında olmalıdır. Bu esnada araç hızı ise 35 Km/sa ± 5 Km/sa aralığında olmalıdır. Araç, AA' ve BB' çizgileri arasında sabit ivme koşulunu sağlamalıdır. Şekil 4.3'de konuma göre sağlanması gereken hız koşulları görülmektedir.



Şekil 4.3: N_2 Ve M_2 Kategori Araçların Konum Hız Koşulları

M_3, N_3 kategori araçların referans noktası BB' çizgisini geçtiği anda motor devri, aracın azami net gücünü ürettiği motor hızının (S) 85% ile 89%'u arasında olmalıdır. Bu esnada araç hızı ise 35 Km/sa ± 5 Km/sa aralığında olmalıdır. Araç AA' ve BB' çizgileri arasında sabit ivme koşulunu sağlamalıdır**.** Şekil 4.4'de konuma göre sağlanması gereken hız koşulları görülmektedir.



Şekil 4.4: N_3 Ve M_3 Kategori Araçlar İçin Konum Hız Koşulları

4.5.2.1 Vites Oranı Seçimi

Düz vitesli araçlar için vites kademesi belirlenirken , seçilecek vites kademesi sabit ivme koşulunu sağlanmalıdır. Vites oranı hedef koşullara göre belirlenmelidir. Bir vites kademesinde test hızı belirtilen toleranslardan fazla ise belirtilen hızın altındaki ve üstündeki vitesler olmak üzere iki viteste test gerçekleştirilmelidir.

Eğer birden fazla vites hız koşullarını sağlıyorsa 35 km/sa hıza en yakın vites oranı seçilmelidir. Eğer hiçbir vites oranı koşulları sağlamıyorsa hedef hızın altındaki ve üstündeki iki vites oranında test gerçekleştirilmelidir. Her koşulda motor hızı hedef koşullara ulaşmalıdır. Sabit ivmelenme koşulu sağlanmalıdır eğer sağlanmıyorsa o vites oranı ihmal edilmelidir**.**

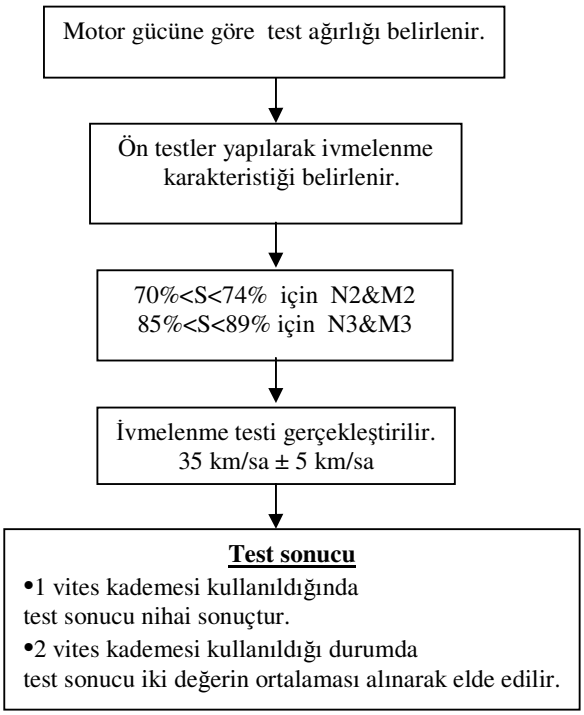
Otomatik şanzıman, adaptive şanzıman ve değişken oranlı şanzımanlı (CVT) araçlar için vites kademesi tespit edilirken tam otomatik çalışan durumlarda vites seçimi yapılabilir. Test düşük aralık ve yüksek ivmelenme sağlayan viteste yapılabilir.yüksek aralık ve düşük ivmelenme sağlayan vitese geçilmesine izin verilmez. Belirlenmiş test koşullarında şehir trafiğinde kullanılmayan vitese geçilmesine izin verilemez. Bundan dolayı şehiriçinde kullanılmayan viteslere geçilmesini ve vites değişimini engelleyen elektronik veya mekanik cihazlar kullanılabilir. Eğer araç sadece test sırasında motor hızını sınırlayan ve tek vites seçimini sağlayan bir şanzıman özelliklerine sahip ise test sadece hedef hızda gerçekleştirimelidir. Eğer araç hedeflenen sağlamayan motor ve şanzıman kombinasyonlarına sahip ise sadece hedef hızda test edilmelidir. Test için hedef hız

($V_{BB'}$) 35 Km/sa ± 5 Km/sa'dir. Yüksek aralık ve düşük ivmelenme durumuna aracın referans noktasının PP' çizgisini geçtikten sonra izin verilebilir. İki test gerçekleştirilmelidir. Test sonu hızının $V_{test} = V_{BB'} + 5$ km/sa ve test sonu hızının $V_{test} = V_{BB'} - 5$ km/sa olmak üzere iki test gerçekleştirilmelidir. Raporda belirtilecek ses seviyesi AA' ile BB' arasında en yüksek motor hızıyla elde edilmiş ses seviyesidir. Şekil 4.5'de bu kategori araçlar için akış şeması görülmektedir.

4.5.2.2 İvmelenme testi

Aracın referans noktası AA' çizgisinden geçtikten sonra ivmelendiriciye sonuna kadar basılmalı (şehir için kullanım koşullarının dışında düşük aralığa geçmesine neden olarak otomatik vites düşme durumu olmadan) ve aracın arkasının BB' çizgisini geçene kadar ivmelendirici sonuna kadar basılı tutulmaldır. Ancak referans noktasının konumu ile BB' noktası arası en az 5 m olmalıdır. Daha sonra ivmelendirici serbest bırakılmalıdır.

Solo araca göre en az iki ayrılamayan uniteye sahip araçlarda yarı römork BB' çizgisinin geçilme durumunun tesbit edilmesi sırasında ihmal edilir**.**



Şekil 4.5: M_2,N_2, M_3 Ve N_3 Kategori Araçlar İçin Akış Şeması

4.5.3 Sonuçların Yorumlanması

AA' ve BB' çizgisi arasında belirlenen maksimum A ağırlıklı ses basıncı seviyesi kaydedilmelidir.

Eğer genel ses seviyesinden farklı olarak bir tepe değer ses basıncı seviyesi elde edilirse , ölçüm geçerli sayılmamalıdır. Aracın her iki tarafında her bir vites oranında en az 4 ölçüm yapılmalıdır. Sağ ve sol ölçümler aynı anda veya ayrı ayrı yapılabilir.

Geçerli olmayan sonuçların silinmesi ile 2 dB(A) içinde kalan ard arda yapılmış geçerli 4 ölçüm, her bir taraf için son sonucun hesaplanmasında kullanılır. Her iki taraf için ayrı olarak hesaplanır. Sonuç birinci basamağa matematiksel olarak yuvarlanır.

AA', BB' ve PP' noktalarındaki hızlar birinci ondalık basamakları dikkate alınarak hesaplamalarda kullanılır.

Hesaplanmış ivme ($a_{wot\ test}$) ilk 2 ondalık basamağı dikkate alınarak hesaplanır.

4.5.3.1. M_1, N_1 M_2<3500 kg Kategori Araçlar

Sabit hız ve ivmelenme testlerin sonuçları 4.9, 4.10 ve 4.11 numaralı denklemler kullanılarak hesaplanır.

$$k = (a_{wot\ ref} - a_{wot\ (i+1)}) / (a_{wot(i)} - a_{wot\ (i+1)}) \quad \textbf{(4.9)}$$

$$L_{wot\ rep} = L_{wot\ (i+1)} + k \times (L_{wot(i)} - L_{wot(i+1)}) \quad \textbf{(4.10)}$$

$$L_{crs\ rep} = L_{crs\ (i+1)} + k \times (L_{crs(i)} - L_{crs(i+1)}) \quad \textbf{(4.11)}$$

Tek vites ile yapılan testlerde elde edilmiş sonuçlar son test sonucudur.
Son test sonucu sabit hız testinde ($L_{crs\ rep}$) ve ivmelenme testinde ($L_{wot\ rep}$) elde edilmiş ses seviyelerinin 4.12 numaralı denklem ile hesaplanır.

$$L_{urban} = L_{wot\ rep} - k_p \times (L_{wot\ rep} - L_{crs\ rep}) \quad \textbf{(4.12)}$$

k_p şehiriçi kullanımı için kısmi güç faktörünü verir. Tek vitesle yapılmış olan testin dışında k_p 4.13 numaralı denklem ile hesaplanır.

$$K_p = 1 - (a_{urban} / a_{wot\ ref}) \quad \textbf{(4.13)}$$

Eğer test sadece tek vitesle gerçekleştirilmiş ise k_p 4.14 numaralı formül ile hesaplanır.

$$K_p = 1 - (a_{urban} / a_{wot\ test}) \quad \textbf{(4.14)}$$

a_{wot} test değerinin a_{urban} değerinden küçük olduğu durumlarda $k_p = 0$ olarak alınır.

4.5.3.2 M_2>3500 kg, N_2, M_3,N_2

Eğer iki viteste test gerçekleştirilmişse aritmetik ortalaması alınır. Tek vitesle gerçekleştirilmişse nihai sonuç test sonucudur.

4.6 Duran Aracın Ses Seviyesinin Ölçülmesi

4.6.1 Araç Civarındaki Ses Seviyesi

Ölçüm sonuçları test raporunda belirtilmelidir.

4.6.2 Akustik Ölçümler

Ölçmeler için 4.2.1 numaralı bölümün belirtilen bir hassas ses seviye ölçme cihazı kullanılmalıdır.

4.6.3 Test Yeri

Mikrofunun etrafında akustik alanı etkileyecek herhangi bir engel ve mikrofon ile ses kaynağı arasında herhangi insan olmamalıdır.

4.6.4 Ortam Koşulları

Çevre gürültüsü ve rüzgar tarafından ölçme aleti üzerinde oluşturulan okumalar, ölçülecek ses seviyesinin en az 10 dB(A) altında olmalıdır. Mikrofonun hassasiyeti üzerindeki etkisini dikkate almak şartıyla, mikrofona uygun bir rüzgar siperliği takılabilir.

4.6.5 Ölçme Yöntemi

4.6.5.1 Ölçme Özelliği ve Sayısı

Bölüm 4.3'te bahsedilen çalıştırma süresi boyunca, A-ağırlıklı desibel (dB(A)) cinsinden ifade edilen azami ses seviyesi ölçülmelidir.
Her ölçüm noktasında en az üç ölçme yapılmalıdır.

4.6.5.2 Aracın Durumu ve Pozisyonu

Ölçmeler esnasında, araç test alanın ortasında olmalı, vites kolu nötr pozisyonda olmalı ve hız değiştirici çalışır durumda olmalıdır.Eğer araç bu özellikleri sağlamayacak şekilde tasarlanmışsa, araç üretici tarafından belirlenmiş şekilde test edilmelidir.

Ölçmeler başlamadan önce, araç motoru normal çalışma sıcaklığına getirilmelidir. Araca, otomatik harekete geçen fan (fanlar) takılı ise, ses seviyesi ölçmeleri esnasında bu sistemin etki etmemesi sağlanmalıdır. Motor kaputu veya kompartmanı kapalı olmalıdır.

4.6.5.3 Mikrofonun Konumu

Şekil 3.2'de farklı araç durumları için mikrofunun konumu verilmiştir.
Mikrofon, egzoz çıkışı ile aynı seviyede veya test pisti yüzeyinden 0.2 m yüksekliğe yerleştirilmelidir.(Hangisi daha yüksekse). Mikrofon diyaframı, egzoz sistemi çıkışından 0.5 m mesafede ve egzoza bakacak şekilde konumlandırılmalıdır. Mikrofonun azami hassasiyet ekseni, egzoz gazlarının çıktığı istikametin tanımladığı düşey düzleme 45° ± 5° 'lik bir açıda, pist yüzeyine paralel olmalıdır. Eğer iki mikrofon konumlandırma pozisyonu mümkünse, aracın boyuna eksenine en uzak olan yan ekseni seçilmelidir. Eğer egzos çıkışında akış ekseni aracın boyuna ekseniyle 90^o bir açı yapıyorsa mikrofon motora en uzak noktaya konumlandırılır.

Egzoz sisteminin, merkezleri birbirinden 0.3 m'den daha uzak olmayan ve aynı susturucuya bağlı birkaç çıkışı varsa, mikrofon araç dış hattına en yakın çıkışa veya pist yüzeyinden en yüksekte olan çıkışa dönük olarak bakacak şekilde konumlandırılmalıdır. Diğer tüm durumlarda, her biri için ayrı ölçüm yapılmalı ve kaydedilen en yüksek rakam, deney değeri olarak alınmalıdır.
Dikey egzoz çıkışlı araçlarda (örneğin ticari araçlar), mikrofon, egzoz çıkışı ile aynı seviyeye, yukarıya dönük olacak şekilde ve ekseni düşey olarak konumlanmalıdır.Aracın egzoz çıkışına en yakın kısmından 0.5 m ± 0,01 m uzaklığa yerleştirilmelidir.

Aracın tasarımı; ölçümler yapılırken, aracın parçası olan bazı engellerin (örneğin stepne, yakıt deposu, akü bölmesi) varlığı nedeniyle, mikrofonun Şekil 2'de belirtildiği şekilde yerleştirilmesine engel oluyorsa mikrofonun bulunduğu konumu açıkça gösteren bir çizim yapılmalıdır. Mümkün olduğu kadar, mikrofon en yakın

engelden 0.5 m'den daha uzak olmalı ve azami hassasiyet ekseni, yukarıda belirtilen engeller tarafından en az gizlenecek konumda egzoz çıkışına dönük olmalıdır.

4.6.6 Motoru Çalıştırmanın Şartları

4.6.6.1 Motor hızı

Motorun azami anma gücüne ulaştığı devir hızı (S) 5000 dev/dak küçük olan motorlarda S devrinin %75'i ,

Motorun azami anma gücüne ulaştığı devir hızı 5000 dev/dak ila 7500 dev/dak olan araçlarda 3750 dev/dak,

Motorun azami anma gücüne ulaştığı devir hızı (S) 7500 dev/dak büyük olan araçlarda S devrinin %50'sinde test gerçekleştirilir.

Eğer araç yukarıda belirtilen koşullara ulaşamıyorsa, hedef motor hızı maksimum mümkün motor hızının 5% altında olabilir.

4.6.6.2 Test Yöntemi

Motor kademeli olarak testin gerçekleştirileceği hıza çıkarılır ve hedef hızın ±3% tolerans bandının dışına çıkarılmaz ve bu hızda sabit tutulur. Gaz pedalı hızlıca serbest bırakılır ve motor rölanti hızına geri dönmesi sağlanır. Ses seviyesi motorun sabit hıza ulaştığı period ile başlamak suretiyle 1 sn boyunca yavaşlama periodu boyunca kaydedilir. En yüksek ses basıncı seviyesi ilk ondalık basamağına yuvarlatılarak test sonucu olarak tespit edilir.

Testin geçerli olması için, ölçümler sırasında hedef motor hızından ± 3% sapmamalı ve en az 1 saniye boyunca kaydedilebilir olmalıdır.

4.6.7 Sonuçların Yorumlanması

En yakın desibele yuvarlatılan okumalar, ölçme aletinden alınmalıdır. Sadece, birbirini takip eden üç ölçmeden elde edilen değerlerden, sadece birbirinden 2 dB(A)'dan daha fazla farklılık göstermeyen değerler dikkate alınmalıdır.

Bu üç değerin en yükseği deney sonucunu oluşturmalıdır.

5.ÖLÇÜM YÖNTEMLERİNİN TEKNİK KARŞILAŞTIRILMASI VE ÖLÇÜMLERLE YORUMLANMASI

Birleşmiş milletler 18 Haziran 2007 tarihinde yayınlanmış olan tarafından yayınlanmış ECE R 51 regülasyonunun 2. ekinin 5 . ilavesinde yeni yöntem tariflenmiştir. Bu bölümde aynı regülasyonunun 3 bölümünde yer alan Ölçüm Yöntemi A ile bölüm 10'da yer alan Ölçüm Yöntemi B teknik açıdan karşılaştırılmış ve farkları tüm yönleriyle ile ortaya konulmuştur. Bu farklar aynı araçlar üzerinde yapılmış her iki yöntemle elde edilmiş sonuçların analiz edilmesi ile irdelenmiştir.

5.1 Yöntemlerin Karşılaştırılması

Bu bölümde Yöntem A ve Yöntem B ile testler gerçekleştirilerken kullanılan ekipmanlar, ortam koşulları, test araçlarının durumu ve sonuçlar hesaplanırken izlenen yol karşılaştırmıştır.

5.1.1 Test Sırasında Kullanılan Ekipmanlar

Her iki yöntem ile testler yapılırken kullanılan ses seviyesi ölçüm ekipmaları , hız ölçüm ekipmanları, meteorolojik ölçüm ekipmanları farklılık göstermektedir.

5.1.1.1 Akustik Ölçüm Cihazı

Testler sırasında kullanılacak ses seviye ölçüm aletinin kalibrasyonlar farklılık göstermektedir. Ölçüm Yöntemi A ile test yapılacak teste kullanılacak olan ses seviyesi ölçen akustik ölçüm aleti Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) yayını olan "IEC 942:1988: Hassas ses seviyesi ölçerleri" 2 nci baskısında belirtilen tipte bir hassas seviye ölçer olmalı ve bu yayına göre kalibrasyonu yapılmış olmalıdır. Ölçüm Yöntemi B ile yapılacak ölçümlerde kullanılacak olan ses seviyesi ölçüm ekipmanı Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) yayını olan "IEC 61672-1:2002: Hassas ses seviyesi ölçerleri" 2 nci baskısında belirtilen tipte bir hassas seviye ölçer olmalıdır.

5.1.1.2 Hız Ölçüm Cihazları

Ölçüm Yöntemi A'da sadece motor hızı ölçümlerinin yapılacağı ekipman belirtilmiştir. Bu yöntemde kullanılacak ekipman Motor Hızını ± 2% toleranslarda ölçebilecek özellikte olmalıdır. Ölçüm Yöntemi B'de motor hızının ölçülürken kullanılacak olan ekipmanın özellikleri yanında araç hızı ölçümlerinin ± 0.5 km/sa hassasiyette ölçüm yapabilir ekipmanla gerçekleştirilmesi ve ± 0.2 km/sa hassasiyetle bağımsız hız ölçümü yapabilen bir ekipmanın kullanılması gerektiği belirtilmektedir.

5.1.1.3 Meteorolojik Ölçüm Cihazları

Ölçüm Yöntemi A'da sadece sıcaklık ve rüzgar hızını ölçecek aletin ölçüm hassasiyetinden belirtilmektedir. Sıcaklık ölçüm cihazı ± 1 ^{0}C, Rüzgar hızı ölçüm Cihazı ± 1 m/s hassasiyetle ölçüm yapıbilecek özellikte olmadır. Diğer yöntemden farklı olarak Ölçüm Yöntemi B tariflenirken basınç ve bağıl nem ölçümü yapılması gerektiğini, basınç ölçüm cihazı için ± 5 hPa, bağıl ve nem ölçüm cihazı ± 5% hassasiyetle ölçüm yapabiliyor olması gereklidir.

5.1.2 Ortam Koşullarının Karşılaştırılması

Ölçüm Yöntemi A için meteorolojik ölçüm cihazının konumu yerden 1.2 m ± 0.1 m olması tariflenmiştir. Yöntem B ile yerden yüksekliği aynı kalmıştır ancak tolerans azaltılarak meteorolojik ölçüm cihazının konumu 1.2 m ± 0.02 m olarak tariflenmiştir. Test yapılacak ortamın rüzgar hızı koşulu aynı olmakla birlikte < 5 m/s altında ölçümlerin yapılması gereklidir. Ortam sıcaklığı, yöntem A ile 0 ^{0}C< T< 40 ^{0}C olması gerekirken yöntem B ile yapılacak ölçümlerde 5 ^{0}C< T< 40 ^{0}C arasında olmalıdır.

Yöntemi A ile ölçümler yapılırken ortam gürültüsü aracın gürültü seviyesinin en az 10 dB(A) altında olması gereklidir. Yöntem B ile ölçüm yapılırken aradaki farkın en az 10 dB(A) olması gerektiği ve 10dB(A) ile 15dB(A) arasında fark olduğu durumlarda Tablo 4.1'de belirtilmiş düzeltme faktörleri uygulanması gereklidir.

5.1.3.Test araçlarının karşılaştırılması

Test araçlarının durumlarında da farklılıklar vardır. Yöntem A ile tüm kategori araçlar için test aracı yüksüz durumda olmalıdır. Yöntem B ile test yapılırken test

aracının durumu aracın kategorisine göre farklılık göstermektedir. Test aracı Tablo 4.4'e göre ağırlığı belirlenip test edilmelidir.

İki yöntem aracındaki diğer bir fark ise test aracının lastiklerinin durumudur. Yöntem A ile test edilecek araç en az 1.6 mm diş derinliğine sahip olmalıdır. Yöntem B ile test edilecek aracının lastikleri ise hiç kullanılmamış lastiğin diş derinliğinin en az %80'i kadar olmalıdır.

5.1.4 Ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması

Her iki test yöntemiyle ölçümler aynı boyutlarda ve aynı özelliklerdeki pist üzerinde gerçekleştirilmektedir. Ancak iki test yöntemi arasındaki en büyük farklılık ölçüm yöntemleri ve koşullarının farklı olmasıdır.

Yöntem B araçların güç kütle oranına bağlı olarak bir çok ivme karakteristiğini belirler ve bu ivme karakteristiğini gerçekleştirilecek vites oranı ön testlerle belirlenir ve ivmelenme testi gerçekleştirilir ve aynı ivmelenme testinin gerçekleştirildiği vites kademelerinde sabit hız testi gerçekleştirilir.

Yöntem A ise araçları motor gücü ve maksimum gücü veren devir sayısınına göre ölçümlerin yapılmasına dayanmaktadır. Yöntem B ile test gerçekleştirilken dikkate alınan bir çok parametre bu yöntemle hesaplara katılmaz. M_1 ve N_1 kategori araçlarda test 2. ve 3. vitesle gerçekleştirilir. Diğer kategorilerde toplam ileri vites oranının motor gücüne göre belirlenmesi ile test gerçekleştirilir.

5.1.5 Sonuçların Yorumlanması

Her iki yöntemle ile test sonuçlarının belirlenmesi de farklılık göstermektedir. Yöntem A ile tamamlanmış test sonucu elde edilen en yüksek ses seviyesi test sonucu olarak kabul edilir. Yöntem B ile ivme testi ve sabit hız testlerinden elde edilen sonuçlar düzeltme faktörü kullanılarak hesaplanır ve en yüksek ses seviyesi olarak kabul edilir.

5.2 Test Sonuçlarının Karşılaştırılarak Yorumlanması

5.2.1 M_1 Kategori Araçlar İçin Yapılmış Testler Ve Elde Edilmiş Sonuçlar

BM/AEK tarafından yeni yöntem tanımlanırken bir dizi araç üzerinde yeni yöntem ve eski yöntem ile testler gerçekleştirilmiştir [11]. Test edilen araçların hepsi M_1 ve

N_1 kategori olup egzos sistemleri ve vites sayıları olmak üzere benzer özelliklere sahiptir. Test edilmiş araçların detaylı özellikleri Tablo 5.2'de verilmiştir. Bu bölümde 1 (bir) numaralı araç hesaplamaların hangi denklemlerin yardımıyla gerçekleştirildiği incelenecek ve genel sonuçlar irdelenecektir.

Tablo 5.1: Test Edilmiş M_1 Kategori Araçların Özellikleri [11]

No	Marka	Model	Sınıf	Motor	Motor Hacmi [l]	Vites Kutusu	Vites sayısı	Güç	Ağırlık	Uzunluk	Motorun Konumu
								kW	kg	m	
1	Ford	Fusion	M1	Petrol	1,4	manual	5	58	1045	4,02	Ön
2	Suzuki	Alto	M1	Petrol	1,0	manual	5	39	660	3,40	Ön
3	Nissan	Almera	M1	Petrol	1,5	manual	5	66	1165	4,18	Ön
4	Fiat	Marea	M1	Petrol	1,6	manual	5	76	1140	4,36	Ön
5	Audi	A4	M1	Petrol	2,0	manual	5	96	1285	4,55	Ön
6	Mitsubishi	Pajero	M1	Diesel	2,5	manual	5	85	1780	4,61	Ön
7	Nissan	Micra	M1	Diesel	1,5	manual	5	48	945	3,72	Ön
8	Landrover	Discovery	M1	Diesel	2.5	manual	5	102	2075	4,71	Ön
9	Peugeot	Expert	M1	Diesel	1,9	manual	5	51	1520	4,32	Ön
10	Ford	Fiesta	M1	Petrol	1,6	manual	5	74	1051	3,83	Ön
11	BMW	318d	M1	Diesel	1,8	manual	5	85	1370	4,47	Ön
12	Ford	Connect	M1	Diesel	1,8	manual	5	66	1410	4,53	Ön
13	Renault	Mégane	M1	Petrol	1,6	manual	5	55	1035	4,44	Ön
14	Nissan	Almeria	M1	Petrol	1,5	manual	5	66	1260	4,18	Ön
15	Vauxhall	Aguila	M1	Petrol	1,2	manual	5	55	960	3,50	Ön
16	Peugeot	307	M1	Petrol	1,6	manual	5	80	1219	4,20	Ön
17	Renault	Mégane	M1	Petrol	1,6	manual	5	66	1072	4,10	Ön
18	Renault	Mégane	M1	Petrol	1,6	manual	5	66	1072	4,10	Ön

Ölçüm yöntemi B ile testler yapılmadan önce teknik düzenleme tarafından belirlenmiş denklemlere göre parametrelerin hesaplanması gereklidir. Tablo 5.3'de değerlerin belirlenmesi için adım adım denklemler kullanılarak sonuçların nasıl bulunduğu belirtilecektir.

Aracın ağırlığı ve motor gücüne göre 4.1 numaralı denklem kullanılarak güç kütle oranı indeksi (PMR) hesaplanır. Test ağırlığı aracın boş ağırlığına 75 kg sürücü ağırlığının eklenmesi ile elde edilir.

PMR = (58 kW / (1045 kg +75 kg)x1000 kg/kW

PMR = 52

Güç kütle oranı indeksi yeni yöntemde çok önemli bir parametredir. Bu değer kullanılarak test sırasında aracın ulaşması gereken minumum hedef ivme değeri hesaplanır. Hedef ivme formülü istatistiki değerlere dayanarak elde edilmiş olan ampirik bir formüldür ve araçların şehir trafiğinde kullanım karakteristiğini ifade etmektedir. Test gerçekleştirilirken araç bu ivme değerinin altında bir ivme ile test edilmemesi gereklidir. 4.2 numaralı denklem kullanılarak aynı araç için bu değer hesaplanır.

$a_{urban} = 0,63 \times \log 10 (52) - 0,09$

$a_{urban} = 0,99\ m/s^2$

Kütle güç oranı değerine göre aracın test sırasında sağlaması gereken ivme değeri hesaplanır. Referans ivmelenme değeri hesaplanırken 2 durum vardır. Kütle güç endeksi değerinin 25'den küçük veya büyük olduğu durumlara göre 4.3 veya 4.4 denklemleri kullanılır. 4.3 numaralı denklem kullanılarak aracın referans ivme değeri hesaplanır. İncelediğimiz aracın PMR değeri 25'den büyük olduğu için 4.3 numaralı denklem kullanılır.

$a_{wot\ ref} = 1,59 \times \log 10 (52) - 1,41$

$a_{wot\ ref} = 1,32$

Gerekli durumlarda aracın ivme özellikleri ve hangi vites kademesinin test sırasında kullanılması gerektiğinin tespit edilebilmesi için ön testler gerçekleştirilir. Ön test sonuçlarına göre referans ivme değerini sağlayan vites veya alt üst değerlerini sağlayan vites kademeleri tespit edilir. 4.7 numaralı denklem ile aracın giriş ve çıkış hızına göre gaz pedalının tam basılı olduğu durumda aracın ivmesinin hesaplanmasında kullanılır.

Yapılan ön testler sonucu referans ivmelenmeyi hiç bir vites kademesi sağlamıyorsa referans ivmenin altında ve üstünde ivmelenme sağlayan vites kademesi seçilerek test her iki vites için gerçekleştirilir ve elde edilen ses seviyeleri kaydedilir.

İncelenen araçta hiç bir vites ile $a_{wotref} = 1,32\ m/s^2$ değeri sağlanamamıştır. Bu nedenle bu ivme değerinin altını ve üstünü veren vites kademeleri seçilmiş ve testler iki vites kademesinde gerçekleştirilmiştir. 2. ve 3. vites kademesinde elde edilen $a_{wot\ test}$ değerleri sırasıyla 1,00 m/s^2 ve 1,72 m/s^2'dir.

Eğer tek bir vites kademesinde test gerçekleştirilmişse tespit edilen sonuç nihai ivme testi ses seviyesidir. Test sırasında iki vites kademesi kullanılırsa k düzeltme faktörü ile ivme testinin sonucunda aracın ses seviyesi hesaplanır. 4.9 numaralı denklem kullanılarak k hesaplanır.

$k = (1{,}32\ m/s^2 - 1{,}00\ m/s^2) / (1{,}72\ m/s^2 - 1{,}00\ m/s^2)$

$k = 0{,}44$

4.10 numaralı denklem kullanılarak iki vites kademesinin kullandığı ivme testlerinde gürültü seviyesini tek bir sonuca indirgenir.

$L_{wot\ rep} = 68{,}8\ dB(A) + 0{,}44 \times (70{,}9\ dB(A) - 68{,}8\ dB(A))$

$L_{wot\ rep} = 69{,}7\ dB(A)$

İvme testi gerçekleştirildikten sonra aynı vites kademesi veya kademeleriyle sabit hız testi gerçekleştirilir. Bu test için araç AA' çizgisinden BB' çizgisine sabit 50 km/sa ±1 km/sa hız ile hareketi sırasında ses seviyesi kaydedilir. İki vites kademesinde test gerçekleştirilmişse 4.11 numaralı denklem ile ses seviyesi tek değere indirgenir.

$L_{crs\ rep} = 66{,}8\ dB(A) + k \times (69{,}2\ dB(A) - 66{,}8\ dB(A))$

$L_{crs\ rep} = 67{,}7\ dB(A)$

Tek vites kademesi veya iki vites kademesinde gerçekleştirilen sabit hız ve ivme testlerinden elde edilen ses seviyelerinin tek bir ses seviyesi değerine indirgenmesi için 4.12 ve 4.14 numaralı denklemler kullanılır.

$k_p = 1 - (0{,}99\ m/s^2 / 1{,}32\ m/s^2)$

$k_p = 0{,}25$

$L_{urban} = 69{,}7\ dB(A) - 0{,}25 \times (69{,}7\ dB(A) - 67{,}7\ dB(A))$

$L_{urban} = 69{,}2\ dB(A)$

Teknik düzenleme gereği elde edilen test sonucu yuvarlanarak tip onayı başvurusunda kullanılır. İncelenen araç için yeni yöntem ile yapılmış olan testler

sonucu elde edilmiş ses seviyesi L_{type}= 69 dB(A) olarak onaylanır. Ölçüm yöntemi B ile test edilmiş araçların ses seviyeleri Tablo 5.2'de görülmektedir.

Tablo 5.2: Ölçüm Yöntemi B İle Yapılmış Testler Sonucu Elde Edilmiş Ses Seviyeleri [11]

Ölçüm Yöntemi B															
No	PMR	a_{urb}	$a_{wot\ ref}$	Vitesler		a_i	a_{i+1}	L_gear_wot [dBA]		L_gear_crs [dBA]		L_{wot}	L_{crs}	L_{urb}	L_{typ}
	kW/t	m/s²	m/s²	i	i+1	m/s²	m/s²	i	i+1	i	i+1	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
1	52	0,99	1,32	2	3	1,72	1,00	70,9	68,8	69,2	66,8	69,7	67,8	69,2	69,0
2	53	1,00	1,33	2	3	1,64	1,06	73,8	70,2	71,6	68,9	71,9	70,1	71,6	72,0
3	53	1,00	1,33	2	3	1,75	1,09	72,2	69,8	69,0	67,8	70,7	68,2	70,1	70,0
4	63	1,04	1,45		3		1,27		70,7		68,2	70,7	68,2	70,3	70,0
5	71	1,07	1,53		3		1,34		71,5		68,9	71,5	68,9	71,0	71,0
6	46	0,96	1,23		3		1,31		72,5		71,5	72,5	71,5	72,2	72,0
7	47	0,96	1,25	3	4	1,41	0,92	70,1	68,8	67,7	66,9	69,7	67,4	69,2	69,0
8	47	0,97	1,26	3	4	1,37	0,58	72,5	70,4	69,7	68,8	72,2	69,6	71,6	72,0
9	32	0,86	0,98		3		0,97		72,6		72,1	72,6	72,1	72,5	73,0
10	66	1,06	1,48		3		1,40		69,1		66,2	69,1	66,2	68,4	68,0
11	59	1,02	1,40		3		1,10		68,1		66,5	68,1	66,5	68,0	68,0
12	44	0,95	1,21	3	4	1,30	0,70	71,0	68,4	69,9	67,8	70,5	69,5	70,3	70,0
13	50	0,98	1,29	2	3	1,70	1,15	74,3	71,1	71,7	68,7	71,9	69,4	71,3	71,0
14	49	0,98	1,28	2	3	1,94	1,01	71,9	68,9	66,8	65,7	69,8	66,0	68,9	69,0
15	53	1,00	1,33		3		1,41		69,7		66,3	69,7	66,3	68,7	69,0
16	62	1,04	1,44	2	3	1,89	1,31	73,7	71,6	71,7	70,4	72,1	70,7	71,7	72,0
17	58	1,02	1,39		3		1,41		74,2		71,7	74,2	71,7	73,5	74,0
18	58	1,02	1,39		3		1,33		74,5		71,8	74,5	71,8	73,9	74,0

Mevcut ölçüm yöntemi ile yapılmış testlerin sonuçlarına Tablo 5.3'de belirtilmiştir. Mevcut yöntem, M_1 sınıfı araçlarda ve motor gücü 225 kW'den büyük olmayan diğer sınıf araçlarda, motorun azami anma gücüne ulaştığı devrin, S, dörtte üçüne eşit motor devrine karşılık gelen hız veya 50 km/sa hızlalardan hangisi daha düşükse 2. ve 3. viteslerde AA' çizgisinden BB' çizgisine kadar gaz pedalının sonuna kadar basılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Test yöntemi B ile sonuçları incelenmiş araç test yöntemi A ile elde edilmiş sonuçlarıda incelenmiştir. Araç 2. ve 3. vites kademeleriyle tam gaz koşullarında test edilmiştir. 2. vites kademesinde elde edilmiş en yüksek ses seviyesi 73,2 dB(A) ölçülmüş olup 3. vites kademesiyle elde edilmiş en yüksek ses seviyesi ise 69,6 dB(A)'dır. Bu iki vites kademesinden elde edilmiş ses seviylerinin aritmetik ortalaması alınarak 71,4 dB(A) bulunmuş ve düzenleme gereği 1 dB(A) indirilip en yakın basamağa yuvarlanarak tip onayı başvurusunda 70 dB(A)

olarak ses seviyesi tescil edilmiştir. Tablo 5.3'de aynı araçların ölçüm yöntemi A ile elde edilmiş sonuçları görülmektedir.

Tablo 5.3: Ölçüm Yöntemi A ile Yapılmış Testler Sonucu Elde Edilmiş Ses Seviyeleri[11]

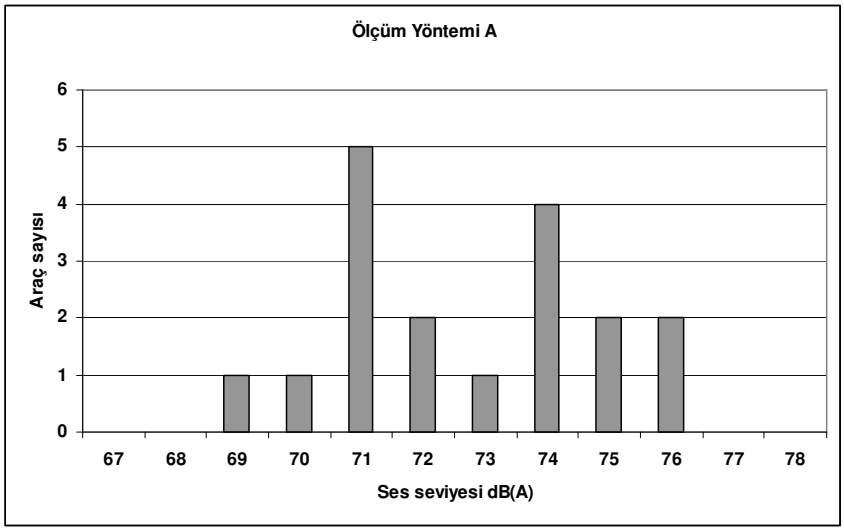
No	Ölçüm Yöntemi A				
	L_gear [dBA]			L_avg	Ltyp
	D	2,0	3,0	dB(A)	dB(A)
1		73,2	69,6	71,4	70
2		74,2	71,7	73,0	72
3		74,3	70,4	72,4	71
4		79,9	70,4	75,2	74
5		79,4	72,6	76,0	75
6		77,1	73,6	75,4	74
7		73,7	70,7	72,2	71
8		79,1	73,7	76,4	75
9		75,2	73,8	74,5	74
10		74,4	70,3	72,4	71
11		73,2	70,7	72,0	71
12		74,4	71,4	72,9	72
13		76,6	72,5	74,6	74
14		71,9	68,9	70,4	69
15		73,3	69,7	71,5	71
16		75,8	72,6	74,2	73
17		77,7	75,8	76,8	76
18		77,3	75,7	76,5	76

Her iki yöntem ile yapılmış testler sonucu elde edilmiş ses seviyeleri Tablo 5.5'de gösterilmektedir.

Tablo 5.4: Her İki Yöntem İle Elde Edilmiş Ses Seviyelerinin Karşılaştırması

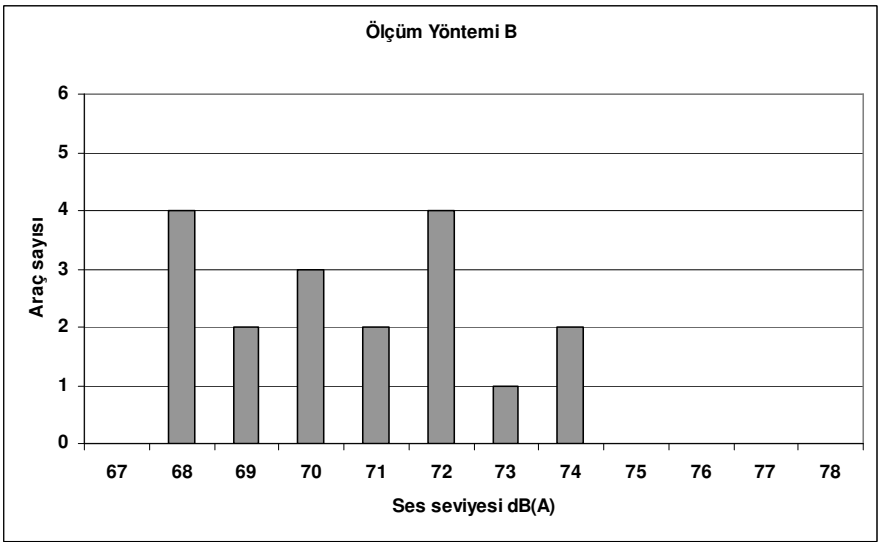
No	PMR	Ölçüm Yöntemi B	Ölçüm Yöntemi A
		Ltyp	Ltyp
	(kW/t)	dB(A)	dB(A)
1	52	69,0	70
2	53	72,0	72
3	53	70,0	71
4	63	70,0	74
5	71	71,0	75
6	46	72,0	74
7	47	69,0	71
8	47	72,0	75
9	32	73,0	74
10	66	68,0	71
11	59	68,0	71
12	44	70,0	72
13	50	71,0	74
14	49	69,0	69
15	53	69,0	71
16	62	72,0	73
17	58	74,0	76
18	58	74,0	76

Mevcut ölçüm yöntemi olan Yöntemi A ile test edilmiş 18 adet aracın ses seviyeleri dağılımı Şekil 5.1'de görülmektedir. Şekil 5.1' göre araçların ses seviyeleri 69 dB(A) ile 76 dB(A) arasında dağılmış olduğu görülmektedir. En sessiz ile en sesli aracın arasında 7 dB(A) olduğu görülmektedir.



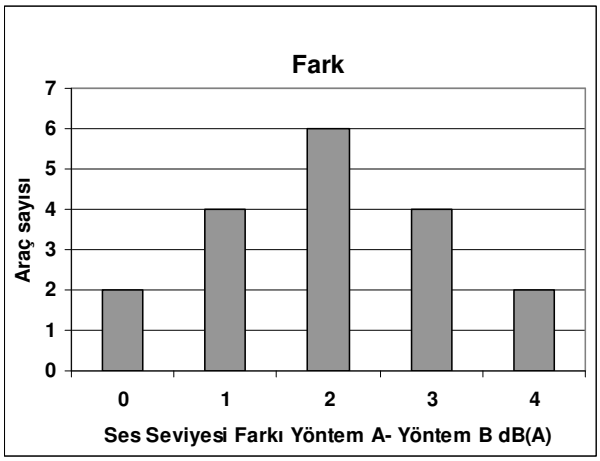
Şekil 5.1: Yöntem A İle Elde Edilmiş Ses Seviyesi Dağılımı

Aynı araçların Yöntem B ile yapılmış testler sonucu elde edilmiş ses seviyeleri Şekil 5.2'de gösterilmektedir. Grafiğe bakıldığı zaman en sessiz araçla en sesli aracın arasında 6 dB(A) fark olduğu görülmektedir. Aynı zamanda 70-72 dB(A) lık kısımda bir yığılma olduğu olduğu anlaşılmaktadır.



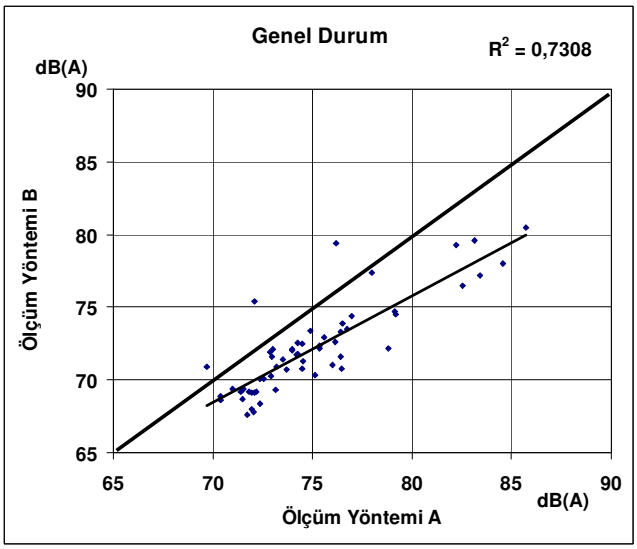
Şekil 5.2: Yöntem B İle Elde Edilmiş Ses Seviyesi Dağılımı

Her iki yöntemle yapılmış olan testler aynı araç için ses seviyeleri farkı Grafik 5.3'de belirtilmektedir. Ses seviyesi farkları 0-4 dB(A) arasında olduğu görülmektedir.Ve dağılıma göre 2 dB(A)'lık farkta araç sayısının maksimum olduğu görülmektedir.



Şekil 5.3: Ses Seviyesi Farklarının Dağılımı

Şekil 5.4'de BM/AEK tarafından test edilmiş 58 adet aracın iki yöntemlede elde edilmiş ses seviyelerinin dağılımı görülmektedir. Eski yöntem ile yeni yöntem arasında çok ciddi farklılıklar olduğu ve elde edilmiş sonuçlara göre ortalama olarak bu farkın 2-3 dB(A) civarında olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre ileride yeni ölçüm yöntemi araçların gürültü seviyelerinin tesbitinde kullanılmaya başlandığı takdirde ses seviyesi limitlerinde en az 2 dB(A) civarında azalma olacağı yorumu yapılabilir.

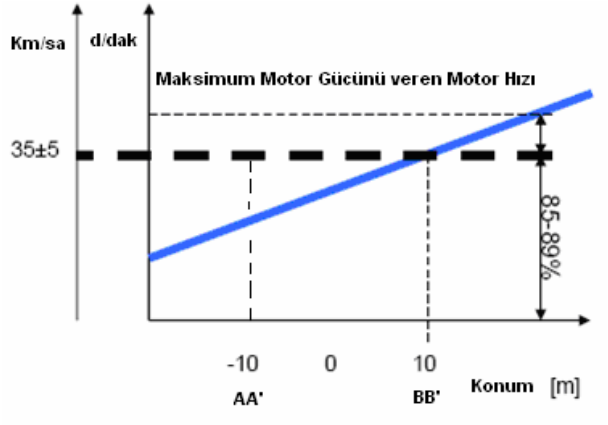


Şekil 5.4: Ses Seviyesi Dağılımı [11]

5.2.2 N_3 Kategori Araç İçin Yapılmış Testler ve Elde Edilmiş Sonuçlar

Literatür araştırmalarına göre yeni yöntemle yapılmış çalışmalar sadece M_1 ve N_1 kategori araçlar içindir. N_3 kategori araçlar için herhangi bir bilgi olmadığı gürülmektedir. Çalışmanın bu bölümünde N_3 kategori araçlar üzerinde test yapılarak gerek mevcut yöntemin uygulamasının yapılması gerekse eski ve yeni yöntem arasında ses seviyelerindeki farklılıklar ortaya koyulmuştur.

Düzenlemeye göre bu kategori araçların referans noktasının moturun aracın önüne yakın kısmı olması gereklidir. Test aracının referans noktası, moturunun aracın ön tamponuna 50 cm uzaklıkta olduğu için referans noktası burası olarak belirlenmiştir. Aracın referans noktası BB' çizgisini geçtiği anda motor devri, aracın azami net gücünü ürettiği motor hızının (S) %85 ila %89'u arasında olmalıdır. Bu esnada araç hızı ise 35 Km/sa ± 5 Km/sa aralığında olmalıdır. Araç AA' ve BB' çizgileri arasında sabit ivmelenme koşulunu sağlamalıdır**.** Aracın test sırasında sağlaması gereken hızlanma koşulu ve motor hızı kriterlerinin test pistine göre konumu Şekil 5.5'de daha net görülmektedir.



Şekil 5.5: Test Aracının Konuma Göre Hız Koşulları

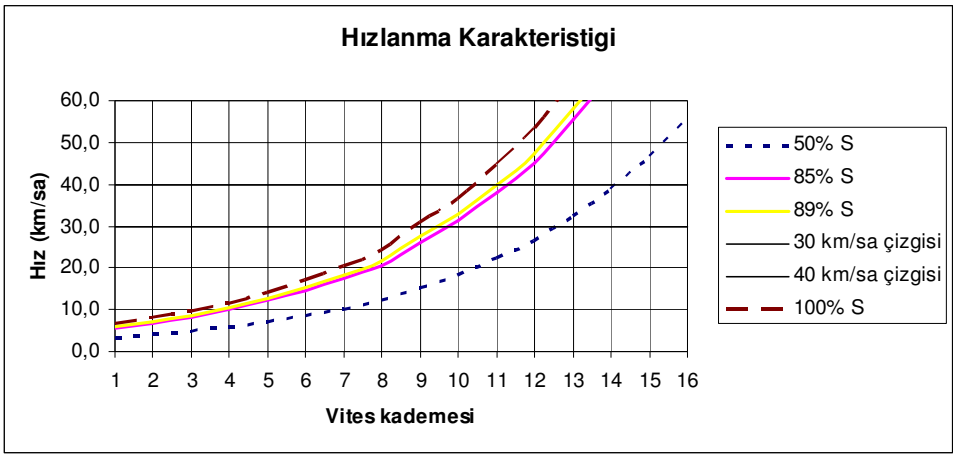
Test edilmiş N_3 kategori aracın özellikleri Tablo 5.5'te görülmektedir.

Tablo 5.5: Test aracının Özellikleri

Test edilmiş Aracın özellikleri	
Motor Gücü	Dizel 257 kW @ 2200 d/dak
Dingil Sayısı	4
Şanzıman	16 hızlı
Diferansiyel	3,91
Lastik	315/80 R 22.5

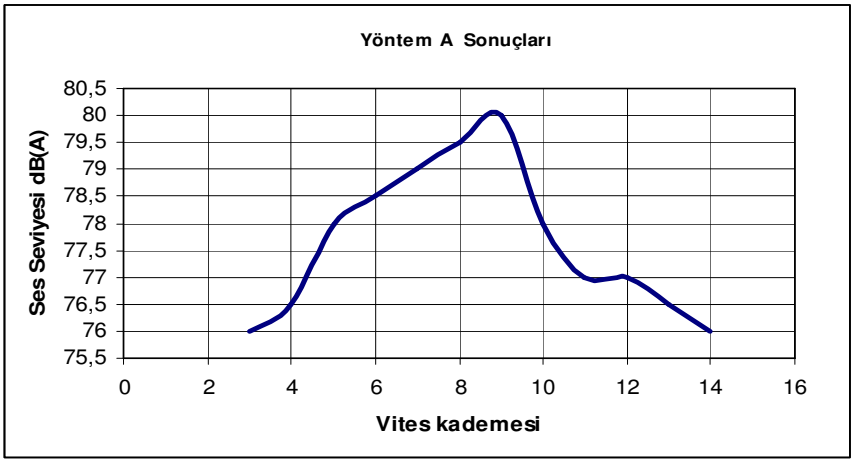
5.2.2.1 Ölçüm Yöntemi A İle Elde Edilmiş Sonuçlar

Ölçüm yöntemi A 'da belirtildiği gibi aracın motor gücü 225 kW'dan fazla olması nedeniyle maksimum motor gücünü veren motor hızının yarısı olan 1100 d/dak ile test gerçekleştirilmiştir. Araç AA' çizgisine 1100 dev/dak motor hızıyla gelip ve bu çizgiden BB' çizgisine ulaşana kadar gaz pedalı sonuna kadar basılı olarak test tamamlanacaktır. Teorik hesaplamalara göre aracın hızlanma karakteristiği Şekil 5.6'da görüldüğü gibidir. Test sonuçlarına göre aracın maksimum ses seviyesi 9. viteste 80 dB(A) olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.6: Hızlanma Karakteristiği

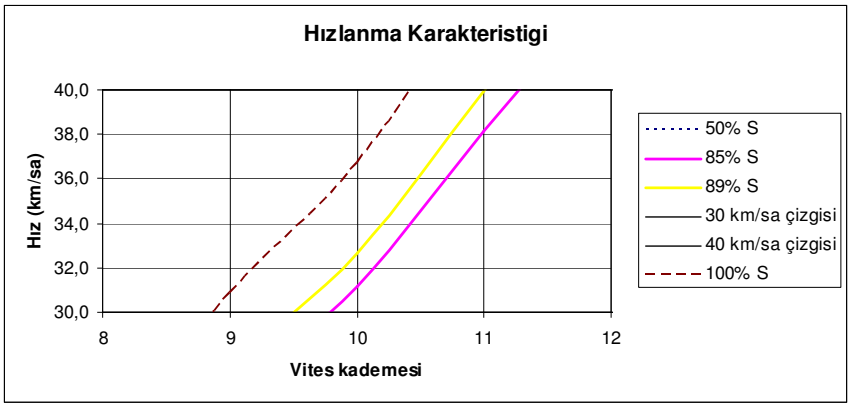
Diğer vites kademelerinde ölçülmüş ses seviyeleri Şekil 5.7 'da görülmektedir. 9. vitese kadar aracın ses seviyesi yükselme eğilimi göstermekte olup 9. vitesten sonra aracın ses seviyesi azalmaktadır. Ayrıca 11. viteste aracın ses seviyesinin 77 dB(A) civarında olduğu görülmektedir.



Şekil 5.7: Vites Kademesine Göre Elde Edilen Ses Seviyeleri

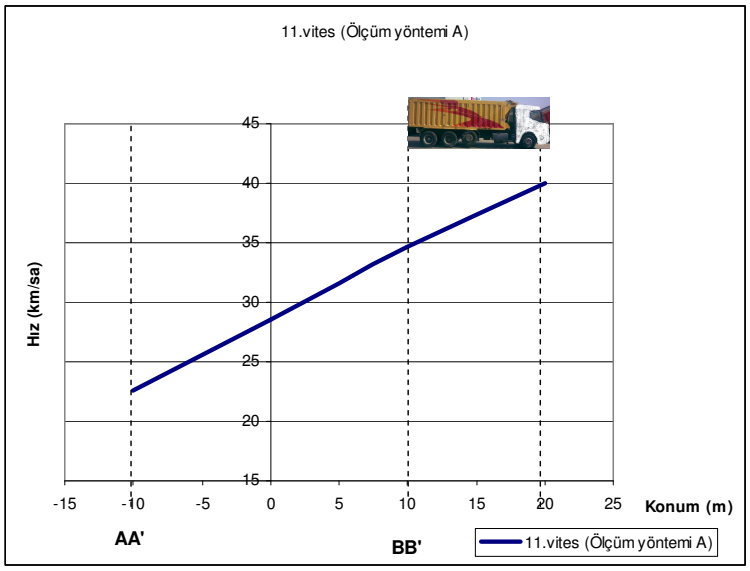
5.2.2.2 Ölçüm Yöntemi B İle Elde Edilmiş Sonuçlar

Ölçüm yöntemi B ile aynı araç üzerinde testler gerçekleştirilmiştir. Yöntem A'dan farklı olarak yeni yöntemle aracın teste başlayacağı motor hızı veya gaz pedalı konumuyla ilgili olarak herhangi bir şart belirtilmemektedir. Aracın referans noktasının BB' çizgisini geçtiği durumda motor hızının 85% ile 89% arasında olması ve hızının 35 ± 5 km/sa olması gereklidir. Aracın bu koşulları sağlayacak vites kademesi ve AA' çizgisinden önce hangi konumda gaz pedalına basılacağı ön testler yapılarak saptanmıştır. Şekil 5.8 aracın referans noktasının BB' çizgisinden geçerken hız değerlerini göstermektir. Şekil 5.8'e teorik hesaplar sonucu bu koşulları sağlayacak vites oranın 11. vites olduğu anlaşılmaktadır.



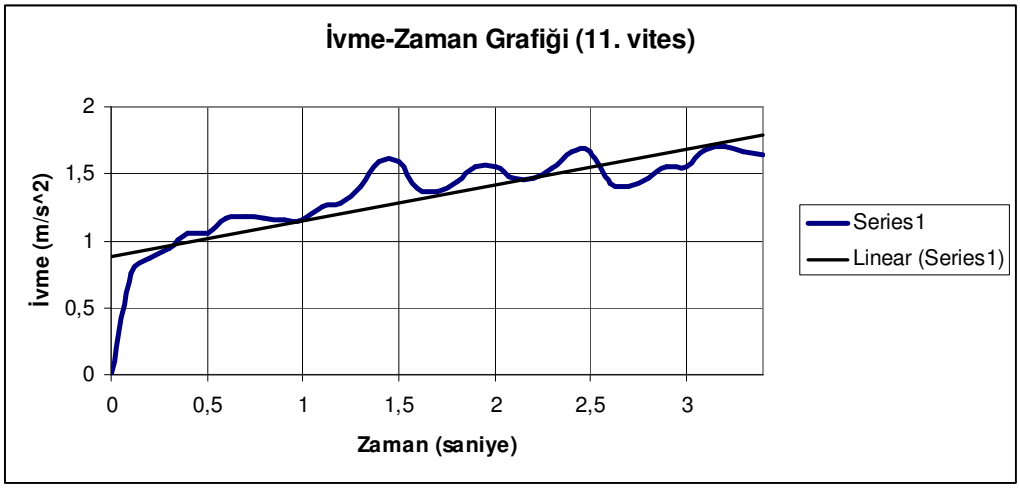
Şekil 5.8: 10. ve 11. vites kademelerinin hız karakteristikleri

Bilgi toplama öncelikle ölçüm yöntemi A ile gerçekleştirilmiştir. Grafik 5.9 eski yöntemle aracın 11. vites ile konuma bağlı olarak hız karakteristiğini göstermektedir. Araç AA' çizgisine 1100 dev/dak motor hızıyla yaklaşmış ve AA' noktasından sonra aracın en arka kısmı BB' noktasını geçene kadar gaz pedalı sonuna kadar basılı olarak tamamlamıştır. Araç 11. vites ile yeni yöntem ile şartları karşılayabileceği grafikten görülmektedir.



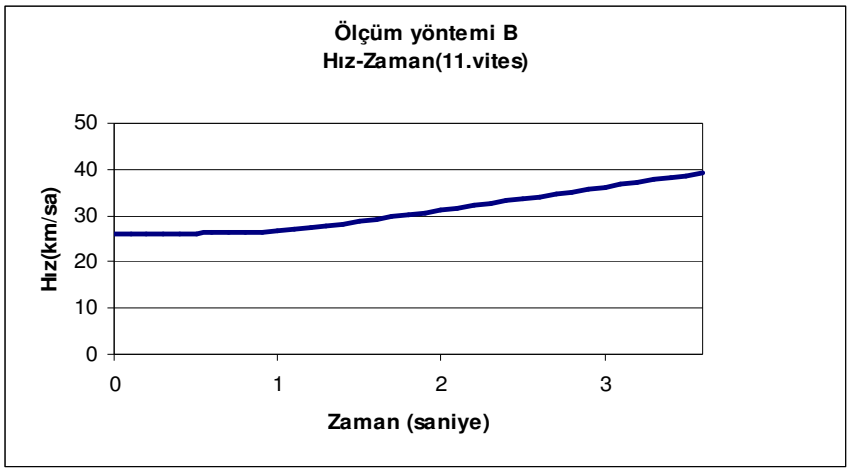
Şekil 5.9: 11. Vites'in Hızlanma Karakteristiği

Ön testler sırasında Datron hız ölçüm cihazıyla aracın 11. viteste nasıl bir karakteristiğe sahip olduğu belirlenmiştir. Ön testler sırasında aracın referans noktasının AA' çizgisinden geçerken gaz pedalının sonuna kadar basıldığı durumda elde edilmiş ivme karakteristiği görülmektedir. Şekil 5.10'dan anlaşıldığı üzere ivme 0,5 s'den sonra aracın arkasının BB' çizgisinden geçip testi tamamladığı süre boyunca dalgalı bir ivmelenme ile araç hızlanmıştır ve bu ivme ortalaması 1,4 m/s^2 olduğu görülmektedir. Giriş ve çıkış hızlarına göre ortalama ivme 1,4 m/s^2 olarak hesaplanmıştır. Teorik hesaplar ile test sonucu elde edilen ivme değerleri yaklaşık olarak birbirini tutmaktadır.



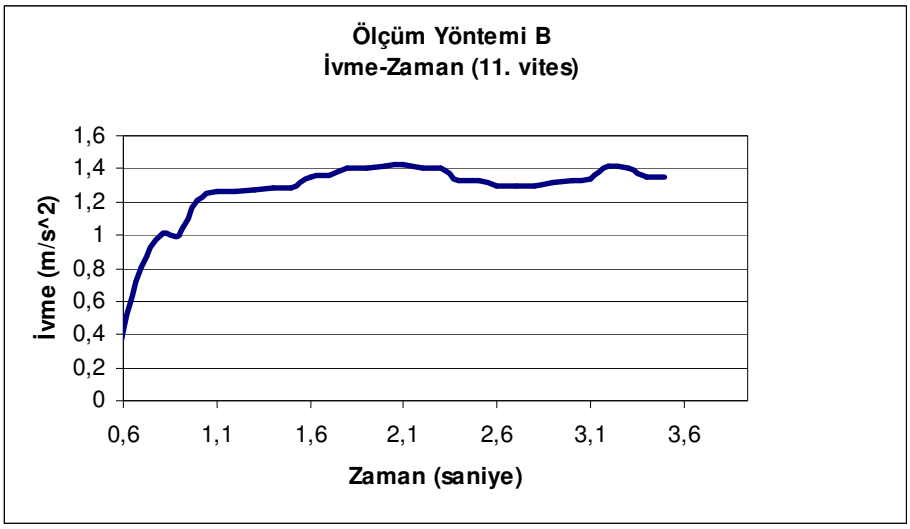
Şekil 5.10: 11. Vites İle Elde Edilmiş Zamana Göre İvme Karakteristiği

Teorik hesaplar ve yapılmış ön testlerle aracın 11. vites ile test edilmesi gerekli olduğu doğrulanmıştır. İçten yanmalı motorlara sahip araçlar aniden tam yük ile yüklendikleri durumlarda başlangıçta oluşan tork düzgünsüzlüklerinden dolayı ivmelenme dalgalanmaktadır. Bu nedenle koşullarını sağlanması için ivme dalgalanmalarının olmadığı durumlarda aracın test edilmemesi gereklidir ve sabit ivmelenme sağlanması gereklidir. Bu durumun test üzerinde etkisinin olmaması için aracın tam yükle AA' noktasına gelmeden önce yüklenmesi gereklidir. Bu nedenle ön testler yapılarak AA' noktasına ne kadar uzaklıkta aracın tam yükle yüklenmesi gerektiğinin tespit edilmesi gereklidir. Yapılan ön testlerin sonuçlarına göre AA' çizgisinden 4 m önce araç tam yüklendiği durumda aracın arkasının BB' çizgisinden çıkarken motor hızı 1915 dev/dak olduğu tespit edilmiştir.Motor hızı maksimum gücü veren motor devrinin 87% 'si olduğu görülmektedir. Aynı zamanda aracının hızı 39,2 km/sa olduğu için test koşulları sağlanmış durumdadır. Şekil 5.11'de aracının hızının zamana göre değişimi görülmektedir. Araç AA' noktasından 26,2 km/sa hızla geçmiş ve BB' çizgisinde 39,2 km/sa hıza sahip olduğu görülmektedir.



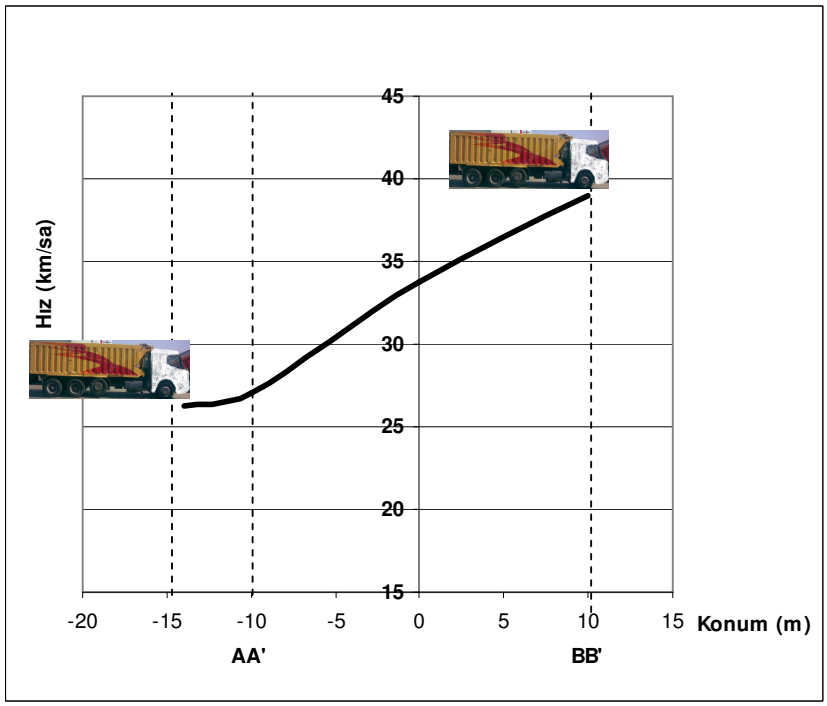
Şekil 5.11: 11. Vites Kademesi Hız Zaman Grafiği

Şekil 5.12'de ivmenin zamana göre değişimi görülmektedir. Aracın gaz pedalına tam basıldıktan 1,1 saniye sonra ivme değeri 1,22 m/s^2 değere ulaşmıştır ve testi tamamladığı durumda ivme değerinin 1,38 m/s^2 olduğu görülmektedir. AA' çizgisinden geçerken sahip olduğu hız ile referans noktasının BB' çizgisinden geçerken sahip olduğu hızı teorik olarak hesaplandığı zaman ivmesinin ortalama olarak 1,25 m/s^2 mertebesinde olduğu görülmektedir.



Şekil 5.12: 11. Vites Kademesi Hız Zaman Grafiği

Şekil 5.13'te test pistinin konumuna göre aracın hızlanma grafiğini göstermektedir. Aracın ivmelenmeye başladığı noktanın AA' çizgisinden 4 m önce olduğu açık olarak görülmektedir.



Şekil 5.13: Yöntem B İle Elde Edilmiş Hız Konum Grafiği

11. vites ile gerçekleştirilmiş test sonucuna göre aracın en yüksek ses seviyesi 79 dB(A) olduğu saptanmıştır. İki yöntem ile yapılmış olan testler sonucu elde edilmiş

olan ses seviyeleri arasında 1 dB(A) fark olduğu görülmektedir. Yeni yöntem ile araç test edilirken araç üzerinde bulunan lastikler hiç kullanılmamış lastik olması nedeniyle test şartı olan en az 80% diş derinliğini sağlamaktadır. Eski test yöntemi şartı minumum 1,6 mm diş derinliğine sahip lastikle ve eski yöntemle test gerçekleştirilmiş teste göre aracın test seviyesi 77 dB(A) olarak tespit edilmiştir. Eski yöntem ile 9. viteste elde edilen ses seviyesi 80 dB(A) iken eski yöntem ile 11. vites ile 77 dB(A) ses seviyesi elde edilmiştir. Eski yöntem ile yapılmış testde bu iki vites arasında 3 dB(A) fark olduğu görülmektedir. Yeni yöntem ile 11. vites ile gerçekleştirilen testin sonucuna göre elde edilmiş 79 dB(A) ses seviyesi sonucuna bakıldığı zaman aradaki farkın sadece 1 dB(A) olmasının nedeni lastiklerini diş derinliklerinin farklı olmasına ve ivmelenmeye başlama noktasının farklı olması olarak açıklanabilir.

6. ÖZET ve YORUMLAR

İstenmeyen ve dinyelene bir anlam ifade etmeyen ses olarak tanımlanan gürültünün en büyük kaynağı trafik gürültüsüdür. Trafik gürültüsünün en büyük sebeplerinden birisi içten yanmalı motorlu taşıtlar tarafında üretilen gürültü emisyonudur.1970 yılından itibaren araçların ses seviyelerini kontrol edebilmek için sınırlamalar getirilmiştir.Binek araçlar için ilk olarak 82 dB(A) olan gürültü seviyesi sınırı 1995 yılında 74 dB(A) olarak değiştirilmiş ve 8 dB(A) azaltılmıştır.

1980 öncesi araçların ürettiği gürültünün en büyük sebebi güç üreten kısmı olan motorlarken gelişen teknoloji sayesinde içten yanmalı motorlar daha sessiz hale gelmiştir ve bu yüzden yol lastik gürültüsü ön plana çıkmıştır.

Mevcut ölçüm yöntemi araç tarafından üretilen tüm gürültünün ölçüldüğünü varsayarak belirlenmiş bir yöntemdir. Tam gaz ivmelenme ile üretilen ses seviyesini ölçen bir yöntemdir. Ancak mevcut test yöntemiyle, aracın gerçek koşulları temsil edilmediği bilinmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte aktarma organlarında vites kademesi sayısının artması, CVT, hibrid araç gibi teknolojilerin ortaya çıkmasıyla şehir içi kullanım koşullarının mevcut yöntemle ses seviyesinin tesbit edilmesinde kullanılamadığı ve mevcut yöntemle gürültü limitlerinin indirilememesi nedeniyle yeni bir yöntem belirlenmiştir.

Yeni yöntem 18.06.2007 tarihinde 70/157/AT düzenlemesi 2007/34/AT düzenlemesi getirilerek yayınlanmış olup 2 sene boyunca eski yöntemle araçların ses seviyelerini ölçülüp tip onayına başvuru yapılırken, yeni yöntem ile de ölçümler yapılıp bilgi amaçlı olarak BM'e gönderilmesi istenmektedir.

Yeni yöntem ile eski yönteme göre nispeten daha zor test koşullarının sağlanması gereklidir. Yeni yöntem ile aracın kategorisine göre test koşulları değişmektedir.

Yeni yöntem en zor uygulanacağı araç grupları M_1, M_2<3500 kg, N_1 kategori araçlardır. Yeni yöntemin uygulamadan önce ön testler yapılarak aracın ivmelenme özelliklerinin belirlenmesi gereklidir, istatistiki sonuçlara dayanarak türetilen ve şehir

içi ivmelenme karakteristiği temsil eden a_{wotref} ivme değerini sağlayan vites oranı veya bu vime değerinin alt ve üst değerlerini sağlayan vites kademeleleri belirlenir. Belirlenen vites kademelerinde ivme testleri ve sabit hız testleri gerçekleştirilerek elde edilen ses seviyeleri düzeltme faktörleri kullanılarak tip onaylarında kullanılacak tek bir ses seviyesine indirgenir.

Yeni yöntem M_2>3500 kg, N_2, M_3 ve N_3 kategori araçlar için M_1, M_2<3500 kg, N_1 araçlara göre nispeten uygulaması daha kolay bir yöntemdir.Aracın referans noktasının BB' çizgisinden geçerken hızın 35 km/sa ± 5 km/sa olması ve motor hızının M_2>3500 kg, N_2 kategori araçlar için 74%-79% ve M_3 ve N_3 kategori araçlar için 85%-89% olması gereklidir ve sadece ivme testinin gerçekleştirilmesi istenmektedir.

BM/AEK tarafından yeni test yöntemi belirlenirken araçlar üzerinde yeni ve eski yöntemlerle testler gerçekleştirilmiştir. Test sonuçlarına göre yeni yöntem ile elde edilen ses seviyesi azalma eğilimi göstermektedir. Test edilmiş araçlarda ortalama 2 dB(A) azalma olduğu görülmektedir ve bu değişim gözönünde bulundurularak yeni yöntem tip onayı başvurularında test yöntemi olarak kullanılmaya başlanacağı zaman limitlerde iyileştirme olacağı tahmin edilmektedir.

M_2>3500 kg, N_2, M_3 ve N_3 kategori araçlarda yeni yöntemin uygulaması ile ilgili hiç bir çalışmayla karşılaşılmamıştır, bu yüksek lisans çalışmasında N_3 kategori bir araç için yeni yöntem uygulanmıştır. Yöntemin N_3 kategori araçlar için uygulabilir olduğu görülmüştür. İncelenen araç eski yöntem ile test edilirken 9. vites ile en yüksek ses seviyesi elde edilirken, yeni yöntem ile test koşulları 11. vites ile sağlanmıştır. İki yöntem ile elde edilen ses seviyeleri karşılaştırıldığı takdirde yeni yöntem ile elde edilen gürültü seviyesinin de düşme eğilimi gösterdiği görülmüştür. Ses seviyesi farkı 1 dB(A) olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

[1] Aktürk, N., Akdemir, O. ve Üzkurt, İ., 2003. Trafik Işık Sürelerinin Neden Olduğu Çevresel Taşıt Gürültüsü, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi Cilt 18, No 1, 71-87,

[2] Affenzeller, J., Rust, A., 2005. *Road TraFfic Noise- a Topic for Today and the Future*, VDA – Technical Congress ,Ingolstadt, Germany

[3] Steven, H., 2001. Minderrungspotenziale beim Strassenverkehrslaerm (reduction potentials for Road Traffic Noise)ology choices, *Energy Policy* **34**, 322–342.

[4] Directive 70/157/EEC of Feb. 1970 relating to the Permissible Sound Level and the exhaust System of Motor Vehicles, Council Directive

[5] Akalp, M.K., Eroğlu M., Aktürk, N, 2002. Taşıtlardaki kabin gürültüsünün yalıtımı, Uluslararası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi, Gazi Üniversitesi, Ankara

[6] Moore, D. B., 2005. Evaluation of the Revised ISO 362 Standard for Vehicle Exterior Noise Measurement, *SAE 2005 Noise and Vibration Conference and Exhibition Traverse City*, **2005-01-2417**

[7] LMS international website. Getting ready for the new ISO362 pass-by noise standard, LMS News Magazine, http://www.lmsintl.com

[8] Araçların İmal, Tadil Ve Montajı Hakkında Yönetmelik, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Resmi Gazete Sayısı:25620, 21/10/2004

[9] Motorlu Araçların Dış Gürültü Emisyonları ve Egzoz Sistemleri İle İlgili Tip Onayı Yönetmeliği, T.C, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı; 14/7/2004 tarih ve 25522 sayılı RG/2.md

[10] ECE R-51 Motor Vehicles Having at Least Four Wheels With Regard to Their Noise emissions, United Nations Regulation**,** Supplement 5 to the 02 series of amendments, 18.06.07

[11] Comparison of noise test results according to ECE R-51.02 and R-51.03, 2005, UN ECE information documents, http://www.unece.org/trans/doc/2005/wp29grb/TRANS-WP29-GRB-42-inf06e.pdf

ÖZGEÇMİŞ

Osman Dönmez 28 Ocak 1983 tarihinde İstanbul'da doğdu. İlkokul eğitimini Üsküdar Kadriye Mehmet Koparan İlköğretim Okulu (1988-1993), ortaokul eğitimini Üsküdar Nursen Fuat Özdayı İlköğretim Okulu (1993-1996), lise eğitimini de Üsküdar Halide Edip Adıvar Süper Lisesi'nde (1996-2000) tamamladı. Daha sonra İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünde üniversite eğitimine hak kazandı. 2005 yılında Lisans eğitimini İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Otomotiv dalında tamamladı. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Otomotiv Yüksek Lisans programına kayıt oldu. Erasmus-Socrates programı kapsamında değişim öğrencisi olarak seçildi ve Ağustos 2006–Şubat 2006 döneminde Eindhoven Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünde "Otomobil lastiklerinin deneysel Modal Analizi (İngilizce) konulu çalışmasını tamamladı. Şu an Homologasyon Mühendisi olarak çalışmaktadır.