

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TAŞITLARDA İÇ GÜRÜLTÜ DEĞERLENDİRMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mesut ERTUĞRUL

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Otomotiv Programı

HAZİRAN 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TAŞITLARDA İÇ GÜRÜLTÜ DEĞERLENDİRMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Mesut ERTUĞRUL
(503101714)**

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Otomotiv Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet GÜNEY

Teslim Tarihi: 30 Nisan 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503101714 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi **Mesut ERTUĞRUL**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“TAŞITLARDA İÇ GÜRÜLTÜ DEĞERLENDİRMESİ”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Ahmet GÜNEY**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Murat EREKE**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Muammer ÖZKAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **30 Nisan 2013**
Savunma Tarihi : **03 Haziran 2013**

Anneme ve babama,

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca bana sürekli yol gösteren, değerli zamanını bana ayıran ve yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Ahmet GÜNEY'e, yüksek lisans eğitimim boyunca sağladığı burs ile maddi ve manevi destek sağlayan TÜBİTAK'a, Ford Otosan Ürün Geliştirme departmanında yöneticilik ve mühendislik hayatını başarıyla sürdürmekte olan Mithat KOÇ'a ve hayatlarını bana adayan sevgili anneme ve babama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Nisan 2013

Mesut Ertuğrul
Makina Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY.....	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
2. SES.....	3
2.1 Ses Dalgalarının Özellikleri	4
2.2 Harmonik Olmayan Ses Dalgaları ve Rms Değerleri.....	6
2.3 Desibel	6
2.4 Ses Gücü Düzeyi	7
2.5 Ses Basıncı Düzeyi	8
2.6 Ses Şiddeti ve Ses Şiddeti Düzeyi.....	9
2.7 Yönelme ve Yönelme Katsayısı	10
2.8 Arı Ses, Peryodik ve Karmaşık Sesler.....	12
2.9 Serbest Alanda Sesin Yayılması	13
2.10 Serbest Alanda Ses Gücü Düzeyinden Ses Basıncı Düzeyinin Bulunması	13
2.11 Frekans Analizi.....	15
2.12 Oktav Bantları	16
3. GÜRÜLTÜ	21
3.1 Taşıtlarda Gürültü.....	21
3.1.1 Taşıtlarda gürültünün yayılımı	21
3.2 Taşıtlarda İç Gürültü.....	22
3.3 Taşıtlarda İç Gürültü Kaynakları.....	22
3.3.1 Motor gürültüsü.....	23
3.3.2 Egzoz gürültüsü.....	23
3.3.3 Hava emiş gürültüsü	23
3.3.4 Vites kutusu ve aktarma organları gürültüsü	23
3.3.5 Lastik gürültüsü.....	24
3.3.6 Fren gürültüsü	26
3.3.7 Aerodinamik gürültü.....	26
3.4 İç Akustik Modları	27
4. MOTORLU TAŞITLARDA İÇ GÜRÜLTÜNÜN ÖLÇÜLMESİ.....	29
4.1 Testin Yapılışı	29
4.2 Test Yol Koşulları	29
4.3 Taşıt Koşulları.....	30
4.3.1 Motor ve lastik koşulları	30
4.3.2 Taşıtın yükü.....	30

4.3.3 Açıklıklar, pencereler, yardımcı ekipmanlar, ayarlanabilir koltuklar	30
4.4 Taşıt Çalıştırma Koşulları.....	30
4.5 Mikrofon pozisyonları.....	31
5. TAŞITLARDA İÇ GÜRÜLTÜ İSTATİSTİĞİ.....	33
5.1 Benzinli Taşıtlarda Maksimum Güç- Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi.....	35
5.2 Dizel Taşıtlarda Maksimum Güç- Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi	35
5.3 Benzinli Taşıtlarda Maksimum Tork - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi.....	36
5.4 Dizel Taşıtlarda Maksimum Tork - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi	36
5.5 Benzinli Taşıtlarda Maksimum Güç / Maksimum Tork - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi	37
5.6 Dizel Taşıtlarda Maksimum Güç / Maksimum Tork - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi	37
5.7 Benzinli Taşıtlarda Maksimum Güç / Ağırlık-Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi..	38
5.8 Dizel Taşıtlarda Maksimum Güç / Ağırlık - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi	38
5.9 Benzinli Taşıtlarda Maksimum Tork / Ağırlık - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi	39
5.10 Dizel Taşıtlarda Maksimum Tork / Ağırlık - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi .	39
6. TAŞITLARDA İÇ GÜRÜLTÜNÜN ÖNEMİNİN ARTMASI	41
6.1 İçten Yanmalı Motorlar Çalışan Taşıtlarda İç Gürültüye Neden Olan İkincil Kaynaklar	41
6.1.1 Motor volanından aldığı tahrikle çalışanlar elemanlar.....	41
6.1.2 Elektrik motoru tahrikli elemanlar	43
6.2 Elektrikli Taşıtlarda İç Gürültü Kaynakları.....	43
6.3 İçten Yanmalı Motorlu ve Elektrikli Taşıtlarda İç Gürültüye Etki Eden Vızıltılar, Takırtılar (BSR)	46
7. ÖRNEK BİR TAŞITTA İÇ GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMLERİ.....	49
7.1 Seyir Halinde ve Durağan Halde Halinde Yapılan Ölçümler.....	50
7.2 Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirme.....	51
7.2.1 Seyir halinde yapılan ölçüm sonuçları	51
7.2.2 Durağan halde yapılan ölçüm sonuçları	53
7.3 Sübjektif Değerlendirme	56
7.4 İç Akustik Modları Ölçümü.....	57
8. SONUÇ.....	59
KAYNAKLAR.....	61
EKLER	63
ÖZGEÇMİŞ.....	115

KISALTMALAR

ISO	: International Organization for Standardization
CD	: Compact Disc
BSR	: Buzz, Squeak & Rattle
ABS	: Anti-lock Braking System
NVH	: Noise, Vibration & Harshness
RPM	: Revolutions per Minute
RMS	: Root Mean Square
B&K	: Brüel & Kjær

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Bazı gürültü kaynaklarının ses gücü ve düzeyi	8
Çizelge 2.2 : Konumuna göre yönelme katsayıları	11
Çizelge 2.3 : Oktav bant aralıkları ve merkez frekansları	18
Çizelge 5.1 : Benzinli ve dizel taşıtlardaki hız değerlerine bağlı olarak ortalama taşıt iç ses seviyesi değerleri.....	40
Çizelge 7.1 : Ses ölçümleri yapılan araçta x ve y doğrultusunda modları olan 1,0,0 ve 0,1,0 ‘de uzaklığa bağlı olarak frekans değerleri.	57
Çizelge 7.2 : 74 Hz değerinde taşıta verilen sinyal sonucu mesafeye bağlı olarak taşıtın sol, sağ ve orta kısmında ölçülen ses seviyeleri.	58
Çizelge 8.1 : 2007-2011 yılları arası yaklaşık 400 otomobilin iç gürültü seviyeleri ortalamaları	60
Çizelge A.1: Benzinli taşıtlarda belirli hızlarda ölçülmüş iç gürültü değerleri	64
Çizelge A.2: Dizel taşıtlarda belirli hızlarda ölçülmüş iç gürültü değerleri	76

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : İnsanın ses ve titreşimi genliğe bağlı olarak algıladığı frekans aralığı.....	3
Şekil 2.2 : Günlük hayattaki gerçekleştirdiğimiz bazı eylemler ve kullandığımız bazı araçların genliğe bağlı olarak frekans aralıkları.....	4
Şekil 2.3 : Basit harmonik bir ses dalgası.....	5
Şekil 2.4 : Basit harmonik ses dalgasının ilerleyişi.....	5
Şekil 2.5 : Ses şiddeti.....	9
Şekil 2.6 : Harmonik fonksiyonlardan harmonik olmayan periyodik bir fonksiyonun elde edilişi.....	12
Şekil 2.7 : Serbest alanda ses basıncı düzeyinin, kaynağa olan uzaklıkla değişimi.....	15
Şekil 2.8 : Harmonik, periyodik, karmaşık seslerin ses basınç ve frekans değişimi.....	16
Şekil 3.1 : Taşıt iç gürültüsüne neden olan motor, lastik ve rüzgar gürültü kaynakları elemanları.....	22
Şekil 3.2 : Lastikte oluşan gürültünün taşıt içine yayılım yolları.....	25
Şekil 3.3 : Taşıt üzerinde aerodinamik etkiyle oluşan hava hareketleri.....	26
Şekil 4.1 : Koltuğa yerleştirilmesi istenen mikrofon pozisyonu.....	31
Şekil 5.1 : B ve C segmentindeki araçların iç gürültü seviyesindeki gelişimi.....	33
Şekil 5.2 : Üst kesim sınıfında olan araçlarda ani gürültü değerlerinin gelişimi.....	34
Şekil 5.3 : Rölantide benzinli taşıtlarda maksimum güç- taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.....	35
Şekil 5.4 : 120 km/h'de dizel taşıtlarda maksimum güç- taşıt içi seviyesi ilişkisi.....	35
Şekil 5.5 : Rölantide benzinli taşıtlarda maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.....	36
Şekil 5.6 : 50 km/h'de dizel taşıtlarda maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.....	36
Şekil 5.7 : 80 km/h'de benzinli taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.....	37
Şekil 5.8 : 120 km/h'de dizel taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.....	37
Şekil 5.9 : Rölantide benzinli taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.....	38
Şekil 5.10 : 50 km/h'de dizel taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.....	38
Şekil 5.11 : Rölantide benzinli taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.....	39
Şekil 5.12 : 80 km/h'de dizel taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.....	39
Şekil 5.13 : Benzinli ve dizel taşıtlardaki hız değerlerine bağlı olarak ortalama taşıt içi ses seviyesi değerleri.....	40
Şekil 6.1 : Taşıt içinde hissedilen kompresör iniltisi örneği.....	42
Şekil 6.2 : Alternatör iniltisi örneği.....	42

Şekil 6.3 :	Taşıtta gerçekleşen bir pompalama olayındaki maskelemenin etkisi.	44
Şekil 6.4 :	Süspansiyon sertliğinin araç konsolu üzerindeki etkisi.	47
Şekil 6.5 :	Araç CD çalarındaki titreşim azaltılması.	47
Şekil 6.6 :	Taşıt içinde vızıltı oluşumuna en olan pencere açma-kapama sistemi. ..	48
Şekil 7.1 :	Ölçüm için mikrofonların ve ivmeölçerlerin otobüs içinde yerleşimi.....	49
Şekil 7.2 :	Mikrofonun koltuğa yerleştirilmesi.	49
Şekil 7.3 :	İvmeölçerlerin yerleştirilmesi.	50
Şekil 7.4 :	Seyir halinde 1 numaralı mikrofondan alınan ses haritası.	51
Şekil 7.5 :	Seyir halinde taşıtın orta bölümünde bulunan 2,3,4 numaralı mikrofonlardan elde edilen ses haritaları.	52
Şekil 7.6 :	Seyir halinde sürücü koltuğunda bulunan 5 numaralı mikrofondan alınan ses haritası.	52
Şekil 7.7 :	Durağan halde 1 numaralı mikrofondan elde edilen ses haritaları: (a) Motor yardımcı elemanları devre dışı iken. (b) Motor soğutma fanı devredeyken. (c) Hava kompresörü devreyken.	53
Şekil 7.8 :	Durağan halde 3 numaralı mikrofondan elde edilen ses haritaları (a) Motor yardımcı elemanları devre dışı iken (b) Motor soğutma fanı devredeyken (c) Hava kompresörü devreyken.	54
Şekil 7.9 :	1 numaralı mikrofondan elde edilen ses haritaları (a) seyir halinde (b) durağan halde	55
Şekil 7.10 :	Ölçümlerde kullanılan Head and Torso örneği.	56
Şekil 7.11 :	Ölçümlerden elde edilen bir kayıttın düzenlenmesi.	57
Şekil 7.12 :	74 Hz değerinde taşıta verilen sinyal sonucu mesafeye bağlı olarak taşıtın sol, sağ ve orta kısmında ölçülen ses seviyeleri.	58
Şekil B.1 :	Rölantide benzinli taşıtlarda maksimum güç - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	86
Şekil B.2 :	50 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum güç-taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	87
Şekil B.3 :	80 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum güç- taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	87
Şekil B.4 :	120 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum güç- taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	88
Şekil B.5 :	Rölantide dizel taşıtlarda maksimum güç- taşıt içi ses seviyesi ilişkisi. .	88
Şekil B.6 :	50 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç- taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	89
Şekil B.7 :	80 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç- taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	89
Şekil B.8 :	120 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç- taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	90
Şekil B.9 :	Rölantide benzinli taşıtlarda maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	90
Şekil B.10 :	50 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	91
Şekil B.11 :	80 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	91
Şekil B.12 :	120 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	92
Şekil B.13 :	Rölantide dizel taşıtlarda maksimum tork -taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	92

Şekil B.14 : 50 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.....	93
Şekil B.15 : 80 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.....	93
Şekil B.16 : 120 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.....	94
Şekil B.17 : Rölantide benzinli taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.....	94
Şekil B.18 : 50 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	95
Şekil B.19 : 80 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	95
Şekil B.20 : 120 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	96
Şekil B.21 : Rölantide dizel taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.....	96
Şekil B.22 : 50 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.....	97
Şekil B.23 : 80 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.....	97
Şekil B.24 : 120 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.....	98
Şekil B.25 : Rölantide benzinli taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	98
Şekil B.26 : 50 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	99
Şekil B.27 : 80 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	99
Şekil B.28 : 120 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.....	100
Şekil B.29 : Rölantide dizel taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	100
Şekil B.30 : 50 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	101
Şekil B.31 : 80 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	101
Şekil B.32 : 120 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	102
Şekil B.33 : Rölantide benzinli taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	102
Şekil B.34 : 50 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	103
Şekil B.35 : 80 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	103
Şekil B.36 : 120 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.....	104
Şekil B.37 : Rölantide dizel taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	104
Şekil B.38 : 50 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	105

Şekil B.39 : 80 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	105
Şekil B.40 : 120 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.	106
Şekil C.1 : 1. Mikrofon ses değerleri.	107
Şekil C.2 : 2. Mikrofon ses değerleri.	107
Şekil C.3 : 3. Mikrofon ses değerleri.	108
Şekil C.4 : 4. Mikrofon ses değerleri.	108
Şekil C.5 : 5. Mikrofon ses değerleri.	108
Şekil C.6 : 1. Mikrofon ses değerleri.	109
Şekil C.7 : 2. Mikrofon ses değerleri.	109
Şekil C.8 : 3. Mikrofon ses değerleri.	109
Şekil C.9 : 4. Mikrofon ses değerleri.	110
Şekil C.10 : 5. Mikrofon ses değerleri.	110
Şekil C.11 : 1. Mikrofon ses değerleri.	110
Şekil C.12 : 2. Mikrofon ses değerleri.	111
Şekil C.13 : 3. Mikrofon ses değerleri.	111
Şekil C.14 : 4. Mikrofon ses değerleri.	111
Şekil C.15 : 5. Mikrofon ses değerleri.	112
Şekil C.16 : 1. Mikrofon ses değerleri.	112
Şekil C.17 : 2. Mikrofon ses değerleri.	112
Şekil C.18 : 3. Mikrofon ses değerleri.	113
Şekil C.19 : 4. Mikrofon ses değerleri.	113
Şekil C.20 : 5. Mikrofon ses değerleri.	113

TAŞITLARDA İÇ GÜRÜLTÜ DEĞERLENDİRMESİ

ÖZET

Günümüzde yaşanan teknolojik gelişmelerin en çok etkilediği sektörlerden biri de otomotiv endüstrisidir. Bu teknolojik gelişmeler ile beraber müşterilerin beklentileri yükselmiştir. Bu beklentileri karşılamak için üreticiler birçok konunun üzerinde çalışmalar yapmaktadır. Bunlara örnek vermek gerekirse; yakıt ekonomisi, güvenlik, konfor vb...

Konfor, müşterilerin bir aracı seçme kriterlerinin üst sıralarında yer almaktadır. Konforun da en önemli parametrelerinden biri, belki de en önemlisi taşıt içi akustiğidir. Bunun farkında olan üreticiler taşıt içi akustiğinin iyileştirilmesi için ciddi harcamalar ve araştırmalar yapmaktadır. Taşıt üzerinde bulunan ve gerçekleşen birçok sistem taşıt içi akustiğine etki etmektedir. Bu karmaşık olayları incelemek ve taşıt içi akustiğin geliştirilmesi için ciddi bir zaman ve kaynağa gerek vardır. Ayrıca taşıtın sınırlı bir büyüklüğe sahip olması, uygulanacak bir takım modifikasyonların ağırlığı artıracığından dolayı yakıt tüketiminin artması gibi zorluklarda karşımıza çıkmaktadır. Özellikle kamyon, otobüs ve büyük ticari gibi yüksek tork ve güce sahip araçlarda bulunan hava kompresörü, soğutma fanı, şaft freni gibi elemanlar da taşıt içi akustiğine ciddi bir biçimde olumsuz etki yaratmaktadır. Kötü bir kabin içi akustiğine sahip araçlar, içinde uzun süre bulunan sürücü ve yolcularda sağlık sorunlarına yol açabilmekte ve iyi bir sürüş kalitesi sağlanamadığı gibi güvenlik açısından da sorunlar yaratabilmektedir.

Taşıt içi için yapılacak olan akustik iyileştirme öncelikle gürültünün kaynaklarının belirlenmesi, bu kaynakların yarattığı gürültünün seviyesini ve hangi frekans aralıklarında oluştuğunun bilinmesi gerekmektedir. Tüm bu işlemlerin yapılması düşünülenin aksine kolay değildir. Ölçümlerde karşımıza birçok engel çıkmaktadır. Örneğin, motora bağlı olan soğutma fanının etkisini incelemek için hem fan çalışır iken hem de devrede olmadığı durumda ölçümler yapılması gerekir. İç gürültü ölçüm standardı (ISO 5128) de belirtilen motorun rejim sıcaklığına getirilmesi hususu, günümüz motor soğutma fanlarının devreye girme ve çeşitli hızlarda çalışması lojiklerini tam olarak kapsamamaktadır. Motor performans ve emisyonlarının daha iyi kontrol edilebilmesi için motor devrinden bağımsız çalışan sistemler kullanılabilmektedir. Bu durum iç gürültü ölçümleri yapılırken soğutma fanının etkilerinin kontrolünü zorlaştırmakta ve ölçüm sonuçlarını etkilemektedir.

Yardımcı donanımların iç gürültüye etkilerinin belirlenmesi amacıyla, bu donanımlar kontrollü olarak devreye sokulup çıkarılarak ölçümler yapılmış ve bu etkiler frekans analizlerinde irdelenmiştir.

Bu irdellemelerde subjektif değerlendirmeler de önem taşır. Yardımcı donanımların devreye girdiğinde iç gürültüde meydana gelen değişimler (ses seviyesi, frekans içeriği ve algılama) irdelenmeye çalışılacaktır.

Bu tezde ilk olarak temel ses bilgisi ele alınacaktır. Sonrasında taşıtlarda motorlu taşıtlar iç gürültü ölçümü standardı anlatılacaktır. Ardından taşıtlarda iç gürültü hakkında istatistik bilgilere yer verilecektir. İstatistiksel bilgilerden sonra taşıtlar iç gürültünün önemine değinilecektir. Son olarak da bu tez için bir otobüste çeşitli durumlarda yapılan iç ses seviyesi ölçümlerinden ve sonuçlarından bahsedilecektir.

INTERIOR NOISE ASSESSMENT IN VEHICLES

SUMMARY

Today, automotive is the one of the industry that mostly influenced by technological improvements. At the same time this improvements change customer's expectations. As a result of changed customer's expectations, automakers have been investigating lots of subjects that are related to automotive and human. For example; fuel economy, safety, comfort etc...

Comfort takes first place customer's checklist to buy a new car. Besides interior acoustic of vehicle is the most important factor of the comfort level in customer's point of view. Therefore automakers have been making investments and researches for improving vehicle's interior acoustic's level. As you will see in this thesis, acoustic in vehicle has lots of complex systems. To make improvement in acoustic levels, researchers need lots of time and money. Some modifications on vehicle for improving interior acoustic level can affect fuel economy and some other factors in negative way due to adding mass to the limited volume of vehicle. Some parts such as air compressor, cooling fan, retarder affect have an important affect in heavy commercial vehicles and busses' interior acoustic levels. Health problems and safety issues could be occurred during long driving times due to acoustic levels that is not good enough in a vehicle.

Before studies for improving acoustic level, we need to clarify sourcing, level and frequency range of noise. But these steps not easy to clarify as it seems. There are lots of difficulties in measurements of interior acoustic levels. For example; due to ISO 5128 when we need to investigate affects of measure cooling fan that is integrated to engine, to vehicle interior acoustic level. But ISO 5128 doesn't contain engine operation, cooling fan operation condition detailed information. Today, cooling fans' operation condition doesn't related to engine speed for controlling engine performance and emissions. For these reasons, it is too difficult measure interior acoustic level for investigate the affect of cooling fan.

During measurements regarding to investigate affects auxiliary units on interior acoustic level, this units are activated and deactivated for specific time period. As a result, auxiliary units affects could be determined. Also, subjective assessments are important for these measurements and investigations.

Firstly, basic sound information with details has been explained in this thesis. Sound is a mechanical wave that is an oscillation of pressure transmitted through a solid, liquid, or gas, composed of frequencies within the range of hearing. Sound is a sequence of waves of pressure that propagates through compressible media such as air or water. (Sound can propagate through solids as well, but there are additional modes of propagation). Sound that is perceptible by humans has frequencies from about 20 Hz to 20,000 Hz. Vibrations that are felt are under 200 Hz, vibrations between 20 Hz - 20,000 Hz are audible by humans, vibrations over 20,000 Hz are ultrasonic and not audible by humans. In air at standard temperature and pressure, the

corresponding wavelengths of sound waves range from 17 m to 17 mm. During propagation, waves can be reflected, refracted, or attenuated by the medium.

Noise in vehicles (especially interior noise) has been investigated and explained after basic information of sound. In relation to sound, noise is not necessarily random. Sounds, particularly loud ones, that disturb people or make it difficult to hear wanted sounds, are noise. Noise in vehicles can be classified as interior and exterior noise. There are some regulations about exterior noise that is caused by a vehicle. If a car doesn't meet regulations, it can't get ok to sell. But there is no regulation about interior noise of a car. Vehicle interior noise is a combination of engine noise, road noise, intake noise, exhaust noise, aerodynamic noise, noise from components and ancillaries, brake noise, squeaks, rattles and tizzes. Engine noise results from gas forces in the cylinders applied to the structure of the engine, causing vibration to occur which is then radiated as noise. Road noise that affects interior noise of a vehicle resulting from the contact between the tyres and the road, being transmitted to the interior by both airborne and structure-borne paths. Aerodynamic noise is caused through a variety of mechanisms; aerodynamic excitation of the glasswork and the roof panel that is causing structure-radiated noise in the interior, airflow over the underside of the vehicle causing transmission of airborne sound to the interior, noise transmission through door and glass seals due to leakage, vortex passing over sharp edges in the bodywork, cavity flows through partially open windows and sunroofs. Brake noise is the pairing of friction surfaces at the pad and rotor disk. Brake noise is radiated by the brake components themselves. Squeaks, rattles and tizzes influenced by material choice, surface finish, frequency of excitation, amplitude of excitation, interference levels between the two materials, normal loads, temperature, humidity. Apart from squeaks, rattles and tizzes that occur inside the passenger compartment, noise or vibration usually originates from outside, interacting with the vehicle structure in some way and then producing radiated sound inside the compartment. The interaction with the structure can be either as; an airborne noise path - airborne noise from outside the passenger compartment leaking in to cause airborne noise inside. A structure-borne noise path - vibration from outside causing the surfaces of the passenger compartment to vibrate and radiate noise.

After investigating noise, ISO 5128 – Acoustics, Measurement of noise inside motor vehicles was explained with all details including nature of tests, measured quantities, measuring equipment, test road conditions, vehicle conditions, microphone conditions, etc...

Interior noise levels has been reducing since 1970s due to technical improvements about devices in vehicles such as engines, intake – exhaust systems, isolation. Nearly 400 vehicle's interior noise levels during driven in specific speeds can be found. Some analyses was done with nearly 400 vehicle's noise levels and other attributes. In these analyses we consider the vehicles' fuel type, mass, maximum torque, maximum power and noise level. Extended values of these analyses and information can be found additional section of this thesis.

Secondary systems that are reasons of the interior noise too has become important these years. We can mention two main reasons for this statement. Firstly, technical improvements about noise and vibration in primary systems such as tyres, engines, intake-exhaust systems. Secondly, electrical and hybrid cars. As you know there are lots of electrical and hybrid cars that haven't got internal combustion engine and

gearbox(main sources of interior noise of vehicles.) in the traffic. Secondary systems powered by engine serpentine belt and secondary systems in electrical vehicles were investigated. These are the accessories driven by the engine through a serpentine belt. For example; alternator, power steering pump, air conditioning compressor. The sound quality attributes induced in the vehicle cabin are tonal components derived from the fundamental frequencies of the prime movers (the compressor for the HVAC system, the power steering pump for the hydraulic-assist steering system, etc.). The climate control system however has another sound quality attribute, which is air rush, or noise due to the blower and the ventilation ducts. Also seat adjusters, mirrors, pedals, sunroof, window lifters that are powered by direct current motor cause undesirable noise inside of a vehicle. For electrical cars, electrical motor is the main reason of interior noise. It would be wrong to assume that electric motors are completely quiet. Depending on the design of the motor, the electromagnetic pulses and corresponding torque pulses from the motor can be very strong. These can be radiated as noise directly from the motor housing and can also be transmitted structurally to the support structure through the motor mounts. Also, the noise radiated directly from the motor is generally quite high in frequency (>1000 Hz), which means that conventional acoustical materials are highly effective at blocking and absorbing this airborne noise energy. So while it is true that electric motors present a lesser challenge for noise control engineers as compared to internal combustion engines, strategies for mechanical and acoustic isolation of the motor must still be effectively executed. In addition to the motor itself, other parts of the electromotive system create noise, in particular, the gearbox and the power electronics unit. Also there are some ancillary systems that can cause noise inside of a electrical vehicles. For example; vacuum pump to power brake booster, heat exchanger cooling fan for motor and battery cooling, fluid pumps for system cooling, compressor for cabin cooling, anti-lock braking system's pump and module, electric steering rack. All these mechanisms and systems have become important for interior acoustic in vehicles.

After all, a study about interior noise has been done in a bus. Five microphones and five accelerometers were placed proper areas inside of the vehicle. Then these devices connection has been provided to the workstation. After the test setup, we ran the tests in stationary and nonstationary status in different conditions. While we were making test, we collected all datas from microphones, accelerometers in workstation for analyze. After the tests, noise maps has been created from datas that we collected during test by analyze program. Then assumption and reviews has been done in this thesis according to noise maps and datas.

In summary, basic sound has been explained. Then measurement of noise inside motor vehicle standard (ISO 5128) was described. After this section statistics about vehicle interior acoustic levels were take a part. Afterward statistical information, importance of interior acoustic has been explained. In the end, there is a study of interior acoustic level measurement and analyze of a bus for this thesis.

1. GİRİŞ

Kullandığımız taşıtlar, günümüzde hayatımızın en önemli unsurlarından biri haline gelmiştir. Hayatımızda önemli bir yer teşkil ettiğinden dolayı, taşıt seçiminin amaçlar doğrultusunda iyi bir şekilde yapılması gerekmektedir. Bu seçimde göz önüne alınan kriterlere örnek verilmesi gerekirse; güvenlik, konfor, yakıt ekonomisi, tasarım, vb. örnekler verilebilir.

Konfor, müşterilerin bir taşıtı seçme kriterlerinin üst sıralarında yer alır. Sürüş esnasında kabin içinde oluşan gürültü ise konforu etkileyen en önemli etkenlerin başında yer almaktadır. Gelişen teknoloji ve müşteri istekleri doğrultusunda kabin içinde oluşan gürültü seviyeleri yıllar içinde büyük bir gelişim göstermektedir.

1.1 Tezin Amacı

Taşıt içinde bulunan ve gerçekleşen birçok sistem taşıt içi akustiğine etki etmektedir. Bu karmaşık olayları incelemek ve taşıt içi akustik geliştirilmesi için ciddi bir zaman ve kaynağa gerek vardır. Kabin içi gürültü ile ilgili herhangi bir yasal zorunluluk bulunmamasına rağmen otomotiv üreticileri arasındaki rekabet, gelişen teknoloji ve müşteri istekleri doğrultusunda bu kabin içi gürültü seviyesi ile ilgili son yıllarda büyük gelişmeler yaşanmaktadır.

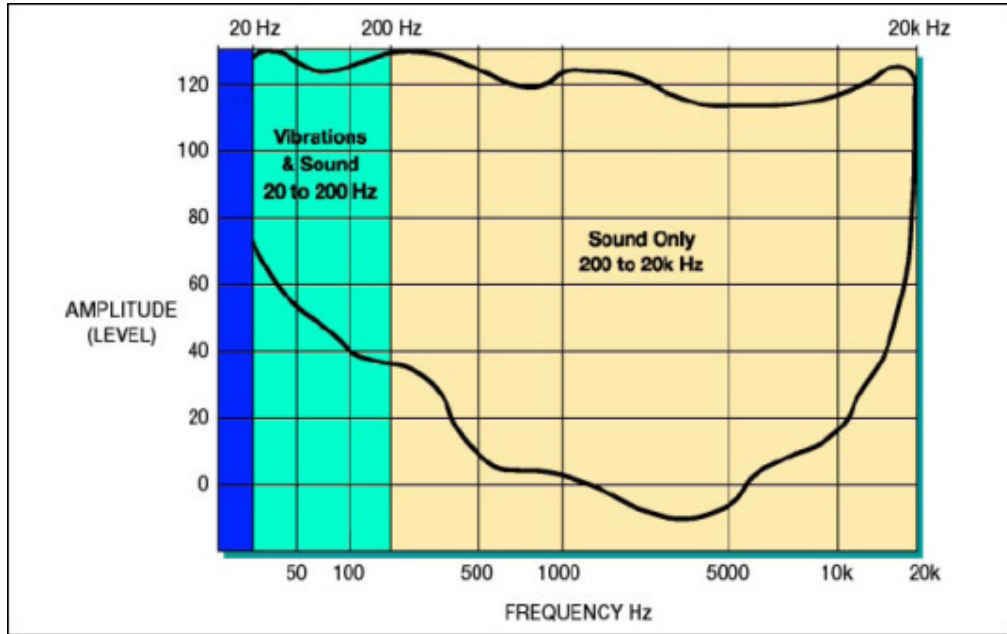
Bu tezde kabin içi gürültüyle bağlantılı olarak ses temel bilgisi anlatıp, taşıt içi gürültü nedenleri incelenmiştir. Ardından taşıtlarda iç gürültü ölçümü standartına değinilecektir. Taşıtlarda iç gürültü standardı incelendikten sonra yıllara göre taşıtlardaki iç gürültü istatistiği incelenecek ve taşıtlarda iç gürültünün öneminden bahsedilecektir. Son olarak ise bu tez için yapılmış olan bir ticari taşıtta gerçekleştirilen iç gürültü ölçümü, iç akustik mod analizi ve yapılan bu ölçümlerin sonuçlarına yer verilecektir.

2. SES

Atmosferde kulağımız tarafından algılanabilen periyodik basınç değişimleridir. Fiziksel boyutta ses; hava, katı, sıvı veya gaz ortamlarda oluşan basit bir mekanik düzensizliktir. Maddedeki moleküllerin titreşmesi sonucunda oluşur.

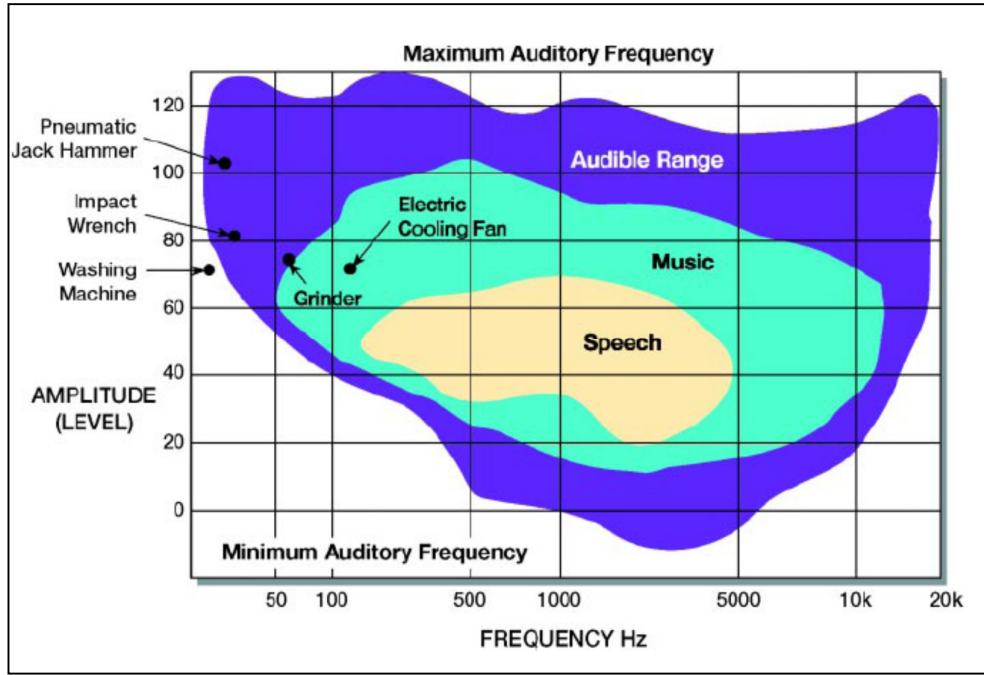
Ses veren her madde bir ses kaynağıdır. Sesler kaynaktan aldığı enerjilerle titreşerek yayılırlar. Titreşen cisimler esnek olup sesi oluşturur. Esnek olan cisimler ses dalgaları meydana getirebilir ve ses dalgalarını iletebilir. Ses mekanik bir dalga olduğu için yayılması için bir ortama ihtiyaç duymaktadır. Ses dalgaları ortamlarda sıkışma ve genleşme şeklinde boyuna ilerleyen dalgalardır. Ses dalgalarının basıncı olup, girişim sonucu vuru oluştururlar [1].

Ses de titreşimde olduğu gibi bir saniye içinde oluşan dalgalar (Hz) şeklinde ifade edilmektedir.



Şekil 2.1 : İnsanın ses ve titreşimi genliğe bağlı olarak algıladığı frekans aralığı [2].

Şekil 2.1 'de insanın, sesi ve titreşimi hangi frekans aralıklarında genliğe bağlı olarak hissedebileceklerini gösterilmiştir. 20 Hz'den aşağı frekansa sahip dalgaları insanlar sadece titreşim olarak, 20 ve 200 Hz arasında bir frekansa sahip olan dalgaları hem titreşim hem de ses olarak hissedebilmektedir. 200 Hz ile 20 kHz frekans aralığında olan dalgaları insanlar ses olarak algılayabilmektedir. Şekil 2.1 'de koyu siyah çizgi ile sınırları belirtilmiş alan insan tarafından sesin algılanabildiği frekans aralığı belirtilmiştir.



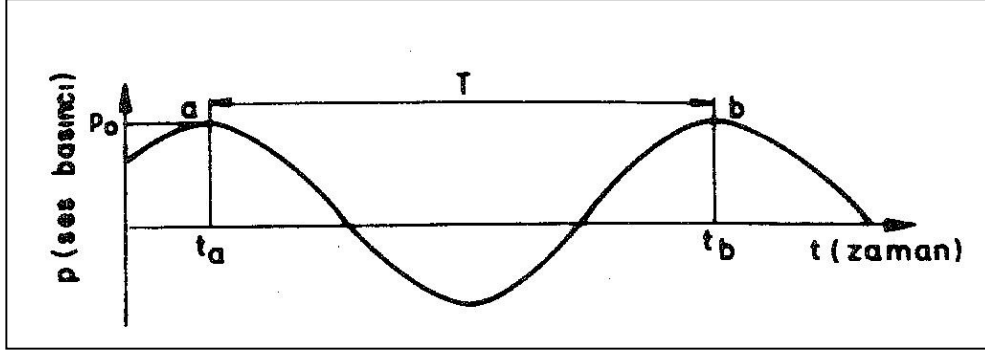
Şekil 2.2 : Günlük hayattaki gerçekleştirdiğimiz bazı eylemler ve kullandığımız bazı araçların genliğe bağlı olarak frekans aralıkları [2].

Şekil 2.2'de müzik, konuşma, elektrik motorlu soğutma fanı, çamaşır makinesi, taşlama makinesi vb. gibi günlük hayattaki eylemler, araçlar ve sanayide kullanılan bazı aletlerin genliğe bağlı olarak çalıştıkları frekans aralıkları verilmiştir. Mor renk ile belirtilen bölge insanların duyabileceği frekans aralığını belirtmektedir.

2.1 Ses Dalgalarının Özellikleri

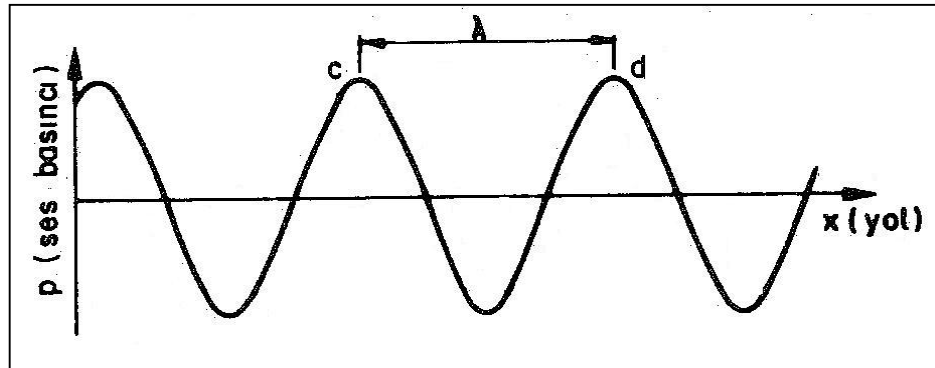
Basit harmonik bir ses dalgasının bir noktada oluşturduğu ses basıncının zamanla değişimi Şekil 2.3 de gösterilmektedir. P_0 ile gösterilen, basıncın en büyük değerine genlik, basıncın birbirini izleyen en büyük iki değeri arasında geçen zamana ise periyot adı verilir. Periyot, T ile gösterilir ve birimi ise saniyedir. Bir basınç değişim

devri için geçen zaman periyot olarak tanımlanır. Birim zamandaki basınç değişim devri sayısını tanımlayan frekans (f) ise periyodun tersidir. Basınç değişim devri ile belirtilmek istenen, basıncın aynı yönden yaklaşarak aynı düzeye ulaştığı birbirini izleyen iki nokta arasındaki kısımdır. Frekans bir saniyedeki devir sayısı olan Hertz ile ölçülür [3].



Şekil 2.3 : Basit harmonik bir ses dalgası [3].

Ses dalgasının yarattığı ses basıncının ses kaynağından olan uzaklıkla değişimi Şekil 2.4 ile gösterilmektedir. Şekil 2.4'de, yatay eksenle birbirini izleyen iki benzer nokta arasındaki uzaklık dalga boyunu (λ) tanımlamaktadır [3].



Şekil 2.4 : Basit harmonik ses dalgasının ilerleyişi [3].

Periyodu olan T sürede (λ) dalga boyuna sahip bir ses dalgası kendi boyu kadar yol gideceğinden, dalganın yayılma hızı,

$$c = \frac{\lambda}{T} \quad (2.1)$$

olacaktır. Dolayısıyla, bir dalganın frekansı veya periyodu ile dalga boyu arasındaki ilişki aşağıdaki gibi gösterilebilir (2.2).

$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f \quad (2.2)$$

2.2 Harmonik Olmayan Ses Dalgaları ve Rms Değerleri

Günlük hayatta çevremizde işittiğimiz seslerin, periyodik olsun veya olmasın, büyük bir çoğunluğu harmonik değildir. Bu gibi durumlarda ses basıncının yüksekliğini, ses basıncının genliği ile tanımlamamız olanaksızdır. Ses basıncı hakkındaki en önemli bilgiyi, ses basıncının rms değeri adı verilen ortalama kare değerinin karekökü verir. Ses basıncının zamanla değişimi $p(t)$ ise, bu ses basıncının T süresindeki rms değeri aşağıdaki denklemde olduğu gibi yazılabilir (2.3) [3].

$$p = \left[\frac{1}{T} \int_0^T p(t)^2 dt \right]^{1/2} \quad (2.3)$$

Periyodik ses dalgaları için, Denklem 2.3’de T olarak ses dalgasının periyodu alınır. Periyodik olmayan ses dalgaları için ise, ses basıncının rms değeri belirli bir T süresi için bulunabilir [3].

2.3 Desibel

İlk kez elektrik mühendisliğinde kullanılan desibel, bir oranı veya görelî bir değeri gösterir. Alexander Graham Bell’in anısına bel adı verilen birim, iki büyüklüğün oranının logaritması olarak tanımlanmaktadır. Bu oranın çok yüksek olmasının dolayı desibel adı verilen ve “oranların logaritmasının 10 katı” olarak tanımlanan birim daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sayılardan biri referans bir sayı olarak alındığından; desibel, söz konusu bir büyüklüğün referans büyüklüğüne oranının logaritmasının 10 katıdır. Desibel, genelde güç ya da güç eşdeğeri büyüklükleri ölçmekte kullanılır. Desibel (dB) ile ölçtüğümüz büyüklüklere düzey adı verilir, Örneğin, W değerindeki bir gücün W_0 referans değerine göre düzeyi,

$$\text{Düzey (dB)} = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad (2.4)$$

olarak tanımlanır. Dolayısıyla referans olarak alınan W_0 'ın değerini bilmeme durumunda, tek başına W 'nın dB cinsinden düzeyi hiçbir anlam ifade etmez. Doğrusal bir ölçek yerine logaritmik bir ölçek kullanılışından dolayı, alt ve üst sınır değerleri arasında büyük farklar olan ses ölçümleri için desibel uygundur [3].

2.4 Ses Gücü Düzeyi

Bir ses kaynağının yaydığı ses enerjisinin gücüne ses gücü, bu gücün düzeyine ise ses gücü düzeyi (L_W) adı verilir. Referans gücü olarak uluslararası referans $W_0=10^{-12}$ W kullanılır. Denklem 2.4'e göre tanımlanan ses gücü W olan bir kaynağın ses gücü düzeyi L_W ,

$$L_W = 10 \log \frac{W}{10^{-12}} \quad (2.5)$$

eşitliğinden hesaplanabilir. Örnek olarak 1 W ses gücü olan bir uçak motorunun ses gücü düzeyi,

$$L_W = 10 \log \frac{1}{10^{-12}} = 120 \text{ dB'dir.}$$

Bir makinenin ses gücü, bu makinenin toplam gücünün ses olarak yayılan kısmıdır ve genellikle toplam gücün çok küçük bir miktarıdır.. Amacı ses üretmek olan hoparlörde bile toplam gücün en fazla %10'u ses gücüdür. Çizelge 2.1'de bazı ses ve gürültü kaynaklarının harcadıkları ses güçleri ve ses gücü düzeyleri verilmiştir. Tabloda verilen ses gücü değerleri 10^{-9} W ile 5×10^7 W arasında değişirken ses gücü düzeyleri 30 dB ile 197 dB arasında kalmaktadır. Desibel kullanılması, çok küçük ya da çok büyük sayılarla uğraşmaktan bizi kurtarmakta ve geniş bir aralığa yayılan sayıları, küçük bir aralıkta toplanmış sayılarla anlatabilmemizi sağlamaktadır [3]. Ses gücü düzeyi bilinen bir kaynağın ses gücü;

$$W = 10^{-12} \times 10^{(L_W/10)} \quad (2.6)$$

bağıntısından watt olarak bulunabilir.

Çizelge 2.1 : Bazı gürültü kaynaklarının ses gücü ve düzeyi [3].

<u>Kaynak</u>	<u>Ses</u>	<u>Ses Gücü Düzeyi (dB)</u>
Fısıltı	10^{-9}	30
Normal konuşma	10^{-5}	70
Bağırarak konuşma	10^{-3}	90
Kamyon kornası	10^{-1}	110
Pervaneli uçak motoru	1	120
Senfoni orkestrası	10	130
Dört pervaneli uçak motoru	100	140
Dört jet motorlu uçak	5×10^4	167
Satürn roketi	5×10^7	197

2.5 Ses Basıncı Düzeyi

Ses, kulak zarıyla temasta bulunan havanın basıncının değişmesiyle algılandığından, bir ses kaynağının ses gücünden daha çok, belli bir noktada yarattığı ses basıncı önemlidir. Ses basıncı düzeyi L_p ,

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} \quad (2.7)$$

olarak tanımlanır. Burada p ses basıncının değerinin karesinin ortalama karekökü (rms değeri), p_0 ise uluslar arası referans basıncı olarak kabul edilen $20 \mu\text{Pa}$ 'dır.

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad (2.8)$$

şeklinde de yazılabilir. $20 \mu\text{Pa}$ 'ın referans olarak seçilme nedeni ortalama genç bir yetişkinin, frekansı 1000 Hz olan bir ses dalgasını duyabilmesi için en az $20 \mu\text{Pa}$ değerinde bir basınç gerekmektedir. Yani 1000 Hz'deki duyma eşiği referans alınmıştır. Ses basıncı düzeyinin tanımında basınçların değil de basınçların karelerinin oranının kullanılma nedeni, dB'in genellikle güç oranları için kullanılması ve gücün, basıncın karesiyle orantılı olmasıdır.

Sesin doğmasını ve iletilmesini sağlayan hava basıncındaki değişimin, basit harmonik bir ses dalgası için sinüs eğrisiyle gösterilebileceği ve böyle bir ses basıncının rms değerinin, ses basıncı genliğinin $\frac{\sqrt{2}}{2}$ katıdır. Değişik frekanslardaki harmonik ses dalgalarının bir araya gelmesiyle oluşan bir ses dalgasının yaratacağı ses basıncın rms değeri,

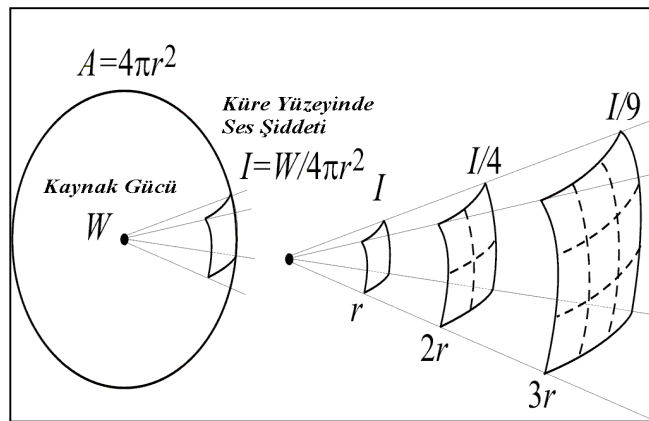
$$p_t^2 = \sum_i p_i^2 \quad (2.9)$$

eşitliğinden bulunabilir. Burada p_i , i'ninci ses basıncının rms değerini, p_t ise toplama ses basıncının rms değerini göstermektedir [3].

2.6 Ses Şiddeti ve Ses Şiddeti Düzeyi

Ses şiddeti, kaynağın bulunduğu ortamın akustik ve geometrik özellikleriyle, kaynaktan olan uzaklığa bağlı olarak değişen bir ses özelliğidir. W ses gücüne sahip bir ses kaynağından çıkan ses dalgalarının A alanından geçmesi durumunda birim alandaki güç, ses şiddetini verir (2.10). Küresel bir alan için ses şiddeti Şekil 2.5 ile gösterilmektedir [3].

$$I = \frac{W}{A} \quad (2.10)$$



Şekil 2.5 : Ses şiddeti [3].

Ses şiddeti ile ses basıncı arasındaki, düzlemsel dalgalar için verilen ve kaynaktan uzakta olmak koşuluyla diğer dalga tipleri için de geçerli olan Denklem 2.11 kullanılarak ses şiddeti (I) hesaplanabilir.

$$I = \frac{p^2}{\rho c} \quad (2.11)$$

Ölçülen ses basıncının rms değeri (p), sesin iletiildiği ortamın yoğunluğu ρ ve bu ortamdaki sesin yayılma hızı c ile gösterilmiştir. Ses şiddeti düzeyi olan L_I ;

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (2.12)$$

Burada, $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ alınarak ve Denklem 2.12'den yararlanılarak, Ses şiddeti düzeyi L_I ;

$$L_I = L_p - 0.16 \text{ dB} \quad (2.13)$$

0.16 dB insan kulağının fark edemeyeceği bir değer olduğundan, gürültü analizlerinde ses şiddeti yerine, ölçülmesi çok daha kolay olan ses basıncı kullanılır [3].

2.7 Yönelme ve Yönelme Katsayısı

Teorik olarak, noktasal ideal bir ses kaynağından, ses küresel dalgalar şeklinde yayılır. Pratikte ise bir ses kaynağından çıkan ses dalgaları her yönde farklılık gösterir. Bir hoparlörden çıkan sesin herhangi bir uzaklıkta hoparlörün yüzüne dik yöndeki ses basıncı, diğer yönlerdekinden daha yüksek olacaktır. Ses şiddetinin, sesin düzgün yayılması durumunda aynı noktada oluşturacağı ses şiddetine oranı yönelme katsayısı (Q) olarak adlandırılır.

$$Q = \frac{I}{I_t} \quad (2.14)$$

Denklem 2.14'de, I söz konusu noktadaki ses şiddeti ve I_t sesin küresel dalgalar halinde yayılması durumunda aynı noktadaki teorik ses şiddetidir. Denklem 2.14 kullanılarak, yönelme katsayısı aşağıdaki gibi yazılabilir (2.15).

$$Q = \frac{p^2}{p_i^2} \quad (2.15)$$

Burada, p_i sesin küresel yayılması durumundaki ses basıncının rms değeri, p ise o noktada ölçülen rms değeridir.

Bir ses kaynağı, çevresinde yansıtıcı yüzeyler olmamasına rağmen kendi özelliğinden dolayı değişik yönlerde değişik yönelme katsayılarına sahip olabilir. Benzer şekilde, mükemmel ses yayan bir kaynak ise bulunduğu konumdaki yansıtıcı yüzeylere bağlı olarak değişik yönelme katsayılarına sahip olabilir. Çevresinde hiçbir yansıtıcı yüzey bulunmayan noktasal bir ses kaynağı için yönelme katsayısının her yönde 1 olarak kabul edilir. Noktasal bir ses kaynağının değişik konumlardaki yönelme katsayıları Çizelge 2.2’de gösterilmektedir. Bu çizelge, her yönde düzgün ses yayan ses kaynakları için geçerlidir. Aksi takdirde, ses kaynağının yayılımı düzgün değilse, her yönde farklı bir yönelme katsayısına sahip olacağından bu tablo geçersiz olacaktır [3].

Çizelge 2.2 : Konumuna göre yönelme katsayıları [3].

Kaynağın Konumu	Yönelme Katsayısı Q
Açıkta, (örneğin, tavadan odanın ortasına asılmış)	1
Yansıtıcı bir düzlem üzerinde (örneğin, yerde ve duvarlardan uzak)	2
Yansıtıcı iki düzlemin kesim çizgisinde (örneğin, yerle duvar arasında)	4
Yansıtıcı üç düzlemin kesim noktasında (örneğin, bir odanın köşesinde)	8

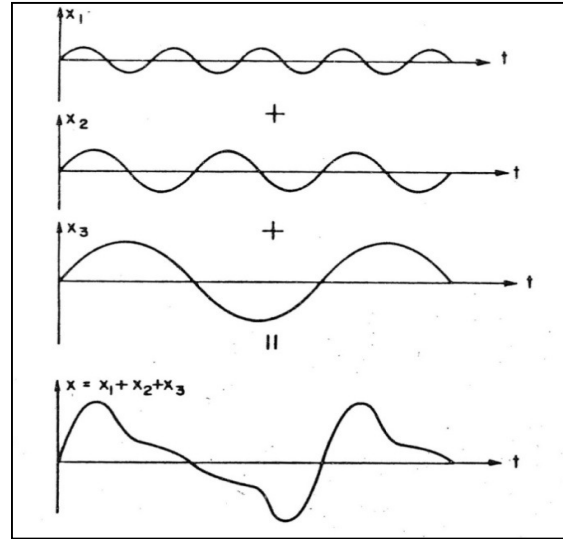
Herhangi bir yöndeki yönelme katsayısı, her yönde değişik yönelme katsayısına sahip bir ses kaynağı için, o yönde bir noktada ölçülen ses basıncı düzeyi L_p ile kaynağa aynı uzaklıktaki ortalama ses basıncı düzeyi $\bar{L}_p$ 'den yararlanarak bulunabilir.

$$Q = 10^{(L_p - \bar{L}_p)/10} \quad (2.16)$$

Özel test odalarında belirli noktalarda yapılan ses basıncı düzeyi ölçümlerinden, ortalama ses basıncı düzeyi $\bar{L}_p$ hesaplanabilir [3].

2.8 Arı Ses, Periyodik ve Karmaşık Sesler

Arı sesler, harmonik ses basıncı değişiminin yarattığı seslerdir. Değişik frekanslardaki arı seslerin birleşmesiyle harmonik olmayan periyodik sesler elde edilir. Periyodik sesler, kendilerini oluşturan arı seslere ayrılabilirler. Harmonik fonksiyonların toplanmasıyla, harmonik olmayan periyodik fonksiyonların elde edilişi Şekil 2.6 ile gösterilmektedir. Tersinir olarak, verilen periyodik bir fonksiyondan da, bu fonksiyonu oluşturan harmonikler elde edilebilir. Arı seslere doğada ender olarak rastlanılmasına karşın periyodik sesler doğada daha çok yer alırlar. Karmaşık veya kompleks sesler ise harmonik olmadıkları gibi, periyodik de değildirler. Bu seslerin yarattıkları ses basıncının zamanla değişimi geliş güzeldir [3].



Şekil 2.6 : Harmonik fonksiyonlardan harmonik olmayan periyodik bir fonksiyonun elde edilişi [3].

2.9 Serbest Alanda Sesin Yayılması

Serbest alanlar, sesi yansıtacak hiçbir engelin bulunmadığı ve sesin düzgün olarak yayılabildiği alanlardır. Serbest alandaki bir noktasal ses kaynağının yaydığı ses dalgaları düzgündür ve kaynaktan r uzaklığında olan bir noktadaki ses şiddeti r^2 ile ters orantılıdır. Ters kare kanunu adı verilen bu orantı, ses kaynağına çok yakın alanlarda geçerliliğini yitirir. Bu kanunun geçerli olmadığı alanlara yakın alan adı verilir. Genellikle kaynağa çok yakın olan bölgedir ve bu bölgede sesin yayılması tamamen ses kaynağının geometrisine ve özelliklerine bağlıdır. Ters kare kanununun geçerli olduğu ve kaynaktan belli bir uzaklıktan sonra başlayan alana ise uzak alan adı verilir [3].

2.10 Serbest Alanda Ses Gücü Düzeyinden Ses Basıncı Düzeyinin Bulunması

Ses gücü düzeyi L_w olan bir ses kaynağının, kaynaktan r uzaklıkta serbest alanda yaratacağı ses basıncı düzeyi L_p ;

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} \right) \quad (2.17)$$

L_w kaynağın ses gücü düzeyi, Q yönelme katsayısı ve r kaynaktan olan uzaklık olarak simgelenmiştir. Yönelme katsayısı Q , hem ses kaynağının kendi özelliğinden dolayı değişik yönlerde değişik değerlere sahip olabilir, hem de kaynağın bulunduğu konumdan dolayı 1'den farklı bir değer alabilir [3].

Denklem 2.17'den bulunacak L_p , L_w 'nin tanımlandığı frekans bandı için geçerlidir. Örnek olarak, L_w dört oktav bandındaki toplam ses gücü düzeyi olarak bulunmuş olsun, bu durumda L_p de aynı oktav bantlarındaki ses basıncı düzeyini verir. Genellikle pratik uygulamalarda, dört oktav bandı için bulunan toplam ses basıncı düzeyi L_p yaklaşık olarak A ağırlıklı ses düzeyine eşit alınabilir. Bunun nedeni, 500 - 4000 Hz arasındaki oktav bantlarında, ses düzeyi ile ses basıncı düzeyi arasında önemli bir fark olmayışıdır. Bu durumda, 500 - 4000 Hz dört oktav bandındaki toplam ses gücü düzeyi bilinen bir ses kaynağının, serbest alanda, kaynaktan belirli

bir uzaklıkta yaratacağı ses düzeyi, Denklem 2.17'den hesaplanan L_p 'ye yaklaşık olarak eşit alınabilir [3].

Eğer L_w 'nin her oktav bandındaki değeri biliniyorsa, belli bir noktada yaratacağı ses düzeyi daha hassas bir şekilde bulunabilir. Bunun için, istenilen bantlardaki L_w 'lardan, Denklem 2.17 kullanılarak bant basıncı düzeyleri hesaplanır. Bu bant basıncı düzeylerinden her bant için ses düzeyleri bulunur. Son olarak, tüm bu bantlardaki ses düzeyleri desibel toplama kurallarına göre toplanarak, toplam ses düzeyi elde edilir [3].

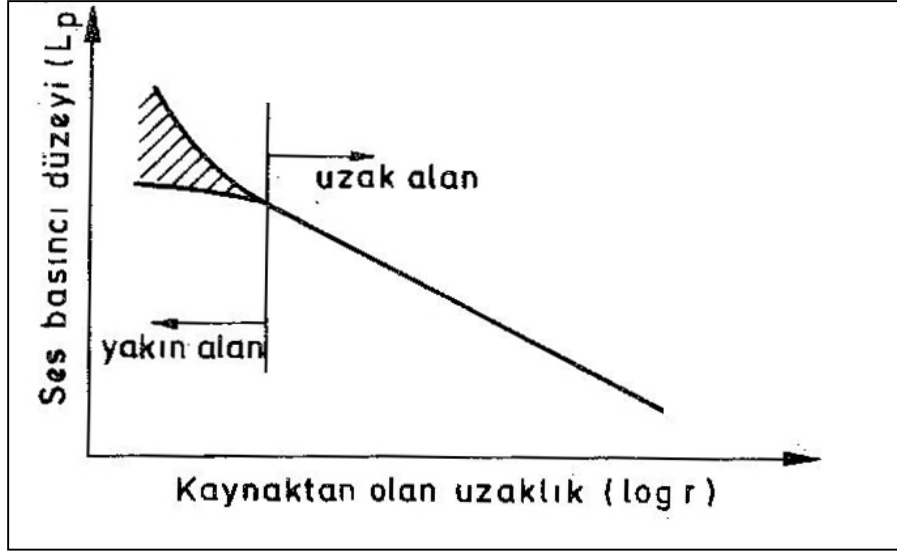
Uzak alan olarak uygulamada Denklem 2.17'in geçerli olduğu; kaynağa, boyutunun 2 katı ya da kaynaktan yayılan sesin bir dalga boyu uzaklığında bulunan bölge alınmaktadır. Sesin yayılması kaynağın özelliklerine bağlı olduğu için, yakın alanda Denklem 2.17'den bulunan ses basıncı düzeyi gerçek değerinden biraz farklı olabilir. Uzak alanda, ses kaynağına olan uzaklık iki katına çıktığından, ses basıncı düzeyi 6 dB azalır. Bunun ispatı $(L_p)_{2r}$ ve $(L_p)_r$ kaynaktan, sırasıyla 2r ve r uzaklıktaki noktalarda yaratılan ses basıncı düzeyleri ise, aralarındaki bağıntı Denklem 2.17 kullanılarak Denklem 2.19'de gösterildiği gibi elde edilir [3].

$$(L_p)_{2r} = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi(2r)^2} \right) = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} \cdot \frac{1}{4} \right) \quad (2.18)$$

$$(L_p)_{2r} = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} \right) + 10 \log \left(\frac{1}{4} \right) \quad (2.19)$$

$$(L_p)_{2r} = (L_p)_r - 6 \quad (2.20)$$

Uzak alanda geçerli olan bu kuralda, ses basıncı düzeyinin kaynağa olan uzaklığının logaritmasıyla değişimi bir doğruyla gösterilebilir. Yakın alanda ise, Şekil 2.7'den görüldüğü gibi doğrusal ilişki kaybolur [3].

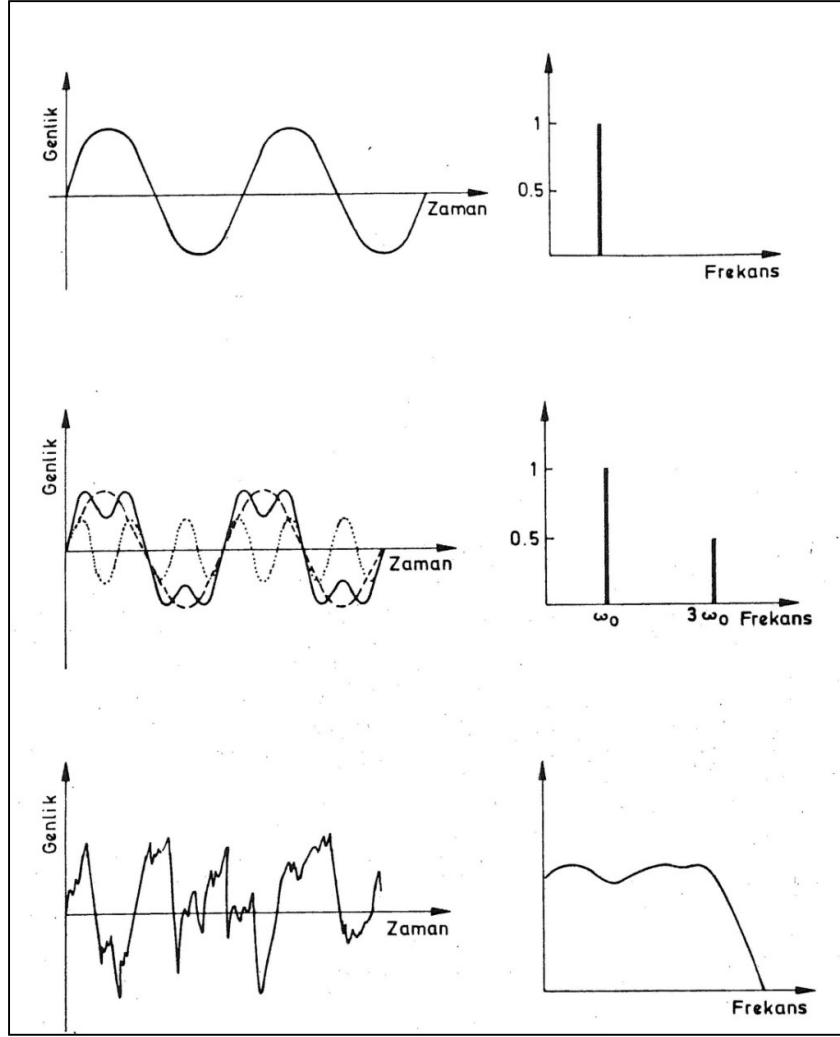


Şekil 2.7 : Serbest alanda ses basıncı düzeyinin kaynağa olan uzaklıkla değişimi [3].

2.11 Frekans Analizi

Teorik olarak, sıfırdan sonsuza kadar her frekanstaki fonksiyonun, verilen karmaşık bir fonksiyonu oluşturmaktaki katkısını frekansın fonksiyonu olarak çizilirse sürekli bir eğri elde edilir. Elde edilen bu eğrilere, frekans dağılımı eğrisi veya frekans spektrumu denir. Periyodik bir fonksiyonun frekans spektrumu çizilecek olursa, belli frekanslar için değerler bulunur. Harmonik, harmonik olmayan periyodik ve karmaşık fonksiyonların frekans dağılımı eğrileri Şekil 2.8’de gösterilmektedir. Doğada karşılaşılan seslerin çoğu karmaşık sesler olduğundan; frekans analizinin, ses ölçümü ve analizinde önemli bir yeri vardır. Karmaşık bir sesin frekans dağılımını incelendiğinde, o sesi oluşturan etkin frekanslar açıkça görülebilir [3].

Frekans analizindeki ölçümlerde temel kural, gelen sinyalleri filtre ederek istenilen frekanslardaki bileşenlerin büyüklüğünü ölçmektir. Geçmesine izin verilen frekans aralığı değiştirilerek, her frekans bandındaki bileşenlerin katkısı bulunabilir. Önemli olan, gelen sinyallerin hangi genişlikteki frekans bandında süzüleceğidir. Çok geniş bant aralığı kullanılması frekans ölçümlerini anlamsızlaştıracaktır. Çok dar bant aralığı kullanılması ise, gereksiz zaman kaybı anlamına gelmektedir. Bant genişliğini, yapılacak analizin niteliği ve duyarlılığına göre belirlenmelidir [3].



Şekil 2.8 : Harmonik, periyodik, karmaşık seslerin basınç ve frekans değişimi [3].

2.12 Oktav Bantları

Frekans analizinde karşılaştığımız ilk soru, hangi frekans aralığında inceleme yapmamız gerektiğidir. Bir ses oluşturan harmoniklerin tümünün, örneğin 100 kHz olan bir harmoniğin katkısı incelemek gereksizdir. Çünkü incelenen konu ses ve gürültü olduğundan, insan kulağının işitebileceği frekans aralığında analiz yapmak gerekir [3].

İnsan kulağı yaklaşık olarak 20 - 20000 Hz arasındaki seslere karşı duyarlıdır. Kulağın en hassas olduğu frekans ise 3000 Hz'dir. Normal bir konuşma 200 - 10000 Hz frekans aralığını kapsar. Konuşmanın anlaşılır olması için 1000 - 2500 Hz aralığındaki frekans yeterlidir. Telefonlar genel olarak 500 - 3000 Hz frekans

aralığında sesleri iletir. Müzik, genel olarak konuşmadan daha geniş bir frekans aralığına sahiptir. Alt sınır 200 Hz'den 30 Hz'e veya biraz daha alta düşerken, üst sınır 100 kHz'in oldukça üzerine çıkabilir. Buna karşılık, gürültü kontrolü açısından kulağın duyarlı olduğu tüm frekans aralığını incelemek gerekmebilir. Alt limit olarak 45 Hz civarı, üst limit olarak duruma göre 6 ya da 11 kHz alınabilir [3].

İncelenmesi gereken frekans aralığı görüldüğü üzere çok geniştir ve sabit genişlikte bantların kullanılması birçok durumda çok uzun analiz süresi gerektirir. Bu nedenle, ses analizlerinde inceleyeceğimiz frekans aralığı oktav bandı verilen kısımlara bölünür. Bir oktav bandında, bandın üst sınır değeri, alt sınır değerinin 2 katıdır ve her bandın üst sınır değeri, bir sonraki bandın alt sınır değeridir. Her bandın merkez frekansı ise alt ve üst sınır değerlerinin geometrik ortalamasıdır. Yani;

$$f_2 = 2f_1 \quad (2.21)$$

$$f_0 = \sqrt{2} f_1 = f_2 / \sqrt{2} \quad (2.22)$$

f_1 = alt sınır frekansı

f_2 = üst sınır frekansı

f_0 = merkez frekansı

bant genişliği (b_w) ise üst ve alt sınır değerleri arasındaki farktır. Yani,

$$b_w = f_2 - f_1 \quad (2.23)$$

Standart olarak kabul edilen oktav bantlarının merkez frekansları 31,5 63, 125, 250,500,1000, 2000,4000,8000, 16000 Hz'dir. Standart oktav bantlarının alt ve üst sınır değerleri Çizelge 2.3'de verilmiştir. Analizlerde genellikle 31,5 ve 16000 Hz bantları kullanılmaz [3].

Çizelge 2.3 : Oktav bant aralıkları ve merkez frekansları [3].

Oktav Bant Aralıkları ve Merkez Frekansları		
Merkez Frekansı (f) (Hz)	Alt Sınır Frekansı (f1) (Hz)	Üst Sınır Frekansı (f2) (Hz)
16	11	22
31,5	22	44
63	44	88
125	88	177
250	177	355
500	355	710
1000	710	1420
2000	1420	2840
4000	2840	5680
8000	5680	11360
16000	11360	22720

Ses analizinde en önemli veri, yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçlardır. Karmaşık bir ses frekans analizinin yapılması için sessin çeşitli frekans aralıklarında süzülmesi gerekir. Bir başka deyişle bu karmaşık sesi oluşturan harmonik seslerden, frekansı belli aralık içerisinde olan kısmın büyüklüğünün saptanması gerekir. Oktav analizi yapacak olursak, elde edilen sonuçlar fazla hassas olamaz. Örneğin, merkez frekansı 8000 Hz olan bandın frekans aralığını incelersek (5680 – 11360 Hz) bant genişliğinin 5680 Hz olduğunu görürüz. Bu aralık içim ölçümlerden tek bir değer elde edeceğimiz için, bu aralık içerisindeki frekans dağılımını bilemeyiz. Bu oktav bandındaki katkı önemli olduğunda ve bu bant içindeki frekans dağılımını bilmek istediğimizde yani oktav bant analizinin sağladığı bilgi yeterli olmadığında daha dar frekans bantları kullanmak gerekir. Genellikle 1/3 oktav ya da 1/10 oktav analizi yapılmaktadır. Bu analizler için bir oktavlık aralık sırasıyla üçe veya ona bölünmektedir. Alt ve üst sınır değerleri için;

$$f_2 = 2^n f_1 \quad (2.25)$$

$$f_0 = \sqrt{f_1 f_2} \quad (2.26)$$

genel eşitlikleri kullanılır. Burada n; oktav, 1/3 oktav ve 1/10 oktav analizleri için sırasıyla 1, 1/3 ve 1/10 değerlerini almaktadır [3].

1/3 ve 1/10 oktav analizlerinde, bant genişliği oktav analizine göre daralmakla birlikte, düşük frekanslar için çok dar frekans aralığı, yüksek frekanslar için frekans aralığı bu kadar dar olmamaktadır. Bu tür frekans analizlerine sabit yüzdeli bant genişlikli analiz adı verilir [3].

Oktav bantlarının, bandın üst sınır değerini alt sınır değerinin iki katı olacak şekilde tanımlanmasının nedeni; kulağın, frekansları oranı tam sayı olan sesleri benzer ses olarak algılamasıdır. Diğer bir deyişle aralarında tam oktav farkı bulunan iki ses aynı notaya karşı gelir, kulak bu iki sesi benzer ses olarak algılar [3].

3. GÜRÜLTÜ

İnsanlar üzerinde olumsuz etki bırakan, istenmeyen ve dinleyene bir anlam ifade etmeyen, hoş gitmeyen seslere denir.

Gürültü, ses olarak düşünüldüğünde, genellikle bir anlam ifade etmeyen, belli bir yüksekliği aşan seviyeler için kullanılır. Bu şekilde yaklaşıldığında, yüksek seviyeye ulaşmış herhangi bir ses gürültüdür [4].

3.1 Taşıtlarda Gürültü

Taşıtlarda gürültü iç ve dış gürültü olmak üzere ikiye ayrılır. Taşıtlarda iç ve dış gürültünün azaltılması imalatçılar için çok önemlidir. Birçok ülkenin ve organizasyonun gürültü yönetmelikleri vardır. Eğer imalatçılar bu yönetmelikteki şartları sağlayamazlar ise bu yönetmeliklerin geçerli olduğu yerlerde araçlarını piyasaya süremezler. İç gürültü için şu an herhangi bir ülke veya organizasyonda yönetmelik bulunmamaktadır. Fakat imalatçılar aralarındaki rekabet yüzünden bu konu üzerinde titizlikle durmaktadır.

3.1.1 Taşıtlarda gürültünün yayılımı

Taşıtlarda gürültü yayılımı 3 şekilde olur:

Hava yoluyla: Titreşen cismin dış yüzeyleri havada basınç dalgaları oluşturur ve ses havada yayılır.

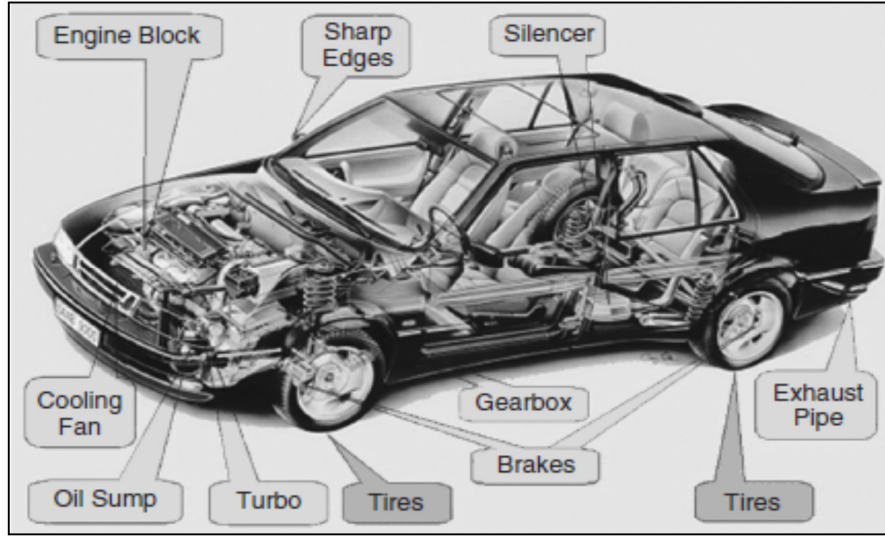
Hava ve yapı yoluyla: Bu ses basıncı salınımları rastladıkları diğer yüzeyleri titreşime zorlarlar ve bunları yeni ve değişik ses kaynağı olmaya zorlarlar. Örneğin motor gürültüsü taşıt kabini panel duvarlarını titreştirerek taşıt içinde yeni yayılma yolları bulurlar.

Yapı yoluyla: Titreşen kaynak bağlı bulunduğu elemanları titreştirir, ses bu elemanların yüzeylerinden yayılır. Örneğin, uygun motor takozları ile yapı üzerinden yayılacak gürültü azaltılabilir [5].

3.2 Taşıtlarda İç Gürültü

Son yıllarda taşıt içi gürültü imalatçılar için önemli bir husus haline gelmiştir. Taşıt içi gürültüsünün azaltılması rekabet için imalatçılar için önemlidir. Taşıt içi gürültüsü taşıtın içindeki kişilerin konforunu ve hatta sağlıklarını etkilemektedir.

3.3 Taşıtlarda İç Gürültü Kaynakları



Şekil 3.1 : Taşıt iç gürültüsüne neden olan motor, lastik ve rüzgar gürültü kaynakları elemanları [6].

3.3.1 Motor gürültüsü

Motor silindirlerindeki yanma olayı bir basınç darbesi yaratır, bu darbe silindir duvarlarının ve motor kafası aracılığıyla motor gövdesi dış duvarlarının titreşimlerine sebep olur. Bu titreşimler havanın basınç salınımı yapmasına yani ses oluşmasına sebebiyet verir [5].

Motor gürültüsünün azaltılması için en etkin yol yanma esnasında basınç darbesini yumuşatmaktır. Başka bir deyişle düzgün bir yanma sağlanması gerekir. Bu amaçla sıkıştırma oranını düşürmek, ön püskürtme yapmak, püskürtme sistemini optimize etmek, yanma odası tasarımını optimize etmek gibi tedbirler alınabilir. Motor devir sayısını düşürmek, silindir sayısının artırılması, motor gövdesinin kalınlaştırılması gibi diğer yöntemlerin gerçekleştirilmesi maliyete, yakıt tüketimine, performansa ve vergi oranlarına getireceği ilave yükler nedeniyle üreticiler tarafından pek tercih

edilmeyen yöntemlerdir. Bunlardan ziyade motordan yayılan gürültünün izolasyonu yoluna gidilmektedir. Hem motoru meydana getiren elemanların birleştirilmesinde hem de motorun taşıta bağlanmasında elastik bağlantı elemanları kullanılmaktadır. Bu şekilde titreşimlerin yapı yoluyla yayılımı azaltılmaya çalışılmaktadır. Gürültünün hava yoluyla yayılımını önlemek için ise motor ile sürücü kabini arasına paneller, yerine göre yalıtıcı, yutucu veya sönümleyici malzemelerle kaplanmaktadır [5].

3.3.2 Egzoz gürültüsü

Egzoz gürültüsüne motordan kaynaklanan gaz kuvvetleri salınımları ve motorun mekanik titreşimleri sebep olur. Gürültü, egzoz sisteminin bütün yüzeyinden yüzey titreşimleri şeklinde ve çıkış ağzından hava akım gürültüsü şeklinde oluşur. Egzoz çıkış ağzını ufaltmak, susturucu hacimlerini ve adetini arttırmak, boruları optimize etmek gerekir. Ayrıca gerek yol düzgünsüzlüğünden gerekse motor titreşimlerinden egzoz sistemine gelen titreşimlerin bu sistem tarafından artırılarak taşıta iletilmemesi için egzoz sistemi taşıt gövdesine titreşim düğüm noktalarından bağlanmalıdır. Her bir genişleme hacmi bir frekansa oluşan sesleri yutmak için tasarlanmıştır. Yüksek frekanslardaki sesler yutucu malzeme ile yutulur [5].

3.3.3 Hava emiş gürültüsü

Hava emme ağzı, filtre haznesi boyun uzunluğu ve filtreye bağlantısı hava akış tekniğine uygun tasarlanmalı, sistem titreşim açısından incelenmeli, hava filtresi haznesi mümkün olduğunca büyük tutulmalıdır [5].

3.3.4 Vites kutusu ve aktarma organları gürültüsü

Vites kutusunun gürültüsü takırtı ve uğultu şeklinde tanımlayabileceğimiz iki tipte olur. Bunlardan birincisi üzerinde moment bulunmayan dişli gruplarının diş temas değişimi sesidir. Vites kutusu gürültüsü giriş devir sayısı düzgünsüzlüğü, dişli boşlukları, sürtünme kuvvetleri gibi nedenlere bağlıdır. Uğultu olarak algılanan ses ise moment akışında bulunan dişlilerin yarattığı sestir. Seçilen vites kademesine bağlıdır. Dişli kuvvetlerin sebep olduğu titreşimler mil ve yataklar aracılığıyla vites kutusu gövdesine iletilir ve gövde panellerinin titreşimiyle gürültüye sebep olurlar [5].

3.3.5 Lastik gürültüsü

Lastik gürültüsü seyir hızı ile artmaktadır. Ancak yüksek hızlarda ön plana çıkmaktadır. Tekerlek asıllışı, izolasyon özelliklerine, lastik yapısına, zemin yüzeyine ve iklim şartlarına bağlıdır. Genelde yol tutuculuk özelliği ile lastik gürültüsü ters düşmektedir.[5]

Lastik gürültüsüne üç fiziksel olay sebep olur:

- Profil ve Karkas Titreşimleri:

Lastik zemin üzerinde yuvarlanırken zeminle temasa geçen taban profili elemanları sıkışarak elastik şekil değiştirirler. Bu şekil değiştirme profil elemanları zemini terk edene kadar sürer. İlk önce sıkışan profiller sonra tekrar genişler ve temas alanını terk ederken serbest kalırlar. Profillerin zeminle teması ilk olarak darbe şeklinde olur, zemin temas bölgesindeki profillerin darbe yüzünden titreşiminden dolayı ses oluşur.. Eğer lastik profillerinin boyları lastik çevresi boyunca eşit olursa profillerin darbelerinin frekansına eşit frekansta saf bir ses oluşur. Bu sesin, tek bir frekansta yoğunlaştığı için rahatsız edici olan karakteri, profil adımları değiştirilerek değişik tonlarda yayılarak kulağa daha kabul edilebilir hale getirilebilir. Bu önlem sesin toplam ses basınç seviyesini pek değiştirmez ancak sesin karakterini iyileştirir. Tekerleğin dönme hızına ve profil elemanlarının fiziksel özelliklerine bağlı olarak serbest kalan profiller titremeye devam ederler. Belli kütleleri olan bu elemanlar lastiğin karkasının da titreşmesine neden olur. Bu yapı titreşimleri, lastik dış yüzeylerinin temas ettiği havada basınç salınımları oluşturarak ses yayılımına sebep olurlar.

- Hava Rezonansları:

Zemin temas bölgesinde bulunan profillerin zeminle olan sürtünme hareketlerinden yatay sürtünme titreşimleri oluşur. Profiller arasında kalan hava hacimleri de bu titreşimlerle uyarılarak gürültü oluşumuna ve yayılımına katkıda bulunurlar. Bu olayın neden olduğu gürültü yaklaşık 800-1000 Hz den sonra kendini gösterir.

- Hava Pompalanması:

Tekerleğin dönmesi ile zemin temas alanı içine giren profiller etraflarındaki havayı zeminle lastik arasında oluşan küçük havacıklara hapsederler. Bu

odacıklardaki hava önce sıkışır daha sonra genişleyip aniden serbest kalır. Havanın bu hareketi bir pompa ile sıkıştırılıp dışarıya verilmesine benzediğinden bu olaya hava pompalanması denilmiştir. Zemin gözenekli ise, zeminle lastik profilleri arasında sıkışan havanın bir kısmı zeminin geçirgenliğinden istifade ederek dışarıya kaçar. Bu kapalı hacim kalırken genişleyeceğinden lastiğin arka tarafından hava emer. Bu da hava pompalanmasının ikinci şeklidir. Her iki tip hava pompalanması da 1000 Hz'in üzerindeki frekanslarda gürültü oluşumuna neden olurlar [5].

Lastik Gürültüsüne Etki Eden Faktörler:

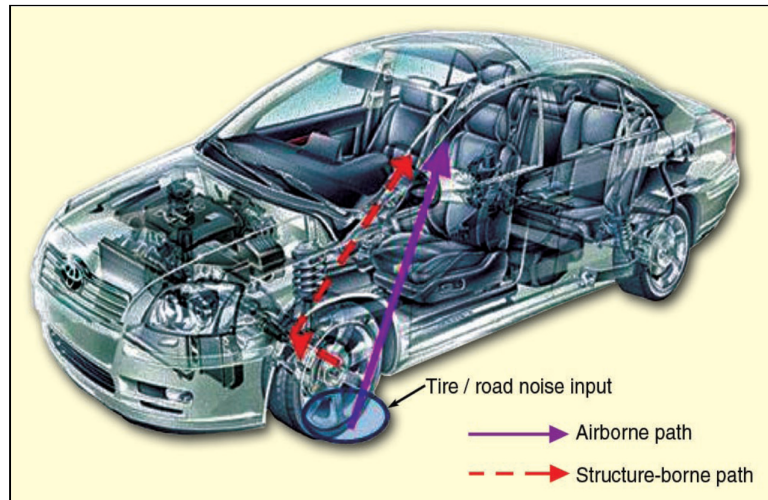
Lastik gürültüsüne etki eden faktörleri iki ana grupta toplayabiliriz:

1. Fiziksel Şartlar

- a) Lastik ve yol kaplaması cinsi
- b) Çevre Şartları
- c) Lastik tekerleğinin bulunduğu ortam
- d) Lastik iç basıncı ve lastik sıcaklığı

2. İşletme Parametreleri

- a) Seyir Hızı
- b) İvmelenme
- c) Tekerlek Momenti
- d) Lastik Yüğü [5]



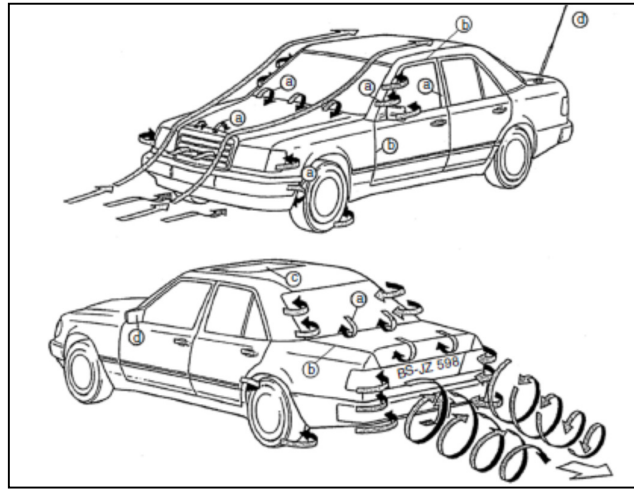
Şekil 3.2 : Lastikte oluşan gürültünün taşıt içine yayılım yolları [7].

3.3.6 Fren gürültüsü

Fren gürültüsü; fren gıcırtısı, fren iniltisi, fren sürünmesi ve fren sarsıntısından oluşur. Bu gürültüde etkili olan etmenlerden birkaçı ise seyir hızı, fren disk malzemesi, çevre şartları ve lastiklerdir [5].

3.3.7 Aerodinamik gürültü

Rüzgar gürültüsü de ancak yüksek seyir hızlarında önemli olmaktadır. Taşıtın dış gövdesindeki hava akışından ve türbülanslardan oluşmaktadır. Taşıtın aerodinamği düzeltildikçe rüzgar gürültüsü de azalmaktadır. Genel formun yanında camların, kapı direklerinin, radyatörün, tamponların ve dış aynaların tasarımı da önemlidir.[5]



Şekil 3.3 : Taşıt üzerinde aerodinamik etkiyle oluşan hava hareketleri.[5]

Bu ana kaynaklar harici taşıtların iç gürültüne etki eden ikincil kaynaklarda vardır. Bunlara örnek verilecek olursa; ısıtma havalandırma sistemleri, klima, elektro mekanik ve hidrolik yardımcı sistemler(direksiyon sistemleri, koltuk kontrol), hava kompresörleri, şaft freni vb. Fakat bu gürültü kaynakları motor gürültüsünün etkisi altında arka planda kalmaktadır. Eğer motor gürültüsünden bir azalma sağlandığında bu ikincil kaynaklar taşıt içi ses seviyesinde hissedilir bir etki yapmaktadır. Özellikle büyük taşıtlarda(otobüs,kamyon) motor fanı, hava kompresörü ve şaft freni gibi elemanlar taşıt içi gürültü seviyesi oldukça etkilemektedir [5].

Tekil kaynakların toplam iç gürültüye etkileri taşıt işletme şartlarına bağlıdır. Örneğin yüksek kademeli vitesle seyredilen şehir içinde(motor devri yüksek, seyir hızı düşük) motor gürültüsü etkin olurken, bunun tersi olan şehirlerarası yollarda

lastik ve aerodinamik gürültü ön plana çıkmaktadır. Çok sayıda iç gürültü kaynağı, toplam iç gürültü spektrumuna değişik frekanslarda etkili olurlar. Çok düşük frekanslar daha çok yapı titreşimlerinden orta çıkarlar. 10 Hz'den başlayarak 150 Hz civarına kadar sırasıyla taşıtın gövdesinin ve tekerleklerin asılış sistemi üzerinde titreşimleri, gövdenin eğilme ve burulma titreşimleri, tahrik şaftı titreşimleri etkili olurlar. 250 Hz'den sonra motor yanma ve lastik gürültüleri devreye girerler [5].

3.4 İç Akustik Modları

İç gürültüye etkisi bulunan sistemlerden biri de düşük frekanslarda akustik modlar sebebiyle kabin içinde oluşan gürleme biçiminde ortaya çıkan seslerdir.

Bir kabin içinde akustik modlar yüzünden oluşan bu gürleme şeklinde ortaya çıkan rahatsız edici sistemin sebeplerini;

- Düşük akustik moda sahip kabin içi boşluklar
- Düşük doğal frekansa sahip olan paneller
- Düşük frekansa sahip gürültü kaynakları (Örneğin; yapı titreşimleri)
- Zeminden kabin içine gelen düşük frekanslı etkileşimler

olarak sıralayabiliriz [8].

Bu gürültüye sebep olan akustik modlar, ortamın doğal frekanslarında oluşmaktadır.

Bu frekansı ise;

$$f_{a,b,c} = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{a\pi}{x}\right)^2 + \left(\frac{b\pi}{y}\right)^2 + \left(\frac{c\pi}{z}\right)^2} \quad (3.2)$$

Burada;

c = havadaki ses hızı ($\frac{m}{s}$)

a,b,c = katsayılar

x,y,z = ortamın akustik boyutları (m)

Günümüz modern B ve C sınıfı motorlu taşıtlarda, kabin içinde en uzun akustik boyutu, ayak eşikleri ile arka cam arasındadır. Eşik ile arka cam arasındaki mesafe , aks aralığı mesafesinden biraz daha fazladır. Bu değer günümüze bu sınıf taşıtlar için 2,5 m civarında yer almaktadır. Kabinin en düşük iç akustik modunda (1, 0, 0 mod, a

= 1, b = 0, c = 0), ayak eşiklerinde ve arka cam bölgesinde basınç en yüksek seviyede, 2,5 m olarak kabul ettiğimiz bu mesafenin ortasında da basınç en düşük seviyede olmaktadır [9].

1,0,0 modu genellikle 65-75 Hz aralığında yer almaktadır. Biraz önce bahsettiğimiz ayak eşik mesafesi ile arkada cam arasındaki mesafeyi 2,5 m olarak kabul edilen; 2070 rpm'de çalışan, 4 zamanlı ve 4 silindirli bir motora sahip olan bir araçta bu frekans değeri yaklaşık olarak 69Hz'dir [9].

Bir sonraki uzunlamasına (x doğrultusunda) mod olan 2,0,0 modu, 138 Hz civarında oluşması beklenir [9].

İlk enine (y doğrultusunda) mod olan 0,1,0 modu, 1,4 m kabin içi enine sahip ortalama bir araçta 123 Hz civarında gerçekleşmesi beklenir. Bir sonraki enine modda bu değer 246 Hz civarlarındadır [9].

İlk dikey (z doğrultusunda) mod olan 0,0,1 modu, 1,2 m kabin içi yüksekliğe sahip bir araçta 143 Hz frekans değeri civarında gerçekleşir. Bir sonraki dikey mod olan 0,0,2 'de bu değer 286 Hz'dir [9].

4 zamanlı ve 4 silindire sahip bir içten yanmalı motor, 33-200 Hz aralığında da çalışmaktadır. Bu frekans aralığı motorun 1000-6000 rpm devir aralığına denk gelmektedir. Bu bölümde bahsedilen analizler ışığında kabin içinde oluşan gürleme biçimindeki seslerin oluştuğu modlar, frekansı ve motor devirleri;

- (1,0,0) – 70 Hz / 2100 rpm
- (0,1,0) – 120 Hz / 3600 rpm
- (2,0,0) – 140 Hz / 4200 rpm
- (0,0,1) – 140 Hz / 4200 rpm
- (1,1,0) – 140 Hz / 4200 rpm
- (2,1,0) – 185 Hz / 5550 rpm

olarak hesaplanabilir [9].

Bu tezde incelediğimiz araçta x ve y doğrultusunda modları olan 1,0,0 ve 0,1,0 'de uzaklığa bağlı olarak frekans değerleri hakkında, tezin 7. bölümünde bahsedilecektir.

4. MOTORLU TAŞITLARDA İÇ GÜRÜLTÜNÜN ÖLÇÜLMESİ

Taşıtlarda iç gürültünün ölçülmesi, “ISO 5128: Motorlu Taşıtlarda İç Gürültünün Ölçülmesi “ standardıyla belirlenmiştir. Bu standarda göre;

4.1 Testin Yapılışı

1. Teyit Testleri: Ölçümler, taşıt imalatçısının belirttiği gürültü değerlerinin doğrulanması amacıyla yapılır.
Her test için mümkün olduğunca belirtilen şartlara göre ses ölçümleri yapılmalıdır.
2. Denetleme Testleri: Ölçümler, taşıtların ses düzeylerinin belirlenmiş sınırlar içinde olup olmadığını ve sevk ile teslimat arasında taşıtların özgün parçalarının ses düzeylerinde belirgin bir değişimin olup olmadığını kontrol etmek amacıyla yapılır.

Denetleme testlerinde az seviyede de olsa önceden belirtilen şartlar bir miktar tolere edilebilmektedir. Örneğin; mikrofona pozisyon sayısı ve sürüş koşulları azaltılabilir [10].

4.2 Test Yol Koşulları

Genel olarak, motorlu taşıtların kabininde oluşan ses basınç seviyesi taşıtın üzerinde bulunduğu yolun yüzeyinin pürüzlülüğünün makro yapısından çok etkilenmektedir. Eğer yol yeterince uzun olursa bu etki iç kabin ses seviyesine sürekli bir etkide bulunabilir. Test yapılacak yol sert ve mümkün olduğunca düz olmalıdır. Ayrıca iç kabin seviyesine etki edecek olan boşluklar ve dalgalı yapı yolun yüzeyinin makro yapısında bulunmamalıdır.

Yol yüzeyi kuru ve kardan, çamurdan, taşlardan, yapraklardan vb. etmenlerden arındırılmalıdır [10].

4.3 Taşıt Koşulları

4.3.1 Motor ve lastik koşulları

Test boyunca, motorun bütün çalışma koşulları üreticinin belirttiği bütün şartları karşılamalıdır. Örneğin; kullandığı yakıt örneği, yağlama yağı, püskürtme zamanlaması ya da yakıt püskürtme pompası zamanlaması. Teste başlamadan önce motor, normal çalışma koşulları sıcaklığında stabil hale getirilmelidir.

Testte kullanılacak olan lastikler üreticinin belirlediği normal şartlar altında kullanılan lastikler olmalıdır. Ayrıca bu lastikler üreticinin ön gördüğü basınç seviyesinde şişirilmelidir. Lastikler yeni olmalı fakat minimum 300 km yol almış olmalıdır [10].

4.3.2 Taşıtın yükü

Standart araç ekipmanları, ölçme ekipmanları ve zorunlu personel dışında araçta yük bulunmamalıdır. Araba, traktör ve benzeri taşıtlarda 2 kişiden fazla, otobüs gibi halka hizmet taşıtlarda 8 koltuk ve 3 kişiden fazla bir yük bulunmamalıdır [10].

4.3.3 Açıklıklar, pencereler, yardımcı ekipmanlar, ayarlanabilir koltuklar

Açılır tavan penceresi, bütün pencereler ve havalandırma girişleri ve çıkışları eğer mümkünse kapatılmalıdır. Eğer kapatılamıyorsa, kapatılamayan ekipmanın iç kabin ses seviyesine etkisi araştırılmalıdır.

Ön cam silecekleri, ısıtma ve havalandırma fanları ve klima test sürecinde kapatılmalıdır. Eğer havalandırma fanı ve diğer başka ekipmanlar kapatılamıyorsa, bunların kabin içi ses seviyesine etkileri incelenmelidir.

Koltuklar dikey ve yatay olarak orta pozisyonda ayarlanmalıdır. Eğer sadece koltuğun sırt tarafı ayarlanabiliyorsa, o zaman koltuk mümkün olduğunca dikey olarak ayarlanmalıdır [10].

4.4 Taşıt Çalıştırma Koşulları

Standartta üç adet method belirlenmiştir. Bunlar ;

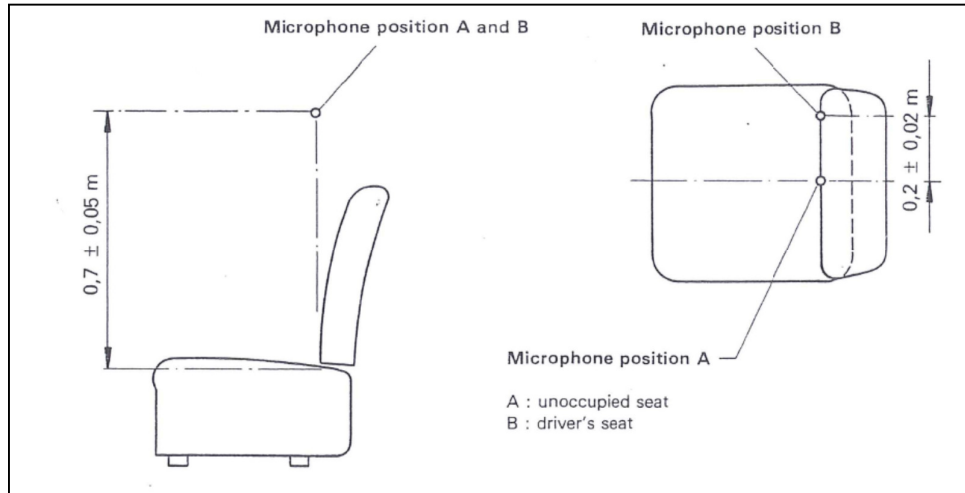
- Sabit hızda
- Full gazda ivmelenme
- Durağan

halde yapılan ölçümlerdir. Bunlardan en çok kullanılanı sabit hızlarda yapılan ölçümlerdir.

Bu ölçümde, 60 km/h hız veya en büyük hızın %40'ı olan hızdan küçük olan bir hızdan başlanarak 120 km/h veya en büyük hızın %80'ı olan küçük olan hıza kadar, eşit aralıklarla en az beş defa sabit hızda taşıt iç kabin gürültüsü ölçülür. Vites, bu hız bölgesinde değiştirmeden seçilebilecek en yüksek çevrim oranında olacaktır. Hız eksenini üzerinde değişimi lineer olarak çizilecektir. Standartta bu çizimde hatanın azaltılması için lineer regresyon kullanılması istenmiştir [10].

4.5 Mikrofon pozisyonları

Standartta göre ses seviyesi ölçümleri taşıt içindeki kişilerin kulak hizalarında yapılmaktadır. Mikrofon, koltuk oturma yüzeyi ile sırtlığın kesişme noktasından 70 cm yüksekliğe, sürücü olan koltukta koltuk simetri ekseninden 20 cm taşıt iç tarafına, boş koltuklarda ise tam ortada, seyir istikametine doğru yerleştirilir [10].



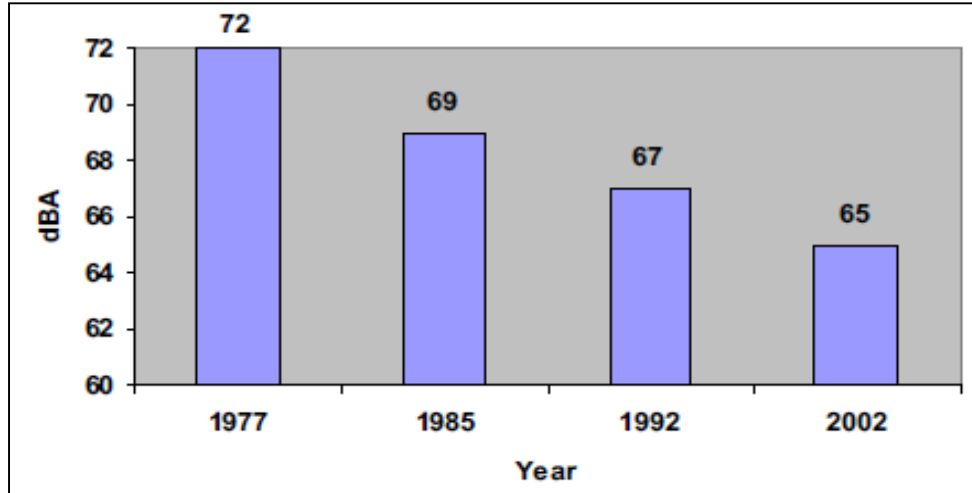
Şekil 4.1 : Koltuğa yerleştirilmesi istenen mikrofon pozisyonu [10].

Durağan ses dalgaları nedeniyle mikrofonlar duvarlara 15 cm'den daha fazla yaklaştırılmamalıdır. Eğer araç içinde ayakta duran yolcu seyahat edecek ise mikrofonlar bu kısımlarda zeminden düşey olarak 1,6 m yukarıda olmalıdır. Yatay mesafede yolcunun bu kısımda ki konumuna göre belirlenmelidir [10].

5. TAŞITLARDA İÇ GÜRÜLTÜ İSTATİSTİĞİ

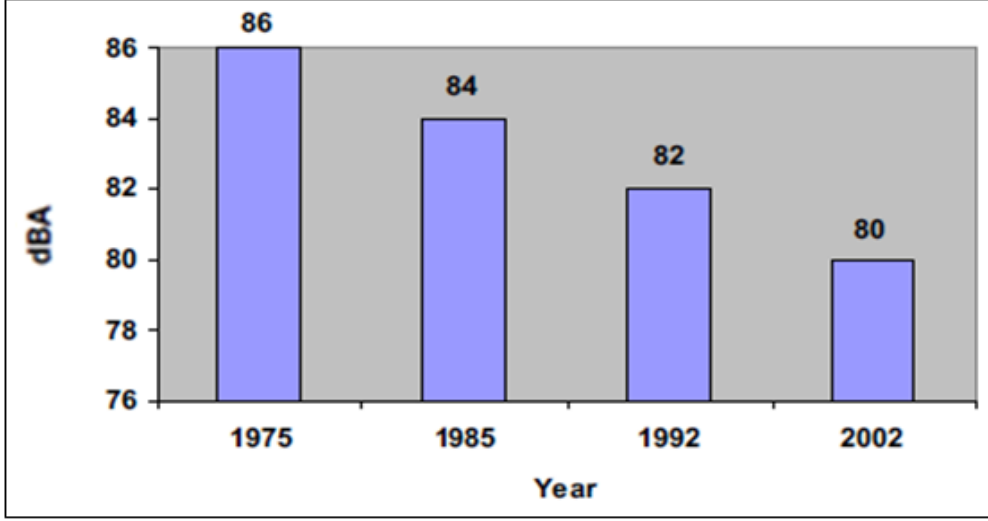
Taşıtlarda iç gürültünün ana sebepleri arasında gösterilen kaynaklarda yapılan geliştirmeler sayesinde taşıt iç gürültüsünde seviyesi değerlerinde azalmalar sağlanmıştır. Bu geliştirmelere; geliştirilmiş motor dizaynları ve konseptleri (dengelenmiş miller), geliştirilmiş hava emme ve egzoz sistemleri, hava ile iletilen sesin izolasyonu (motor ile taşıt kabini arasına), geliştirilmiş akustik ve titreşim izolasyonu, geliştirilmiş yerleştirme teknikleri ve prensipleri (hidrolik vb.), geliştirilmiş yapı dizaynları örnek olarak gösterilebilir [11].

Tüm bu geliştirmeler ışığında 70'lı yıllardan beri kademeli olarak taşıt kabin içi ses seviyesi değerleri her bir sınıf için düşmekte olduğu gözlenmektedir.



Şekil 5.1 : B ve C segmentindeki araçların iç gürültü seviyesindeki gelişimi [11].

Şekil 5.1 'de B ve C segmentinde olan otomobillerin yıllara göre ince çakıllı referans bir yolda 60 km/h sabit bir hızda seyir halinde iken sürücünün kulak pozisyonunda ölçülen taşıt içi ses seviye değerleri gözükmemektedir [11].



Şekil 5.2 : Üst kesim sınıflarda olan araçlarda ani gürültü değerlerinin gelişimi [11].

Şekil 5.2’de üst kesim otomobillerde taşıt sürücüsünün kulak hizasında alınan, motor devri 3000-4000 rpm arasındayken ölçülen ortalama ani gürültü artışı değerleri gösterilmektedir [11].

Son 4 yılda piyasada bulunan yaklaşık olarak 400 taşıtın iç gürültü seviyeleri çeşitli kriterler ve standartlar göz önüne alınarak ölçülmüştür ve bu değerler Ek A’da yer almaktadır.

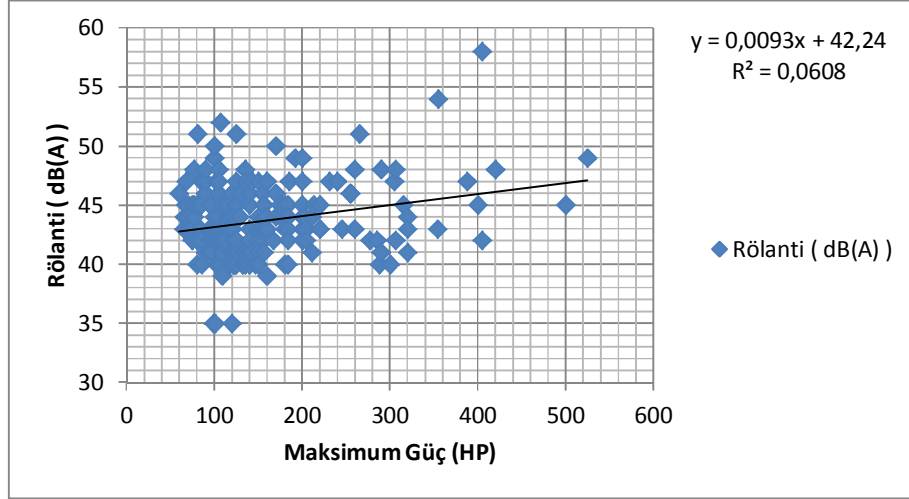
Öncelikle taşıtlar kullandıkları yakıt göre (benzin ve dizel) sınıflandırılmıştır. Ardından rölantide, 50km/h, 80 km/h, 120 km/h hızlarda iç gürültüleri ölçülmüştür.

Bu ölçülen taşıtların iç gürültü ses seviyelerinin taşıtının diğer parametreleriyle (Güç, Tork, vb) ilişkilendirmiştir.

Bu ilişkilendirmeden sonra benzinli ve dizel araçların hepsinin ortalama grafiklerini çıkarılıp, bu grafiklerden araç parametrelerin aracın iç gürültü seviyesi üzerindeki etkisini görebilmek üzere yararlanacağız. Aşağıda sadece her bir durum ve parametre için birer grafik bulunmaktadır. Grafiklerin tamamına Ek B’de yer verilmiştir.

5.1 Benzinli Taşıtlarda Maksimum Güç- Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

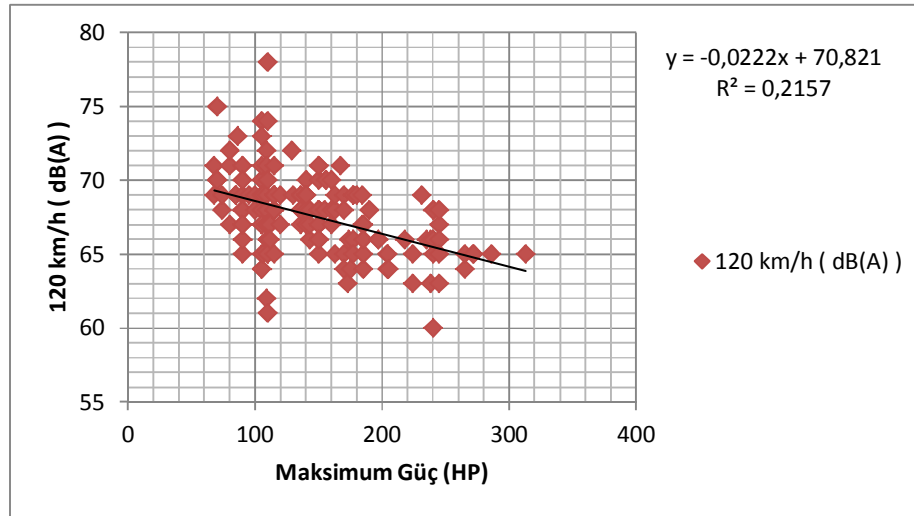
Rölanti;



Şekil 5.3 : Rölantide benzinli taşıtlarda maksimum güç- taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

5.2 Dizel Taşıtlarda Maksimum Güç- Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

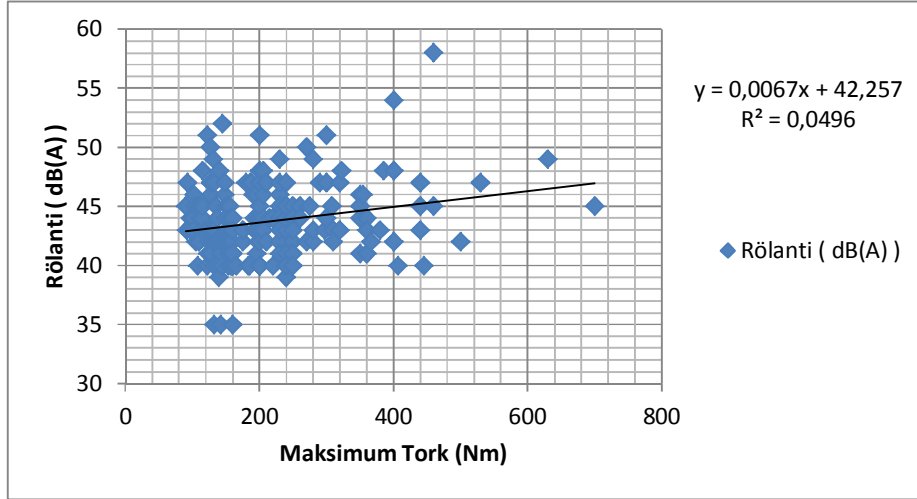
120 km/h;



Şekil 5.4 : 120 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç- taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

5.3 Benzinli Taşıtlarda Maksimum Tork - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

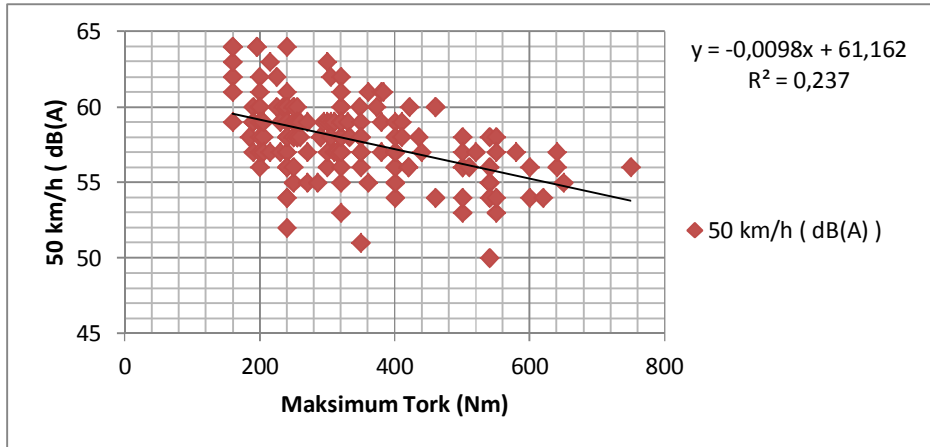
Rölanti;



Şekil 5.5 : Rölantide benzinli taşıtlarda maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

5.4 Dizel Taşıtlarda Maksimum Tork - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

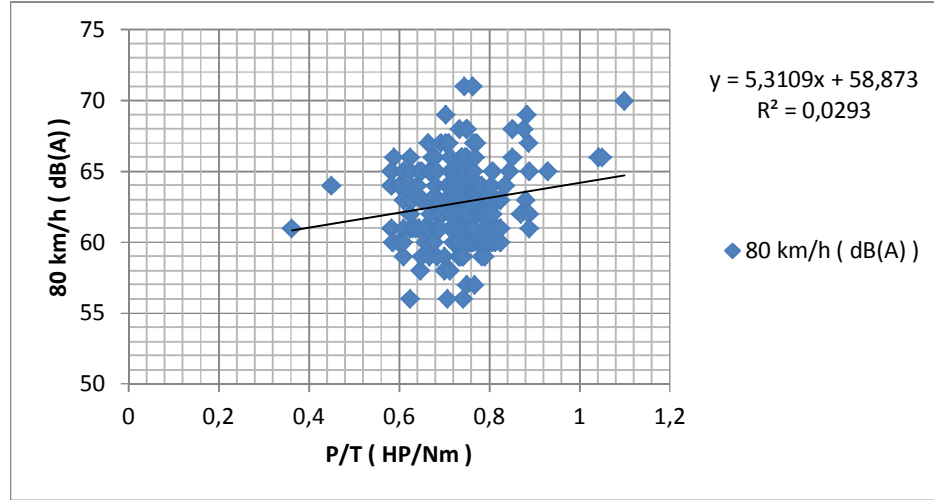
50 km/h;



Şekil 5.6 : 50 km/h'de dizel taşıtlarda maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

5.5 Benzinli Taşıtlarda Maksimum Güç / Maksimum Tork - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

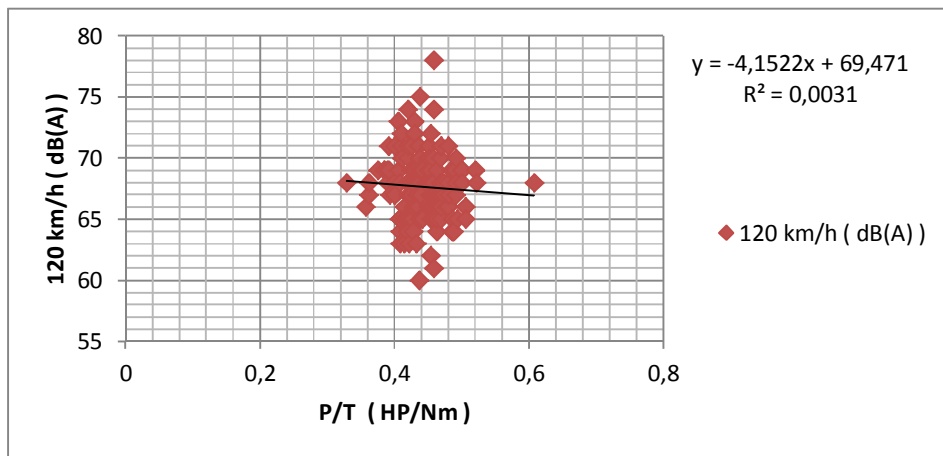
80 km/h;



Şekil 5.7 : 80 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

5.6 Dizel Taşıtlarda Maksimum Güç / Maksimum Tork - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

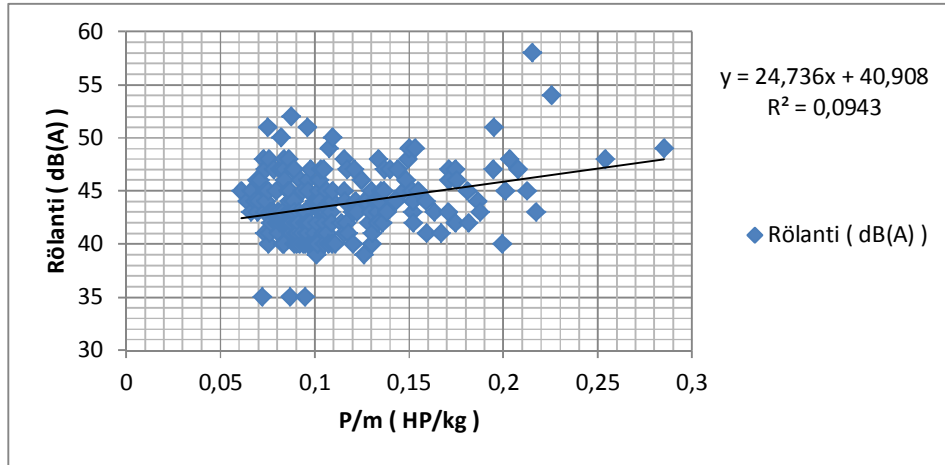
120 km/h;



Şekil 5.8 : 120 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

5.7 Benzinli Taşıtlarda Maksimum Güç / Ağırlık - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

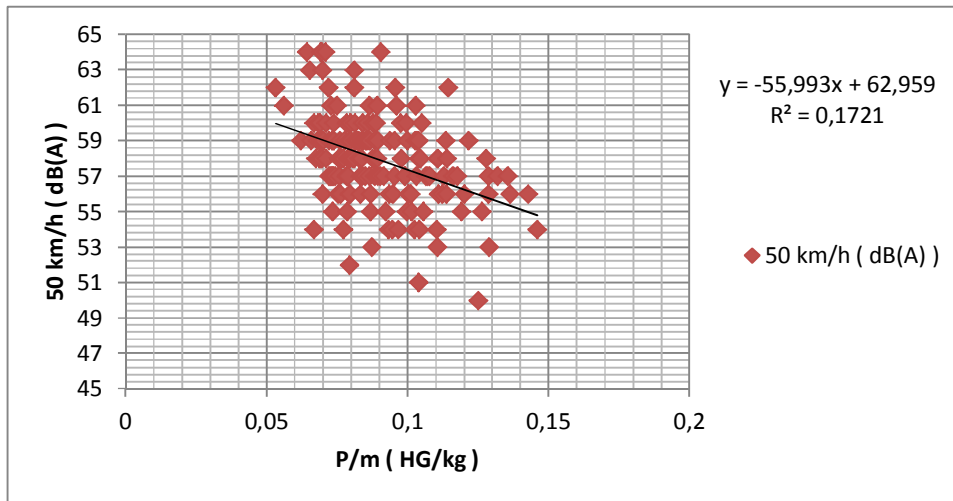
Rölanti;



Şekil 5.9 : Rölantide benzinli taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

5.8 Dizel Taşıtlarda Maksimum Güç / Ağırlık - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

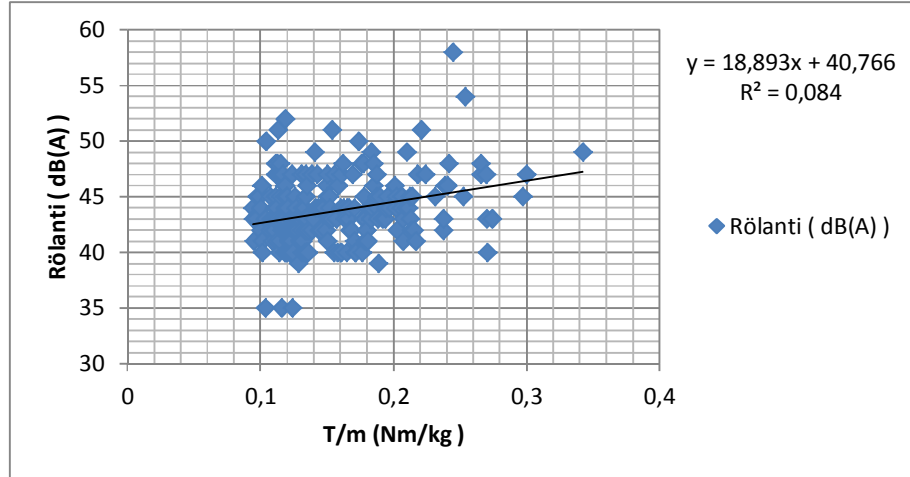
50km/h;



Şekil 5.10 : 50 km/h'de dizel taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

5.9 Benzinli Taşıtlarda Maksimum Tork / Ağırlık - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

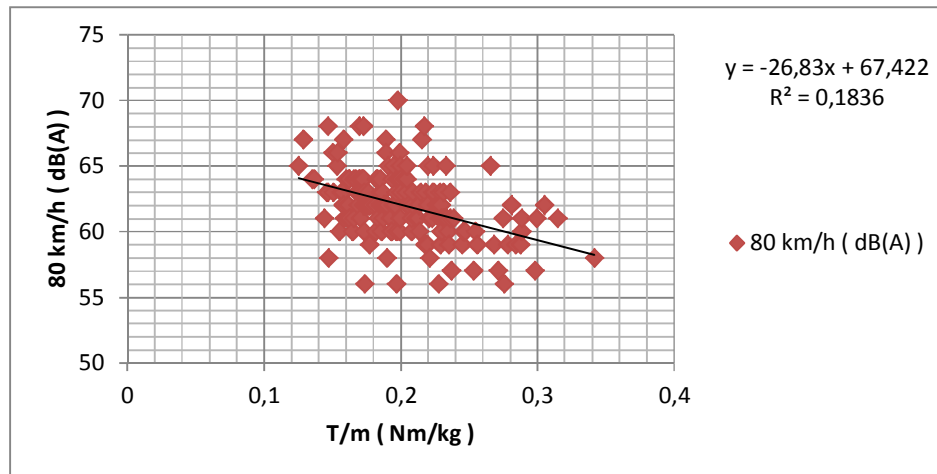
Rölanti;



Şekil 5.11 : Rölantide benzinli taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

5.10 Dizel Taşıtlarda Maksimum Tork / Ağırlık - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

80 km/h;

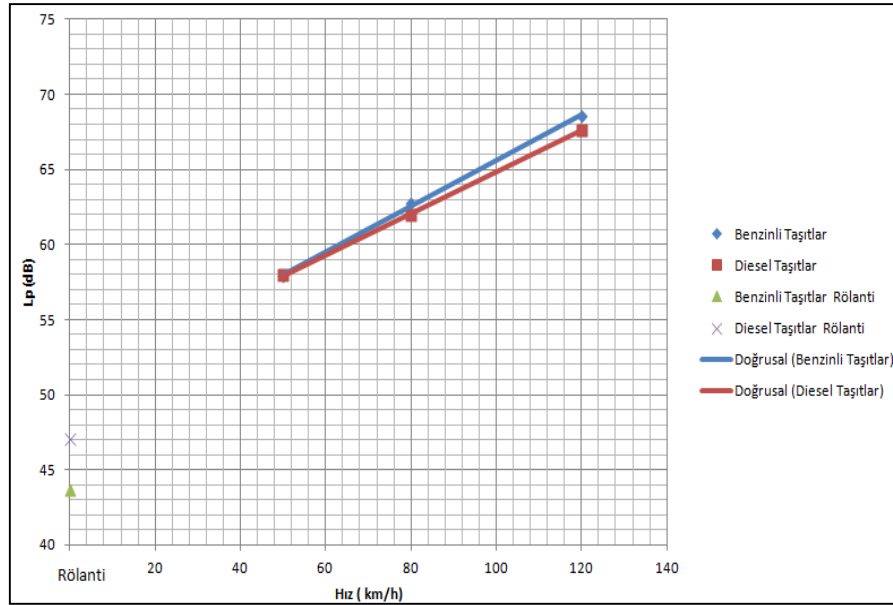


Şekil 5.12 : 80 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

Ek A’da bulunan yaklaşık 400 taşıtın iç gürültü seviyelerinin ortalama değerlerini incelemek gerekirse;

Çizelge 5.1 : Benzinli ve dizel taşıtlardaki hız değerlerine bağlı olarak ortalama taşıt iç ses seviyesi değerleri.

	Rölanti dB(A)	50 km/h dB(A)	80 km/h dB(A)	120 km/h dB(A)
Benzinli Taşıtlar	44	57	63	69
Dizel Taşıtlar	47	58	62	68



Şekil 5.13 : Benzinli ve dizel taşıtlardaki hız değerlerine bağlı olarak ortalama taşıt iç ses seviyesi değerleri.

6. TAŞITLARDA İÇ GÜRÜLTÜ ÖNEMİNİN ARTMASI

Daha önce de belirttiği üzere taşıtlarda iç gürültü taşıt içinde bulunan veya taşıt ile etkileşimde olan motor, egzoz, hava emiş, aerodinamik, lastik ve yol gibi birçok sisteme bağlıdır. Son yıllarda ses ve titreşimde gelişen teknoloji ve mühendislik uygulamaları ve “sıfır emisyon” sloganıyla piyasada artık kendini göstermekte olan elektrikli taşıtlar sayesinde taşıtlarda iç gürültüyü oluşturan birincil kaynakların taşıt içindeki iç gürültüye etkisi bir seviyeye kadar azaltılmıştır. Fakat taşıtta iç gürültüye neden olan öncelikli sistemlerin neden olduğu iç gürültüdeki azalma, maskeleme yaptığı ikincil sistemlerin (ısıtma-havalandırma sistemleri, elektrik motoru, kompresörler vb.) taşıttaki iç gürültüye etkilerini hissedilir ve ölçülebilir bir şekilde artmasına neden olmuştur. Bu bölümde elektrikli taşıtlarda iç gürültüye neden olan kaynakları, içten yanmalı motorlu taşıtlarda ve bu iki güç kaynaklı sistemde taşıttaki iç gürültüye etki eden birincil kaynaklar dışındaki gürültü kaynaklarını inceleyeceğiz.

6.1 İçten Yanmalı Motorlar Çalışan Taşıtlarda İç Gürültüye Neden Olan İkincil Kaynaklar

Bu kaynakları tahrik kaynaklarına göre iki bölümde inceleyebiliriz:

1. Motor volanından aldığı tahrikle çalışan elemanlar
2. Elektrik motoru tahrikli elemanlar [12]

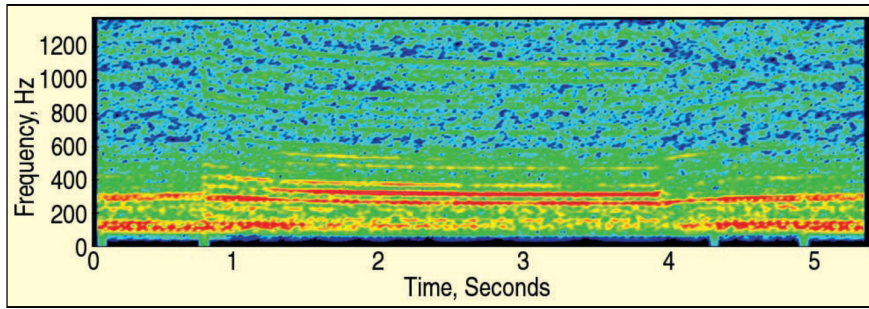
6.1.1 Motor volanından aldığı tahrikle çalışanlar elemanlar

Motor volanından aldığı tahrikle çalışan direksiyon hidrolik sistem pompası, ısıtma-havalandırma ve klima kompresörü, alternatör elemanlarının devreye girmesiyle, bu elemanların yaydıkları sesler taşıt içinde değişik biçimlerde hissedilir:

- Direksiyon hidrolik sistem pompasından çıkan inilti, vızıltı ve tıslama: İnilti, düşük frekans aralığında (200-400 Hz) oluşan tonlar için kullanılır. Vızıltı

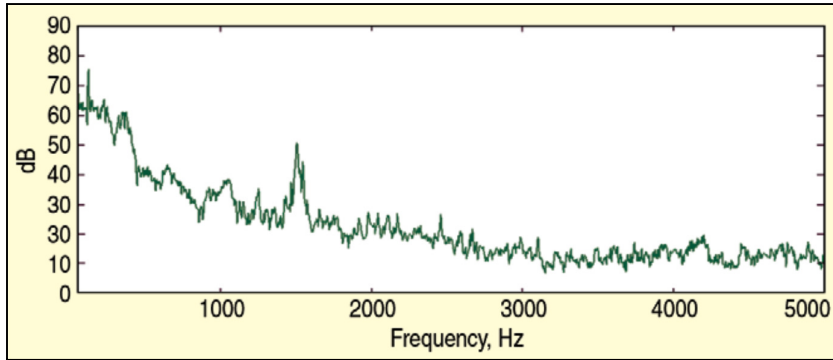
ise iniltiden daha yüksek frekans aralığında (2kHz üstü) oluşan tonlardır. Tıslama ise dar ban aralığı (bu aralık 100 Hz'i geçmez.) bileşenidir.

- Kompresörlerde meydana gelen inilti ve homurtu: Kompresörün birçok harmoniğinin sesi taşıt içinde etki yaptığında homurtu sesi bu etkinin içinde kendini hissettirecek şekilde duyulabilir. Bu sert etkinin sebebi kompresör harmoniklerinin 40-60 Hz aralarında bulunmasıdır(motor hızı ve kompresördeki her çevrimdeki pompalama sayısına bağlı olarak değişir.) (Şekil 6.1) [12].



Şekil 6.1 : Taşıt içinde hissedilen kompresör iniltisi örneği [12].

- Alternatör iniltisi: Bu inilti de direksiyon hidrolik sistemi iniltisi tipindedir. (Şekil 6.2)



Şekil 6.2 : Alternatör iniltisi örneği [12].

Motor volanından aldığı tahrikle çalışan elemanlar için kullanılan ses kalitesi birimleri:

- Pompa order dilimleri – RPM (motor order dilimleri ile karşılaştırmak için)
- Tonalite / ton gürültü oranı / öne çıkma oranı
- Pürüzlülük
- Açma kapama sırasında dB(A)'daki değişim ya da ses şiddeti
- Hava akımı sesi için şiddetlilik [12]

6.1.2 Elektrik motoru tahrikli elemanlar

Koltuk ayar düzeni, aynalar, pedallar, sunroof, cam açma-kapama düzeni gibi tahrikini elektrik motorundan alan sistemler taşıtlarda istenmeyen seslere neden olmaktadır.

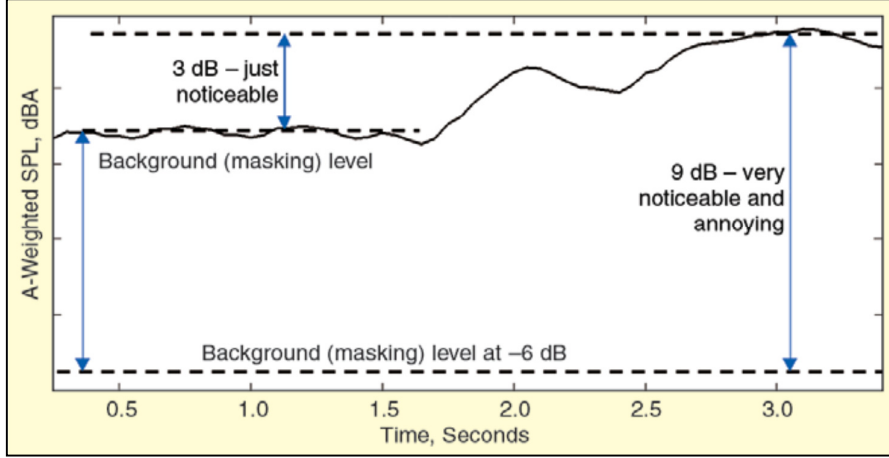
Tahrikini elektrik motorundan alan elemanlarda kaynaklanan gürültü motordan hareket iletiminin başlamasıyla birlikte zamana bağlı olarak gelişir [12].

Elektrik motoru tahrikli elemanlar için kullanılan ses kalitesi birimleri:

- Ses yüksekliği
- Sürüş sırasında ses seviyesindeki değişim
- Düşük frekans modülasyonu

6.2 Elektrikli Taşıtlarda İç Gürültü Kaynakları

Son yıllarda “sıfır emisyon” sloganıyla üreticiler birçok elektrikli taşıt modelini piyasaya sürdüler. Elektrikli taşıtlarda geleneksel(içten yanmalı motora sahip) taşıtlara göre içten yanmalı motor bulunmadığı için iç gürültü kaynakları açısından büyük değişiklikler söz konusudur. Bunun nedenlerini sıralamak gerekirse; öncelikli olarak elektrikli taşıtlarda içten yanmalı motor bulunmamaktadır. Buna ek olarak elektrikli taşıtlarda egzoz sisteminin, çok kademli vites kutusunun, hava emiş sisteminin, yakıt tankının bulunmayışını da ekleyebiliriz. Geleneksel taşıtlarda bulunan ve taşıt içi gürültüye en çok etki eden kaynak olan içten yanmalı motorun elektrikli taşıtlarda bulunmaması geleneksel taşıtlarda maskeleyiği diğer gürültü kaynakları, elektrikli taşıtlarda oluşan iç gürültü de çok önemli hale gelmiştir.



Şekil 6.3 : Taşıtta gerçekleşen bir pompalama olayındaki maskelemenin etkisi [7].

Ses maskeleme olayına örnek vermek gerekirse; Şekil 6.3 ‘de bir pompalama olayı ele alınmıştır. Pompalama olayı motor çalışırken (maskeleme olayı aktif iken) yapıldığında en yüksek 3 dB bir fark gözükürken, maskeleme olayı olmadığında grafikten de görüleceği üzere bu değer çok fazla artarak 9 dB(A) seviyesine çıkmaktadır [7].

Elektrikli taşıtlarda iç gürültüye neden olan bazı sistemler:

- Elektrik Motoru: Elektrik motorların tamamen sessiz olduğu söylemek büyük bir hata olabilir. Motorun dizaynına bağlı olarak, elektromanyetik akım darbeleri ve buna karşı olan tork darbeleri çok güçlü olabilir. Bu darbeler dolayısıyla motor yuvası ve yerleştirmelerinden kabin içinde gürültü olarak yayılır.

Fakat içten yanmalı motorlara göre daha az kuvvetler meydana geldiğinden ve bu kuvvetlerin oluştuğu frekans daha yüksek olduğu için motor yuvasında uygulanacak bir plastik izolasyon bu gürültünün yayılmasının engellenmesine çok yardımcı olacaktır. Ayrıca motordan direk olarak yayılan gürültü yüksek bir frekansta olduğu için (>1000 Hz) , akustik malzemeler ile bu hava kaynaklı gürültünün izolasyonu verimli bir şekilde sağlanabilir.

Elektrik motoruna ek olarak sistemi tamamlayan tek kademeli vites kutusu güç elektroniği ünitesi de iç gürültüye etki edebilir. Bu elemanlara uygulanacak olan akustik izolasyon malzemeli bir yalıtım ile gürültü seviyesi en aza indirilebilir.

- Rüzgar gürültüsü: Bir başka deyişle aerodinamik gürültü ile adlandırabileceğimiz bu gürültüyü minimum seviyede tutmak için tasarımcılar ve üreticiler taşıt üzerinde rüzgarın düzgün bir akış sağlayabilmesi, beklenmedik basınç değişimlerinin ve türbülansın oluşmaması için elektrikli taşıt tasarımında keskin kenarlardan kaçınılmaktadırlar. Rüzgarın taşıt üzerindeki düzgün akışı o araç için aerodinamik sürtünme katsayısını belirler. Bu katsayı ne kadar düşük olursa taşıt üzerinde oluşan basınç değişimleri ve türbülans taşıtı o kadar az etki eder.

Elektrikli taşıtlarda rüzgar etkisiyle kabin içinde düşük frekanslarda oluşan akustik enerji (< 250 Hz) araç altında oluşan türbülans ve hava akışından dolayı meydana gelmektedir.

Her ne kadar da araç dizaynında keskin kenarlardan kaçınılması aerodinamik sürtünme katsayısını belli bir seviyeye kadar düşürmekse de bu seviyeden daha aşağı inmemesinin sebebi ise dikiz aynaları, ön cam, kapı kolları gibi elemanlardır. Doğal olarak burada oluşan türbülans ve basınç değişimleri iç gürültüye etki etmektedir. Sadece dikiz aynalarının çıkartılması ve onları yerine kamera sistemi konulması aerodinamik sürtünmeyi %7 azalmaktadır. Bu da gösteriyor ki araç üzerindeki en ufak değişiklik ya da yapı aerodinamik kuvvetleri oldukça ciddi etkilemektedir.

- Lastik / Yol Gürültüsü : İçten yanmalı motora sahip taşıtlarda NVH çalışmalarının çoğu araç içi gürültünün ana sebebi olan içten yanmalı motor üzerineydi. Fakat elektrikli taşıtlar içten yanmalı motora sahip olmadığı için özellikle elektrikli taşıtların en çok kullanıldığı hız aralığı olan 40-80 km/h aralığında araç içi gürültüye en çok etki eden etmen lastik ve yol gürültüsüdür.

Lastik ve yol gürültüsünün taşıt içinde hissedilmesinin en büyük etmeni aracın hafif olmasından dolayı buralarda oluşan gürültüler kabin içine daha çok etki etmektedir. Bu gürültünün önlenmesi için lastik teknolojisinin geliştirilmesi, süspansiyonlara mekanik izolasyon yapılması, araç sertliğinin geliştirilmesi vb. çalışmalara yapılmaktadır.

- Yardımcı Sistemler Gürültüleri: Elektrikli taşıtlarda ses maskeleyesi sağlayan içten yanmalı bir motor bulunmadığı için taşıtta bulunan yardımcı

sistemler taşıt içi gürültüye etki etmektedir. Bu etkenler taşıt çalışma koşullarından bağımsız (hız gibi) taşıt içinde vızıltı, çığltı, uğultu gibi rahatsız edici seslerin duyulmasını sağlamaktadır [13].

Bu yardımcı elemanlara örnek vermek gerekirse;

- Güçlü fren takviyesi için vakum pompası
- Radyatör soğutma fanı
- Elektrikli sistemlerin soğutulması için kullanılan pompalar
- Isıtma- Havalandırma için kullanılan kompresör
- ABS modülü ve pompası
- Direksiyon kremayer dişlisi [13]

6.3 İçten Yanmalı Motorlu ve Elektrikli Taşıtlarda İç Gürültüye Etki Eden Vızıltılar, Takırtılar (BSR) :

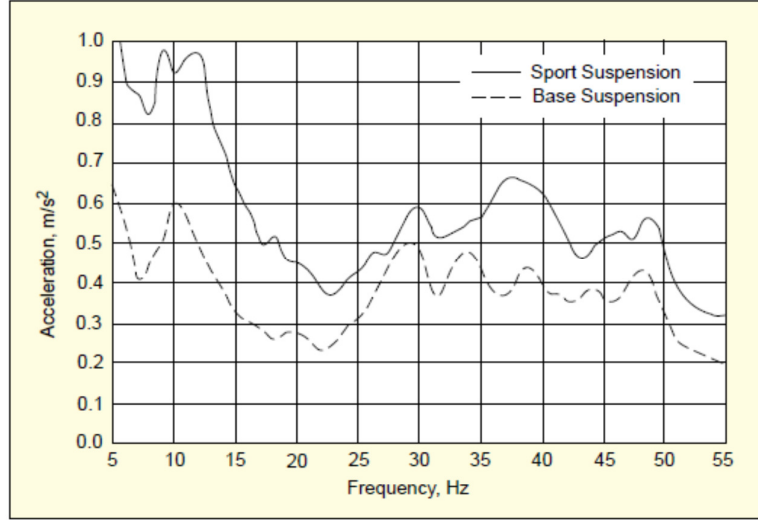
Daha önce de belirttiğimiz üzere taşıtlarda özellikle ana kaynaklarda oluşan (motor, egzoz, vb.) ses ve titreşim azaltmadaki gelişen teknoloji gerekse elektrikli taşıtların yavaş yavaş piyasa yer alması üzerine taşıtlarda oluşan iç gürültü belirli bir seviye azalmıştır. Tüketiciler de bu geçen zaman içinde iç gürültüye karşı daha hassas hale gelmiştir.

Fakat hem içten yanmalı motora sahip geleneksel taşıtlar hem de elektrik taşıtlarda bu taşıt içi ses seviyesinde gösterilen azalmaya bağlı olarak yapılan bir pazar araştırmasının sonucu gösteriyor ki; tüketiciler yeni bir araç aldıktan sonra 3 ay içinde araçta oluşan vızıltı ve takırtılar (BSR) onları endişelendiren en önemli 3 olaydan biri haline gelmiştir [14].

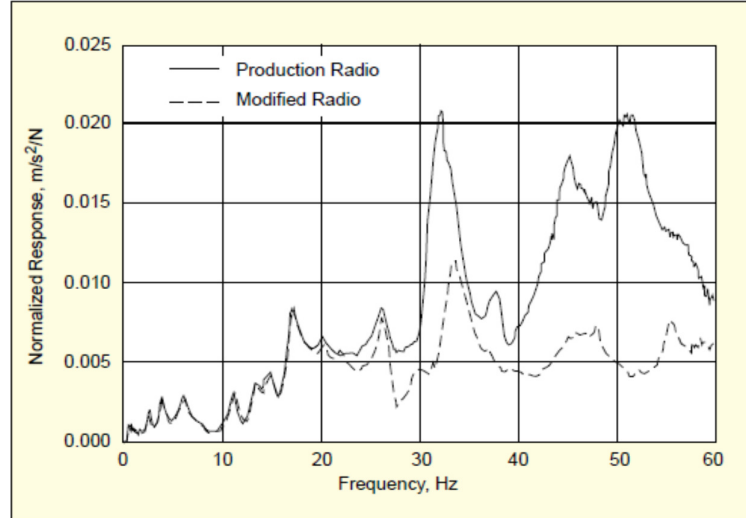
BSR (Buzz, Squeak, Rattle) terimi düşük frekansta montaj halinde bulunan bir yapıdan yapısal titreşim sonucu ortaya gürültü olarak tanımlanır. Vızıltı , 2 parçanın sürtünme halinde olan hareketinden dolayı oluşmaktadır. Takırtı ise bir yüzeyin başka bir yüzeye çarpması sonucu oluşmaktadır [15].

Taşıt iç gürültüsüne etki eden vızıltı ve takırtının olduğu bazı elemanlar:

- Ön konsol: Taşıt içinde vızıltı ve takırtıya maruz kalacak en büyük potansiyele sahip kısımdır. Temas halinde olay yüzey sayısı fazlalığı, motor, ön lastikler ve güç aktarım organlarıyla olan etkileşimleri bu potansiyelin sebeplerindendir.

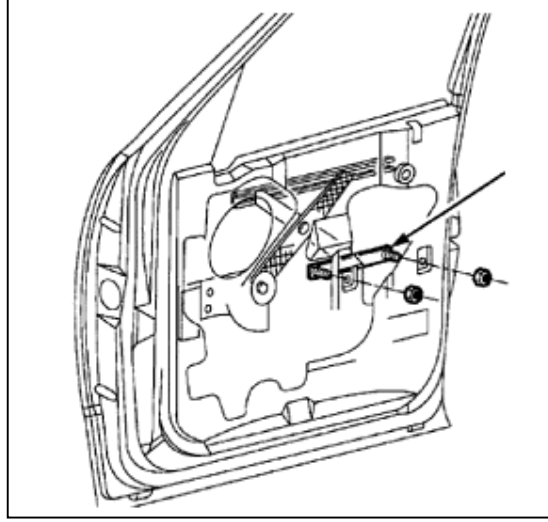


Şekil 6.4 : Süspansiyon sertliğinin araç konsolu üzerindeki etkisi [15].



Şekil 6.5 : Araç CD çalarındaki titreşim azaltılması [15].

- Pencere açma-kapama sistemi: Bu sistemde birçok hareketli parça ve karmaşık mekanizmalar olduğu için buralarda oluşan vızıltı taşıt içi gürültüye etki eder.



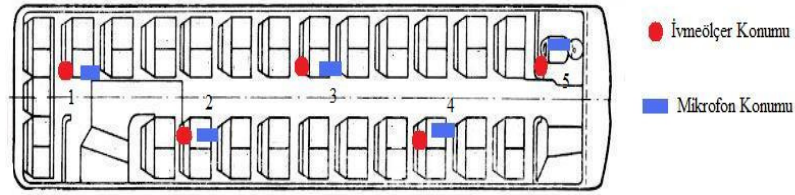
Şekil 6.6 : Taşıt içinde vızıltı sesine neden olan pencere açma-kapama sistemi [16].

- Taşıt altında oluşan vızıltı ve takırtılar: Taşıt altında bulunan gevşek parçalar, parçalar arasında bulunan takırtıya sebep olacak boşluklar, gövde birleştirme noktaları ve sarsıntılar burada oluşan ve araç içine etki eden sesleri oluşturmaktadır.
- Vites takırtıları: Daha çok rölanti oluşan bu gürültünün en önemli nedeni titreşimden dolayı vites dişlilerinin birbirlerine çarpmasıyla oluşmaktadır.
- Kapılar: Taşıt kapıları için her zaman kapıların kapanması için gerekli kuvveti ayarlamak zordur. Eğer belli bir kuvvetten fazlası uygulanırsa bu kısımlar iç gürültüye etki eden takırtılar oluşmaktadır.
- Koltuk ve emniyet kemeri mekanizması: Taşıt koltuklarında konfor için birçok mekanizma bulunmaktadır(koltuk sırtı ayarlama, konumu ayarlama vb.). Bu bahsedilen mekanizma ile emniyet kemeri geri toplama mekanizması vızıltı ve takırtı için birçok hareketli parçaya ve temas halinde yüzeylere sahiptir [16].

Sonuç olarak iki yüzeyin birbiriyle ilişkisi sonucu ortaya çıkan bu seslerin %50'den büyük bir kısmı ön konsol, kapılar ve koltuklarda oluşmaktadır.[16]

7. ÖRNEK BİR TAŞITTA İÇ GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMLERİ

Bu bölümde bu tez için yapılan ölçüm çalışmaları yer alacaktır. İlk işlem olarak; ISO 5128 standardı göz önünde bulundurularak taşıt içine; en arka, orta ve sürücü bölümünden gürültü ve titreşim bilgisi toplanacak şekilde mikrofon ve ivmeölçerler yerleştirilir. Mikrofonlar koltukların oturma yüzeylerinden 70 cm yukarıda ve koridor tarafı kulak hizasında olacak şekilde yerleştirilmiştir. Tek yönlü ivmeölçer genel olarak mikrofonların bulunduğu koltuklar veya yakın çevresinde konumlandırılmıştır.



Şekil 7.1 : Ölçüm için mikrofonların ve ivmeölçerlerin otobüs içinde yerleşimi.



Şekil 7.2 : Mikrofonun koltuğa yerleştirilmesi.



Şekil 7.3 : İvmeölçerlerin yerleştirilmesi.

7.1 Seyir Halinde ve Durağan Halde Halinde Yapılan Ölçümler

Seyir halinde;

- en yüksek viteste run-up
- tüm motor devirlerinin en stabil şekilde tarandığı viteste run-up
- araç 100 km/h hızındayken iç gürültü

ölçümleri yapıldı.

Durağan halde;

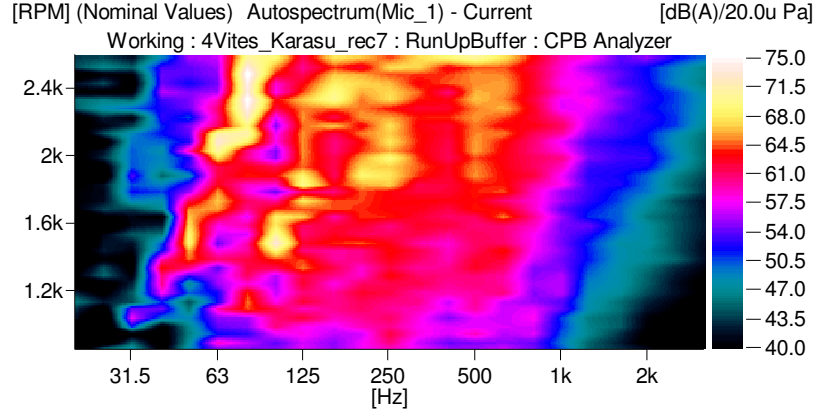
- Motor soğutma fanı termostatta çalışırken
- Soğutma fanı maksimum devirde iken
- Klima fanı devrede ve maksimum devirde; klima kompresörü kapalı iken
- Klima fanı devrede ve maksimum devirde; klima kompresörü çalışır iken
- Hava kompresörü çalışır durumda iken

run-up ölçümleri yapıldı.

7.2 Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirme

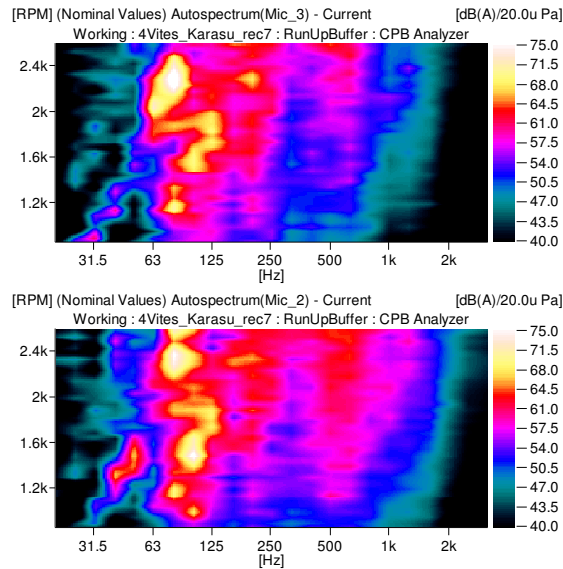
7.2.1 Seyir halinde yapılan ölçüm sonuçları

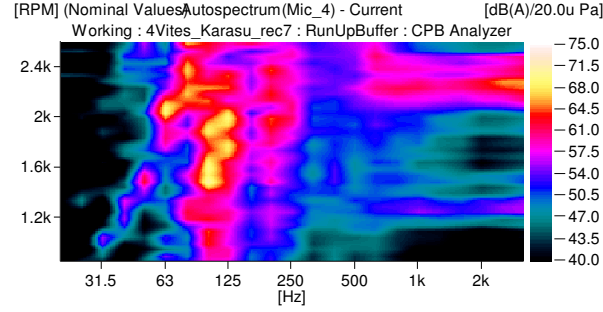
Araç 4. vites 100 km/h hızda düz bir yolda seyir halindeyken ölçümler yapıldı. Sonuç olarak;



Şekil 7.4 : Seyir halinde 1 numaralı mikrofondan alınan ses haritası.

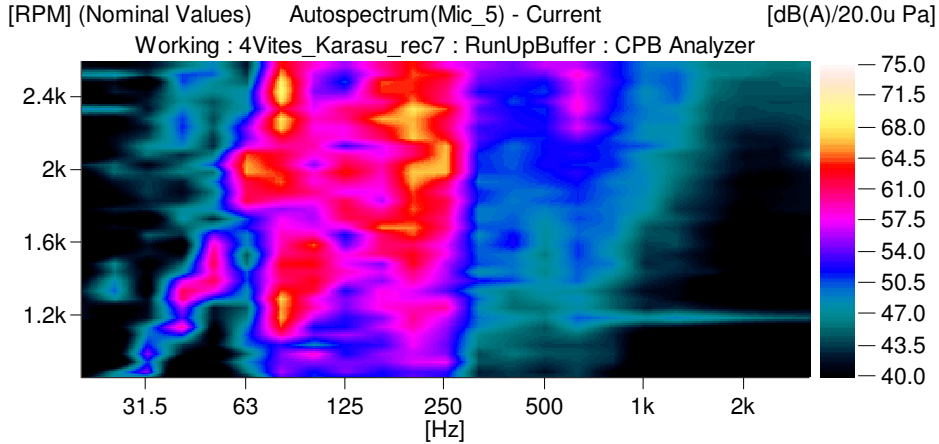
Şekil 7.4’de araç seyir halinde iken 1 numaralı mikrofondan alından datalar ile oluşturulan ses haritası gösterilmektedir. 1 numaralı mikrofon Şekil 7.1’de belirtildiği üzere motora en yakın olan mikrofondur. Bunun sonucu olarak seyir halinde yapılan ölçümlerde 1 numaralı mikrofondan elde edilen ses değerleri devire bağlı olarak yükselmektedir. Motor ve yardımcı elemanlar (soğutma fanı, kompresör vb.) bu yüksek ses değerlerinin ana sebebidir.





Şekil 7.5 : Seyir halinde taşıtın orta bölümünde bulunan 2,3,4 numaralı mikrofonlardan elde edilen ses haritaları.

Şekil 7.5’de taşıtın orta bölümünde bulunan 2,3,4 numaralı mikrofonlardan elde edilen ses haritaları gösterilmiştir. Bu ses haritalarından anlaşılacağı üzere motorun bulunduğu arka kısmından uzaklaşıldığında motor ve yardımcı eleman kaynakları ses seviyelerinin motor devrine bağlı olarak 1. mikrofon baz alındığında ciddi bir miktar azaldığı görülmektedir. 4 numaralı mikrofonda 250 Hz frekansından sonra her devre yayılan darbe etkisi taşıt içinde sağ tarafta bulunan termostatin içindeki kabın termostata sürekli olarak çarpma durumu gerçekleştirdiği için meydana gelmiştir.

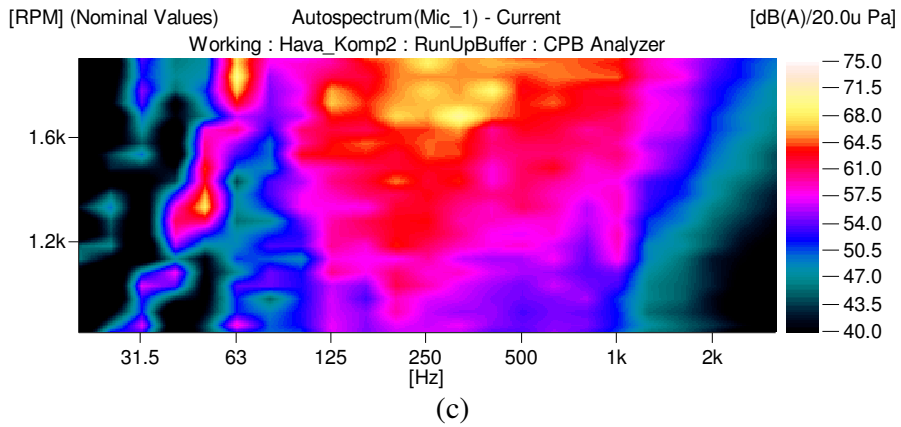
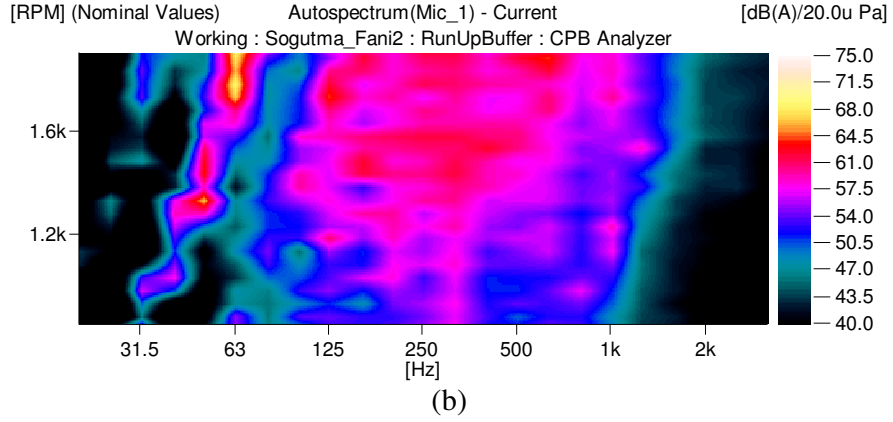
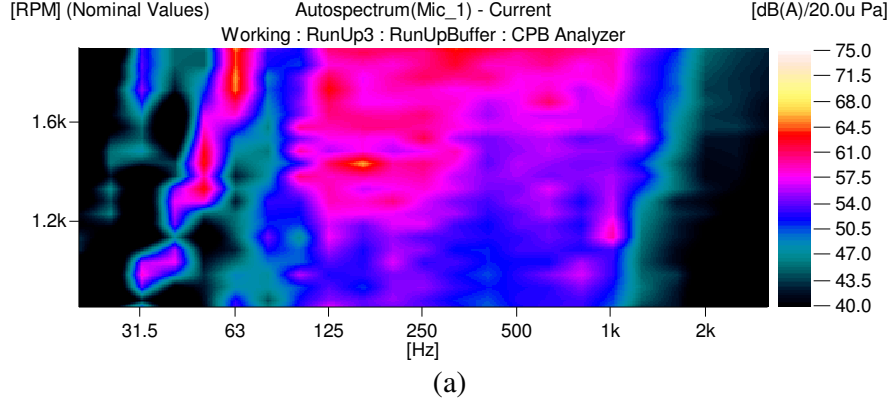


Şekil 7.6 : Seyir halinde sürücü koltuğunda bulunan 5 numaralı mikrofondan alınan ses haritası.

Şekil 7.6’da sürücü koltuğunda bulunan 5 numaralı mikrofondan alınan ses haritası gösterilmiştir. Taşıtın orta kısmında bulunan mikrofonlardan elde edilen ses haritalarında da görüldüğü gibi burada da motor ve motor yardımcı elemanları kaynaklı ses seviyeleri aracın arka kısımlarından daha azdır. Fakat burada farklı

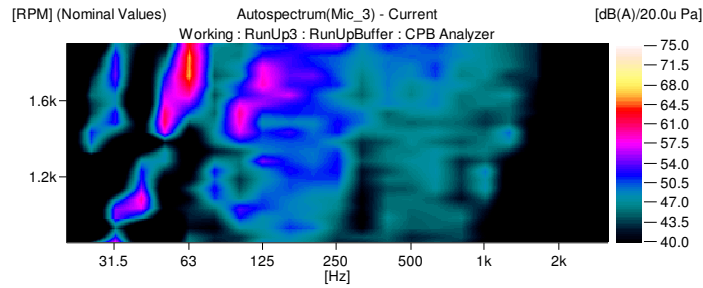
olarak 250 Hz’de yüksek devirlerde rüzgâr kaynaklı ses sürücünün bulunduğu kısımda etkili olmaktadır.

7.2.2 Durağan halde yapılan ölçüm sonuçları

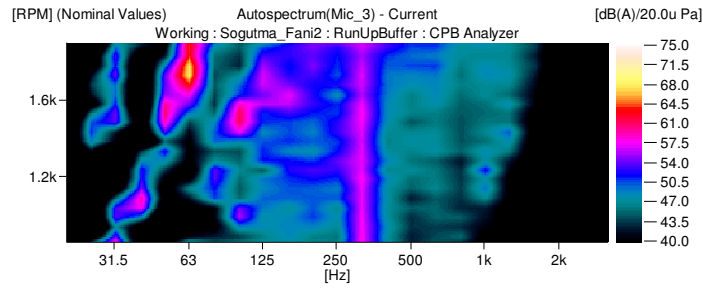


Şekil 7.7 : Durağan halde 1 numaralı mikrofondan elde edilen ses haritaları: (a) Motor yardımcı elemanları devre dışı iken. (b) Motor soğutma fanı devredeyken. (c) Hava kompresörü devreyken.

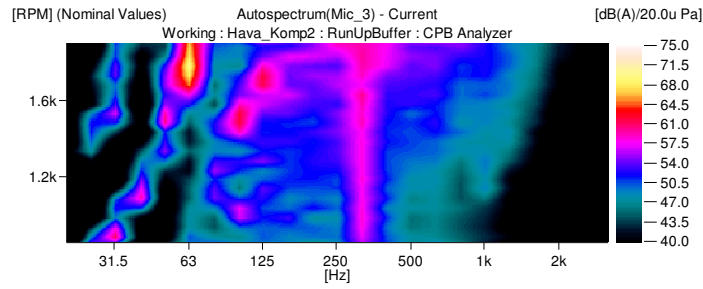
Şekil 7.7’de 3 durumda durağan halde yapılan ölçüm sonucu 1 numaralı mikrofondan elde edilen ses haritaları gösterilmiştir. Motor yardımcı elemanları devre dışı ilen, motor soğutma fanı devredeyken ve hava kompresöre devredeyken alınan bu ölçümler taşıt içinde motor kısmında soğutma fanının ve hava kompresörünün iç gürültü yetkisini göstermektedir. Görüldüğü üzere hava kompresörü özellikle yüksek devirde iç gürültüye bu kısımda önemli bir katkı yapmaktadır. Soğutma fanı ise hava kompresörü kadar olmasa da yüksek devirlerde iç gürültüyü etkilemektedir.



(a)



(b)

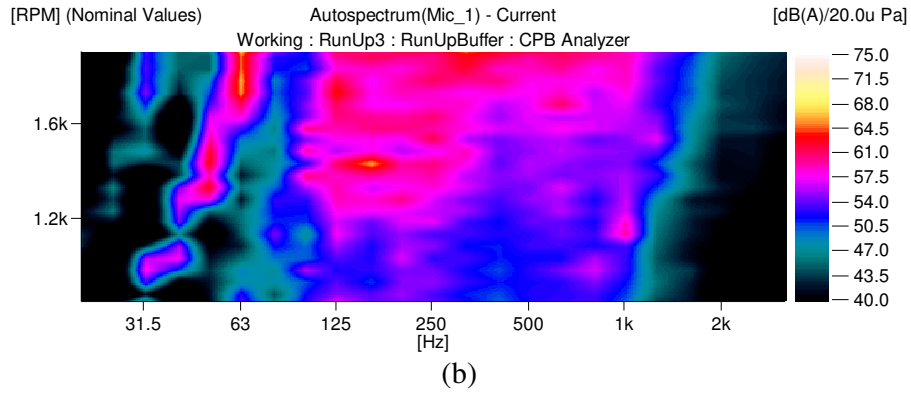
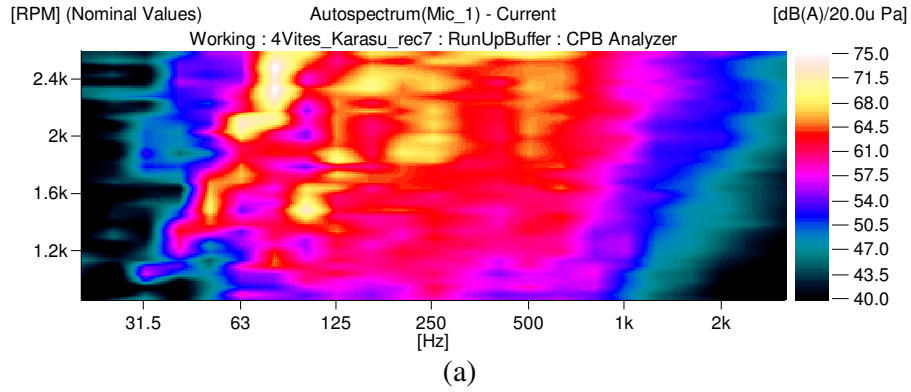


(c)

Şekil 7.8 : Durağan halde 3 numaralı mikrofondan elde edilen ses haritaları:

(a) Motor yardımcı elemanları devre dışı iken. (b) Motor soğutma fanı devredeyken. (c) Hava kompresörü devreyken.

Şekil 7.8’de durağan halde 3 durumda durağan halde yapılan ölçüm sonucu 3 numaralı mikrofondan elde edilen ses haritaları gösterilmiştir. Motor yardımcı elemanları devre dışı ile, motor soğutma fanı devredeyken ve hava kompresöre devredeyken alınan bu ölçümler yolcuların yoğun olduğu taşıtın orta kısmında soğutma fanının ve hava kompresörünün iç gürültü yetkisini göstermektedir. Görüldüğü üzere taşıtın orta kısmında soğutma fanının ve hava kompresörünün devreye girmesiyle 315 Hz’de düşey yığılmalar gözükmemektedir.



Şekil 7.9 : 1 numaralı mikrofondan elde edilen ses haritaları: (a) seyir halinde. (b) durağan halde.

Şekil 7.9’da taşıt seyir halinde ve durağan halde iken taşıtın arka kısmında bulunan 1 numaralı mikrofondan elde edilen ses haritaları gösterilmiştir. Ses haritalarından anlaşılacağı üzere durağan halde iken sadece yüksek devirlerde çok az bir frekans aralığında ses seviyesi 68-70 dB(A) civarındadır. Fakat seyir halinde iken ses seviyeleri durağan halde yapılan ölçümlere göre büyük farklılıklar göstermektedir. Durağan hale göre ses seviyeleri oldukça yüksek ve daha geniş frekans aralığındadır. Bunun en önemli nedenlerini sıralamak gerekirse;

- Aktarma elemanlarından yayılan ses
- Egzoz gürültüsü
- Motor ve yardımcı elemanlardan(turbo, soğutma fanı vb.) yayılan ses
- Aerodinamik kaynaklı gürültü
- Yol ve lastik gürültüsü

7.3 Sübjektif Değerlendirme

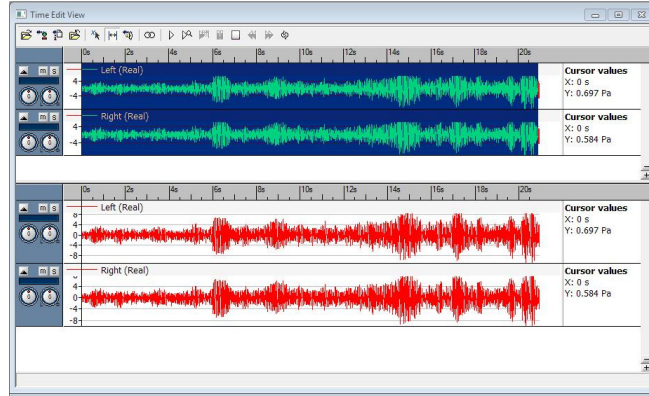
Ölçümlerde bazen hangi elemanın ne gibi ses yaydığını tespit etmek çok zor olabilmektedir. Sübjektif değerlendirme bu elemanların tespiti, ne gibi ses yaydıklarını ve bu yaydıkları seslerin hangi devirde ve hangi frekans aralığında ortaya çıktığının tespiti için yapılmaktadır.

Sübjektif değerlendirme için Brüel & Kjaer firmasının Head and Torso ölçüm seti kullanıldı. Bu ölçüm setiyle ölçümler taşıt seyir halinde iken taşıtın arka,orta ve ön kısımda olmak üzere 3 yerde yapılırken, durağan halde sadece arka kısımda yapıldı.



Şekil 7.10 : Ölçümlerde kullanılan Head and Torso örneği [17].

Ölçümler sırasında Head and Torso ölçüm aletinin kulak kısımlarında bulunan mikrofonlardan alınan ses kaydı, B&K Pulse Flex programında frekans aralıklarına göre filtre edilerek dinlenir. Bu filtreleme sonucu hangi elemanın ya da sistemin hangi frekans aralığında nasıl bir ses yaydıkları belirlenir.



Şekil 7.11 : Ölçümlerden elde edilen bir kaydın düzenlenmesi.

7.4 İç Akustik Modları Ölçümü

Ses seviyesi ölçümlerini gerçekleştirdiğimiz ve ebatlarını bildiğimiz bu araçta son olarak iç akustik modu analizi yapılmıştır. Denklem 3.1’den yararlanarak üzerinde ölçümler yaptığımız araçta x ve y doğrultusunda modları olan 1,0,0 ve 0,1,0 ‘de uzaklığa bağlı olarak frekans değerlerine aşağıda yer verilmiştir.

Çizelge 7.1 : Ses ölçümleri yapılan araçta x ve y doğrultusunda modları olan 1,0,0 ve 0,1,0 ‘de uzaklığa bağlı olarak frekans değerleri.

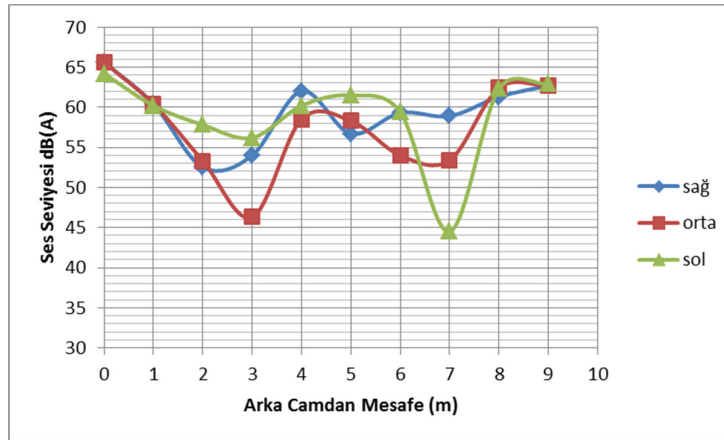
f (Hz)	x (m)
172	1
86	2
57.33333333	3
43	4
34.4	5
28.66666667	6
24.57142857	7
21.5	8
19.11111111	9
18.45493562	9.32

f (Hz)	y (m)
172	1
86	2
73.81974249	2.33

Ölçümlerini yaptığımız bu taşıta orta ve yan kısımlarda iç akustik modların etkilerini incelemek için, taşıtın tümüne taşıtın en arka kısmından 74 Hz’lik bir sinyal gönderilmiştir. Mesafeye bağlı olarak verilen bu sinyalin sonucu taşıtın orta tarafı ve yan taraflarındaki ölçülen değerler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 7.2 : 74 Hz değerinde taşıta verilen sinyal sonucu mesafeye bağlı olarak taşıtın sol, sağ ve orta kısmında ölçülen ses seviyeleri.

Arka camdan mesafe (m)	Sağ Taraf dB(A)	Orta dB(A)	Sol Taraf dB(A)
0	66	66	64
1	60	60	60
2	53	53	58
3	54	46	56
4	62	59	60
5	57	58	62
6	59	54	59
7	59	53	45
8	61	62	62
9	63	63	63



Şekil 7.12 : 74 Hz değerinde taşıta verilen sinyal sonucu mesafeye bağlı olarak taşıtın sol, sağ ve orta kısmında ölçülen ses seviyeleri.

Yukarıdaki grafikten de görüleceği üzere 3. ve 6. metrelerde (arka kısımdan itibaren) orta kısımlarda ses seviyesi minimum iken yan taraflarda bu değerler yüksek seviyelere doğru eğilim göstermektedir. Bu tez için yapılan bu ölçüm bize iç akustik modların taşıt içindeki ses seviyeleri üzerinde yarattığı etkiyi ve yapısal karmaşıklığını göstermektedir.

8. SONUÇ

Gelişen teknoloji ve otomotiv üreticileri arasındaki rekabetin artması neticesinde günümüzde birçok kaliteli aracı çevremizde görmekteyiz. Rekabetin gün geçtikçe arttığı bu piyasada müşteri beklentileri ve beğenileri büyük önem kazanmaktadır. Müşteri beklentileri ve beğenileri listesinde konfor ve sürüş güvenliği en üst sıralarda yer almaktadır. İç gürültü seviyesi sürücü ve yolcular açısından önemli bir konfor parametresi halini almış olmasının yanında sürüş güvenliğini de dolaylı olarak etkileyen bir faktördür.

Bu çalışmada temel ses bilgisi ve taşıtlarda iç gürültüye sebep olan elemanlar ve sistemler incelenmiştir. Buradaki amacımız yapılacak olan çalışmalarda ve ölçümlerde taşıt üzerinde hangi sistemlerin etkili olduğunu daha iyi kavrayabilmek ve sonuçları daha iyi bir şekilde irdeleyebilmektir.

İç gürültü değerlendirmesi için mevcut tek iç gürültü ölçümü standardı olan ISO 5128 ve taşıtlarda iç gürültü istatistiği ele alındı. ISO 5128 standardında ölçüm sırasında hangi yolları yöntemler kullanılacağı incelendi. Bazı hususlar hakkında standartta açık olarak bilgilerin eksik olduğu görüldü. Özellikle motor yardımcı elemanların etkisi, örneğin motor soğutma fanı, hava kompresörünün devrede olduğu durumlarda ne yapılması gerektiği belirtilmiyordu. Halbuki bu hususların iç gürültüde önemli etkiler yaptığı sübjektif algılama testlerinde görülmektedir. Bu nedenle yardımcı elemanların iç gürültüye etkileri hem objektif hem de sübjektif testlerle değerlendirildi.

İç gürültü istatistiği kısmında, geçmişten günümüze otomobillerde iç gürültü seviyesinin nasıl bir iyileşme gösterdiği yapılan 2 istatistik üzerinde incelenmiştir. Bu iyileşmenin başlıca nedenleri olarak; geliştirilmiş motor dizaynları ve konseptleri (dengelenmiş miller), geliştirilmiş hava emme ve egzoz sistemleri, hava ile iletilen sesin izolasyonu (motor ile taşıt kabini arasına), geliştirilmiş akustik ve titreşim izolasyonu, geliştirilmiş yerleştirme teknikleri ve prensipleri (hidrolik vb.), geliştirilmiş yapı tasarımları gösterilebilir. Ayrıca bu bölümde 2007'den beri piyasada olan yaklaşık 400 otomobil modelinin; rölanti, 50km/h, 80 km/h, 120 km/h

hızlardaki hızları iç gürültü seviyeleri taşıtın sahip olduğu çeşitli parametreler (güç, tork, ağırlık) ile ilişkilendirilmiştir. Bu ilişkilendirmede doğrudan olarak bu parametreler ile iç gürültünün ilişkilendirilemeyeceği bir başka deyişle direk olarak formülize edilemeyeceği anlaşılmıştır. Son olarak bu kısımda incelenen taşıtların iç gürültü seviyelerinin ortalamalarını kullandığı yakıt tipi göz önüne alınarak yer verilmiştir.

Çizelge 8.1 : 2007-2011 yılları arası yaklaşık 400 otomobilin iç gürültü seviyeleri ortalamaları.

	Rölanti dB(A)	50 km/h dB(A)	80 km/h dB(A)	120 km/h dB(A)
Benzinli Taşıtlar	44	57	63	69
Diesel Taşıtlar	47	58	62	68

Ses ve titreşim alanlarında gelişen teknoloji ve mühendislik uygulamaları ve “sıfır emisyon” sloganıyla piyasada artık kendini göstermekte olan elektrikli taşıtlar sayesinde taşıtlarda iç gürültüyü oluşturan birincil kaynakların (güç kaynağı ve donanımları) taşıt içindeki iç gürültüye etkisi bir seviyeye kadar azaltılmıştır. Taşıtlarda iç gürültünün önemi kısmında da iç gürültüye oluşturan birincil kaynaklar dışında olan elemanlar ve sistemler incelenmiştir. Yapılan bir pazar araştırmasının sonucu gösteriyor ki; tüketiciler yeni bir araç aldıktan sonra 3 ay içinde araçta oluşan inilti ve takırtılar (BSR), onları endişelendiren en önemli 3 olaydan biri haline gelmiştir [14].

Bu çalışmada son olarak da, bir otobüste gerçekleştirilen ölçümlere yer verilmiştir. Ölçümlerin yapıldığı taşıt otobüs olduğu için birçok yardımcı elemanın taşıt içi ses seviyesine önemli katkısı olmaktadır. Bu elemanlar ile ilgili ISO 5128 Standardı’nda da pek açıklayıcı bilgiler yoktur. Ölçümler seyir halinde ve durağan halde olmak üzere çeşitli kriterler göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Buradaki amacımız, otobüste bulunan standartlarda pek bahsedilmeyen motor soğutma fanı, hava kompresörleri gibi elemanların iç gürültüye etkilerini saptayabilmektir. Sübjektif değerlendirmeden de yararlanılarak bu elemanların etkileri ve ölçümlerden elde edilen sonuçların yorumlanması yapılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] **Ses** (t.y). *Wikipedia*. Alındığı tarih: 01.04.2012, adres: <http://tr.wikipedia.org/ses>
- [2] **Fundamentals of Noise, Vibration, and Harshness**. (t.y.). Lexus Technical Training Notes
- [3] **Özgüven, N.** (1986). Endüstriyel Gürültü Kontrolü, TMMOB Yayın No:118, Ankara, Türkiye.
- [4] **Gürültü** (t.y). *Wikipedia*. Alındığı tarih: 02.04.2012, adres: <http://tr.wikipedia.org/gurultu>
- [5] **Güney, A.** (t.y.). Taşıtlarda Titreşim ve Gürültü, *Ders Notları*.
- [6] **Crocker, J. M.** (2007). Handbook of Noise and Vibration Control, John Wiley & Sons.
- [7] **Cerrato, G.** (2009). Automotive Sound Quality - Powertrain, Road and Wind Noise, Sound and Vibration Magazine.
- [8] **Shin, S. H., Ih, J. G., Hashimoto, T. ve Hatano, S.** (2008). Sound Quality Evaluation of The Booming Sensation for Passenger Cars, Applied Acoustics, Güney Kore, Elsevier.
- [9] **Harrison, M.** (2004). Vehicle Refinement: Controlling Noise and Vibration in Road Vehicles, ABD, Elserv Butterworth – Heinemann.
- [10] **ISO-5128** (1980). Acoustics- Measurement of Noise Inside Motor Vehicles, International Organization of Standardization, İsviçre.
- [11] **Furore** (t.y.). R&D Technology Roadmap, Future Road Vehicle Research, Belçika
- [12] **Cerrato, G.** (2009). Automotive Sound Quality – Accessories, BSR, and Brakes, Sound and Vibration Magazine.
- [13] **Goetchius, G.** (2011). Leading the Charge – The Future of Electric Vehicle Noise Control, Sound & Vibration.
- [14] **Shin, S. ve Cheong, C.** (2010). Experimental Characterization of Instrument Panel Buzz, Squeak and Rattle (BSR) in a Vehicle, Applied Acoustics, Güney Kore, Elsevier.
- [15] **Kavarana, F. ve Rediers, B.** (2001). Squeak and Rattle –State of the Art and Beyond, Sound & Vibration

- [16] **Trapp, M. ve Chen, F.** (2012). Automotive Buzz, Squeak and Rattle: Mechanisms, Analysis, Evaluation and Prevention, ABD, Elsevier.
- [17] **Url-2** < <http://i40.tinypic.com/2zdzouh.jpg> >, alındığı tarih: 23.04.2012
- [18] **Kodal, K.** (2011). Test Yıllığı, Otohaber Dergisi.

EKLER

EK A: Benzinli ve Dizel Taşıtlarda İç Gürültü Değerleri

EK B: Taşıt İçi Ses Seviyesinin Taşıtın Diğer Parametreleri ile İlişkisi

EK C: Ölçümlerden Elde Edilen Ses Haritaları

EK A

Bu ekte, “Taşıtlarda İç Gürültü İstatistiği” kısmında bahsedilen son 4 yılda piyasada olan yaklaşık 400 taşıtın; rölantide, 50km/h, 80 km/h, 120 km/h hızlarda ölçülmüş iç gürültü değerlerinin, maksimum güçlerinin ve torklarının, ağırlıklarının bilgileri yer almaktadır.

Ek A.1 Benzinli Taşıtlar

Çizelge A.1 : Benzinli taşıtlarda belirli hızlarda ölçülmüş iç gürültü değerleri [18].

Araç İsmi	Maks. Güç (HP)	Maks. Tork (Nm)	Ağırlık (kg)	İç Gürültü			
				Rölanti dB(A)	50 km/h dB(A)	80 km/h dB(A)	120 km/h dB(A)
Ford Ka 1.2	60	102	865	46	61	66	71
Kia Picanto 1.1 Hiper	65	97	936	43	60	65	70
Hyundai i10 1.1 Otomatik	66	97	1000	43	62	65	73
Hyundai i10 Select 1.1 A/T	66	97	1030	44	62	64	80
Suzuki Alto 1.0 GL A/T	67	90	910	45	68	71	75
Peugeot 107 1.0 Trendy 2-Tronic	68	93	835	47	53	60	71
Hyundai i10 1.1 Otomatik	69	101	1010	44	62	65	79
Fiat 500 1.2 Dualogic Lounge	69	102	900	43	61	66	71
Skoda Roomster 1.2 Dinamik	70	112	1150	45	62	64	71

Seat Ibiza 1.2	70	112	999	44	59	62	70
Smart Fortwo Coupe 1.0 Passion	71	92	750	43	60	67	72
Smart Fortwo Coupe 1.0 MHD	71	92	750	43	59	64	71
Peugeot 206+ 1.4 Comfort	75	120	972	43	58	64	69
Proton Savy 1.2	75	105	945	45	62	66	73
Renault Symbol 1.2 16V	75	105	904	42	57	62	67
Fiat Punto Evo 1.4 Fire Dualogic	77	115	1040	44	57	62	71
Fiat Albea Sole 1.4 Fire	77	115	1020	48	61	65	71
Fiat Linea 1.4 Fire	77	115	1160	45	59	63	70
Nissan Micra 1.2 CVT	80	110	940	42	56	61	71
Nissan Micra 1.2 A/T Tekna	80	110	999	42	58	63	68
Renault Clio 1.2 BVR QuickShift	80	108	1064	40	57	61	68
Chevrolet Spark 1.2	81	111	939	45	59	61	70
Lada Kalina HB 1.6 8V	81	122	1080	51	62	67	73
Chevrolet Aveo HB 1.2 SE	84	114	1045	43	59	63	71
Skoda Fabia 1.4	85	132	1045	42	57	61	70
Skoda Roomster 1.4 16V Style	85	132	1155	47	60	65	71
Suzuki Splash 1.2 MT	85	114	990	45	59	62	69
Mazda2 1.3L	86	122	1030	40	57	63	69
Dacia Logan Sedan 1.6	87	128	980	47	61	66	70
Dacia Sandero 1.6	87	128	1036	47	61	66	71

Dacia Logan 1.6 MPI Laureate	90	128	1270	46	64	69	72
Dacia Sandero Stepway 1.6	90	128	1095	47	58	67	73
Opel Corsa 1.4 Twinport Otomatik	90	125	1113	41	60	65	68
Volkswagen Jetta 1.4 TSI DSG	90	200	1235	48	61	64	70
Geely MK Familia 1.5	94	128	1158	43	60	68	72
Citroen C3 Picasso 1.4	95	135	1259	45	59	63	67
Honda Civic Hybrid	95	123	1297	41	57	63	69
Lancia Ypsilon MomoDesign	95	128	995	43	60	64	71
Lancia Ypsilon 1.4 16V D.F. N.	95	128	995	43	60	64	71
Mitsubishi Colt 1.3 AMT	95	125	975	42	53	60	68
Ford Fiesta 1.4 Titanium 5K 1.4l	96	128	1054	41	64	66	69
Geely Emgrand EC7 1.5	98	126	1335	43	58	64	69
Toyota Prius 1.8 VVT-I	99	142	1370	35	56	62	67
Fiat 500 C 1.4	100	131	970	43	58	64	69
Hyundai i20 Troy 1.4 OTM	100	137	1155	44	59	63	72
Opel Corsa 1.4 16V otomatik	100	130	1090	42	59	64	67
Fiat 500 16V Sport	100	131	930	49	60	71	76
Hyundai i20 1.4 Style	100	137	1110	42	59	61	71
Renault Clio HB 1.4	100	127	1220	50	53	63	69
Toyota Urban Cruiser 1.33	101	132	1140	43	59	64	70

Toyota Yaris 1.33 Sport	101	132	1065	35	58	60	69
Mazda2 1.5 MZR Otomatik	102	133	1065	42	50	61	68
Volkswagen Jetta 1.6 8V Tiptronic	102	148	1307	47	58	63	68
Daihatsu Materia 1.6 Gold M/T	103	138	1035	40	61	66	72
Daihatsu Materia 1.5 Otm	103	138	1050	40	60	65	70
Daihatsu Sirion 1.5 A/T Sporty	103	132	980	40	57	62	68
Hyundai Matrix 1.6 Style SR OTM	103	144	1344	42	59	63	67
Mazda2 1.5 MT	103	137	1030	44	59	64	69
Dacia Duster 4x4 Laureate	105	148	1250	46	58	67	72
Mazda3 Sedan 1.6 MZR	105	145	1160	42	57	61	68
Seat Leon 1.2 TSI	105	175	1200	42	59	64	69
Skoda Yeti 1.2 TSI	105	175	1345	43	53	60	67
Daihatsu Terios 1.5 A/T 4x2	105	140	1255	48	61	68	71
Daihatsu Terios 1.5 A/T Galaxy	105	140	1220	48	61	68	71
Fiat Punto Evo 1.4 Multiair	105	290	1075	47	56	61	68
Mazda3 1.6 M/T	105	145	1245	42	60	65	71
Skoda Yeti 1.2 TSI DSG	105	175	1375	43	53	60	67
Fiat Sedici 1.6 4x2 Emotion Otomatik	107	145	1225	52	63	66	72
Subaru Impreza 1.5 R A/T	107	142	1325	42	56	62	67
Suzuki SX4 Sedan	107	145	1165	40	57	60	67

Hyundai Blue 1.4	Accent	109	139	1080	39	51	60	67
Hyundai i30 1.4		109	137	1368	42	58	62	72
Mitsubishi 1.5 M/T	Lancer	109	143	1250	41	59	64	70
Renault Modus BVA	Grand 1.6 16V	110	151	1200	43	56	61	68
Renault BVA	Clio 1.6	110	151	1265	42	57	61	68
Renault Fluence 1.6		110	151	1265	45	58	61	67
Renault Megane HB 1.6 BVA		110	151	1280	43	56	61	67
Renault Megane HB 1.6		110	151	1290	42	60	65	68
Renault Otomatik	Clio 1.6 Dynamique	112	151	1154	42	58	62	69
Nissan Tekna 4x2	Qashqai 1.6	115	156	1297	44	59	62	67
Opel Active Select	Astra 1.6	115	155	1385	43	52	59	67
Opel Cosmo	Astra 1.6	115	155	1320	43	50	56	66
Opel 1.6 16V Cosmo	Astra Sedan	115	155	1231	45	56	63	68
Opel Zafira Twinport	1.6 16V	115	155	1430	43	57	63	70
BMW 316i Sedan		116	150	1340	44	57	60	67
Nissan Jule 4x2	1.6 CVT	117	158	1315	40	55	61	68
Alfa Giulietta 1.4 TB	Romeo	120	206	1355	44	58	61	67
Citroen DS3 BVA	1.6 Vti	120	160	1145	43	56	65	70
Fiat Bravo 1.4 T-JET		120	206	1260	43	57	64	69

Peugot	3008	1.6	120	160	1580	41	57	61	65
VTi									
Peugot	508	1.6 VTi	120	160	1380	35	54	60	69
Auto6R									
Fiat	Grande Punto		120	206	1155	43	60	65	69
1.4 T-JET Sport									
Fiat	Linea	1.4 T-JET	120	206	1160	43	61	65	70
Lancia	Delta	1.4 T-JET	120	206	1300	46	60	64	67
Peugeot	207 CC	1.6 OTM	120	160	1350	43	58	62	67
Audi	A1	1.4 TFSI S tronic	122	200	1200	44	57	61	67
Mini	Cooper	1.6 Steptronic	122	160	1115	44	53	61	69
Volkswagen	Passat		122	200	1473	40	55	59	66
1.4 TSI Highline	DSG								
Hyundai	i30	1.6 CVVT Otomatik	122	154	1289	40	57	63	68
Skoda	Octavia	1.4 TSI	122	200	1265	40	59	63	70
Volkswagen	Golf		122	200	1215	40	60	65	68
VI 1.4 TSI									
Volkswagen	Passat		122	200	1388	42	57	60	65
1.4 TSI									
Chevrolet	Cruze	1.6 LS	124	154	1285	45	59	64	70
Toyota	Corolla	1.6 A/T	124	157	1288	40	57	62	70
Toyota	Auris	1.6 Elegant M/M	124	157	1295	41	58	63	68
Toyota	Corolla	1.6 VVT-I Elegant	124	157	1290	42	59	62	68
Toyota	Auris	1.6 A/T Dual VVT-I	124	157	1310	42	55	60	69
Toyota	Corolla	Dual VVT-I 1.6 A/T	124	157	1285	41	54	59	66

Kia Venga CVVT A/T	1.6	125	156	1194	41	57	61	74
Skoda Superb TSI	1.4	125	200	1405	47	61	64	69
Audi A3 Sportback 1.4 TFSI		125	200	1300	51	59	64	67
Ford Mondeo Titanium 4K 1.6l		125	160	1449	42	57	62	68
Seat Leon 1.4 TSI		125	200	1249	40	59	64	69
Suzuki Swift Sport		125	148	1070	42	60	65	70
Kia PRO_CEE'D 1.6 CVVT		126	154	1150	45	52	63	69
Kia Cerato CVVT A/T	1.6	126	156	1261	41	57	62	69
Mercedes-Benz CLC 160 K BE		129	220	1490	44	55	60	67
Renault Megane Coupe 1.4 T		130	190	1270	46	52	59	67
Toyota Avensis Valvematic	1.6	132	160	1405	40	57	60	67
Toyota Auris Valvematic	1.6	132	160	1300	40	57	61	67
Toyota Verso Valvematic	1.6	132	160	1465	41	59	61	60
Alfa Romeo Mito 1.4 TB TCT		135	206	1170	48	58	61	67
Kia Sportage GDI	1.6	135	165	1350	40	50	61	64
Proton Gen2 R3		135	154	1170	41	64	68	71
BMW 118i		136	180	1300	47	59	63	69
Opel Astra HB Turbo Sport	1.4	140	200	1318	45	54	59	65
Opel Meriva Turbo	1.4	140	200	1318	43	54	58	64
Nissan Qashqai 4x4 CVT	2.0	140	196	1454	46	56	62	66

Peugeot 308 CC 1.6 THP	140	240	1598	41	57	61	66
Suzuki Grand Vitara 2.0 A/T	140	183	1548	40	57	63	68
Volkswagen Golf V 1.4 TSI DSG	140	220	1284	40	58	61	67
Volkswagen Touran 1.4 TSI DSG	140	210	1546	42	56	59	66
Nissan X-Trail 2.0 CVT	141	196	1514	41	57	62	67
Hyundai Coupe FX 2.0 CVVT	143	186	1387	47	62	66	71
Mazda6 2.0 Sedan Mld	147	185	1370	40	56	61	66
Honda CR-V 2.0 Executive	150	192	1460	44	56	60	68
Subaru Forester 2.0 Boxer AWD	150	198	1485	42	55	60	68
Subaru Legacy 2.0 Lineartronic	150	196	1460	43	57	67	70
Fiat Bravo 1.4 T-JET Sport	150	230	1275	41	57	63	68
Peugeot 207 GT 1.6 THP	150	240	1281	47	61	66	69
Volkswagen Tiguan 1.4 TSI 4x4	150	240	1546	40	57	61	67
Toyota Avensis 2.0 Multidrive S	152	196	1475	43	55	60	67
Alfa Romeo Mito 1.4 TB	155	230	1244	46	63	66	71
Citroen C4 1.6 THP MCP	156	240	1275	43	54	59	65
Citroen DS3 1.6 THP	156	240	1165	44	56	65	68
Mercedes-Benz C 180	156	250	1485	42	53	56	64
Peugot RCZ 1.6 THP 156 HP	156	240	1350	45	59	63	68

Honda Executive	Accord		156	192	1438	43	57	60	65
Mercedes-Benz 180 K	C		156	250	1465	41	58	63	63
Mercedes-Benz 180 K Station	C		156	230	1530	45	57	60	65
Toyota Valvematic	Rav4	2.0	158	198	1560	44	58	60	68
Mazda Activematic	MX-5	2.0	160	188	1111	47	61	66	70
Volkswagen Scirocco DSG	1.4 TSI		160	240	1157	43	58	61	69
Audi 1.8 TFSI S tronic	A3 Cabriolet		160	250	1380	44	59	64	68
Mazda MZR Sport	MX-5	2.0	160	188	1170	47	62	68	75
Volkswagen VI 1.4 TSI DSG	Golf		160	240	1271	39	59	65	69
Subaru AWD	Outback	2.5	167	229	1533	42	55	62	65
Alfa Romeo 1.4 TB QV	Mito		170	230	1145	46	63	66	71
Dodge SXT	Avenger	2.4	170	220	1560	44	57	62	67
Renault Coupe 2.0 T	Laguna		170	270	1555	50	56	61	65
Mini Clubman S	Cooper		175	240	1305	44	62	65	69
Mini Cooper S			175	240	1130	45	60	64	69
Peugeot Mans	207 RC Le		175	240	1281	45	61	64	69
Ford Grand 1.6 Ecoboost	C-MAX		180	240	1496	40	53	57	59
Seat Ibiza TSI DSG	Cupra	1.4	180	250	1184	44	60	64	71
Skoda Fabia TSI DSG	RS	1.4	180	250	1318	45	54	60	69

Volkswagen Polo GTI 1.4 TSI DSG	180	250	1269	44	54	60	69
Opel Astra HB 1.6 Turbo	180	230	1415	44	53	59	67
Opel Astra GTC 1.6 Turbo	180	230	1260	44	60	64	68
Opel Insignia 1.6 Turbo	180	230	1498	43	60	62	69
Mini Cooper S 1.6 Steptronic	184	260	1215	45	59	64	68
Mini Cooper S Countryman ALL4	184	240	1455	44	51	57	58
Mini Cooper S Countryman ALL4	184	260	1385	44	51	56	67
Mercedes-Benz C 200 K	184	250	1505	43	56	59	65
Mercedes-Benz SLK 200 K	184	250	1415	40	60	65	70
Mercedes-Benz E 200 CGI	184	270	1615	42	55	61	66
Alfa Romeo Spider 2.2 JTS	185	230	1530	47	59	63	71
Opel Corsa OPC	192	230	1254	49	59	64	70
Peugot RCZ 1.6 THP 200 HP	200	275	1359	45	59	64	69
Alfa Romeo 159 1.8 TBI	200	320	1430	47	60	65	70
Renault Clio RS	200	215	1260	44	58	65	71
Seat Leon FR	200	280	1334	49	62	65	70
Volkswagen EOS 2.0 TFSI DSG	200	280	1557	42	58	62	66
Volkswagen Scirocco 2.0 16V TSI	200	280	1318	43	59	62	67
Honda Civic Type- R	201	193	1324	44	60	66	69
Volvo S60 2.0 T Powershift	203	300	1545	44	55	60	66

Volvo XC60 2.0 T 4x2	203	300	1874	44	56	60	64
Mercedes-Benz E 250 CGI Cabrio	204	310	1695	43	58	61	67
Mitsubishi ASX 1.6 MT Invite	204	310	1695	43	58	61	67
Mercedes-Benz E 250 CGI Coupe	204	310	1530	42	56	60	64
Audi A5 Cabrio 2.0 TFSI Quatro	211	350	1735	44	55	60	67
Audi A5 Sportback 2.0 TFSI	211	350	1615	41	55	60	66
Hyundai Genesis Coupe 2.0 TCI	213	308	1577	45	57	61	68
Opel Insignia 2.0 Turbo Sport 4x4	220	350	1695	45	60	63	68
Volvo C30 T5 Geartronic	220	320	1347	43	47	62	66
Volvo C70 T5 Geartronic	220	320	1651	43	56	61	67
Mazda RX-8	231	210	1350	47	66	70	73
Seat Leon Cupra	240	300	1375	47	60	63	67
Subaru B9 Tribeca 3.0R	245	297	1890	43	61	63	68
Audi S3	255	350	1455	46	61	65	67
Opel Vectra GTC OPC	255	355	1490	46	61	65	70
Alfa Romeo 159 3.2 V6 Q4	260	322	1740	48	60	65	71
Mazda3 MPS 2.3 DISI TURBO	260	380	1385	43	57	63	79
Porsche Cayman PDK	265	300	1360	51	63	69	75
Mazda CX-9 3.7 L Sport	277	366	2040	42	56	61	65
Volvo XC60 T6	285	400	1874	42	55	58	67

Toyota Lan Cruiser V8	288	445	2600	40	52	58	64
Hyundai Genesis 3.8 V6 D-CVVT	290	360	1739	41	54	60	67
Porsche Cayenne V6	290	385	2170	48	57	60	65
Subaru Impreza 2.5 WRX STI	300	407	1505	40	58	63	68
Ford Focus RS 2.5	305	440	1468	47	65	67	71
BMW 535i Sedan	306	400	1685	42	56	61	67
BMW Z4 sDrive 35i	306	400	1505	48	60	65	72
Volvo S80 V8 AWD	315	440	1742	45	57	62	66
Infiniti G37S Coupe	320	360	1719	44	57	65	71
Infiniti EX37	320	360	1876	43	59	62	71
Infiniti FX 37 S	320	360	2012	41	57	61	68
Audi S5	354	440	1630	43	59	63	67
Porsche 911 Targa 4S	355	400	1575	54	63	67	72
Mercedes-Benz CL 500	388	530	1995	47	56	59	65
Maserati Quattroporte Automatica	400	460	1990	45	57	62	65
Maserati Granturismo	405	460	1880	58	59	63	69
Porsche Cayenne GTS	405	500	2320	42	57	61	66
BMW M3	420	400	1655	48	60	66	70
Porsche Cayenne Turbo	500	700	2355	45	58	61	65
Mercedes-Benz E 63 AMG	525	630	1840	49	57	64	65

Ek A.2 Dizel Taşıtlar

Çizelge A.2 : Dizel taşıtlarda belirli hızlarda ölçülmüş iç gürültü değerleri [18].

Araç İsmi	Maks. Güç (HP)	Maks. Tork (Nm)	Ağırlık (kg)	İç Gürültü			
				Rölanti dB(A)	50 km/h dB(A)	80 km/h dB(A)	120 km/h dB(A)
Dacia Logan MCV 1.5 dCi	68	160	1280	48	62	65	69
Dacia Logan MCV 1.5 dCi 7 Kişilik	70	160	1245	47	61	67	75
Nissan Qashqai+2 1.5 dCi 4x2	106	204	1511	47	59	64	69
Renault Grand Scenic 1.5 dCi	100	200	1465	46	60	64	69
Opel Astra HB 1.4 CDTI	95	190	1318	46	57	61	69
Toyota Auris 1.4 D-4D Elegant	90	190	1304	47	60	63	67
Toyota Corolla 1.4 D-4D M/M	90	190	1296	45	59	63	68
Dacia Sandero Laureate 1.5 dCi	70	160	1090	49	64	68	70
Volvo S80 1.6D DRIVE	109	240	1630	47	54	58	62
Dacia Logan 1.5 dCi Laurante	70	160	1065	49	59	66	70
Isuzu D-Max 4x4 Çift Kabin 2.5	136	294	1950	48	59	63	69
Opel Astra Wagon 1.3 CDTI	90	200	1305	49	60	65	70
Ford Fusion Urbanite 1.4 TDCi	68	160	1040	47	63	66	71
Opel Astra Sedan 1.3 CDTI 16V	90	200	1290	47	56	60	66
Renault Clio Grand Tour 1.5 dCi	80	185	1185	45	58	63	67

Renault Megane 1.5 dCi BVA Privilège+	100	200	1270	46	57	62	68
Peugeot 3008 1.6 HDI Auto6R	110	240	1523	43	59	63	67
Toyota Auris 1.4 D-4D	90	205	1300	46	59	63	67
Opel Astra 1.3 CDTI Ecotec Easytronic	90	200	1265	49	58	62	68
Peugeot 206+ 1.4 HDI Comfort	70	160	1012	47	64	67	70
Toyota Corolla 1.4 D-4 D	90	205	1293	46	58	61	65
Tata Vista 1.3 CRDi Quadrajét	74	190	1190	46	59	64	68
Peugeot 308 SW Panoramik 1.6 HDI	110	240	1495	43	57	61	65
Citroen C4 Picasso 1.6 HDI	110	240	1489	43	59	62	67
Volvo S40 1.6D	109	240	1487	48	59	62	67
Fiat Linea 1.3 Multijet Emotion	90	200	1235	48	61	64	70
Citroen C5 1.6 HDI	110	240	1480	46	57	61	66
Mitsubishi Pajero	170	373	2300	48	60	64	68
Dodge Journey R/T 2.0 CRD	140	310	1908	48	57	61	70
Skoda Superb 1.6 TDI	105	250	1517	46	58	60	67
Toyota Cruiser 1.4 Urban D-4D 4WD	90	205	1240	46	57	61	67
Chrysler Grand Voyager Limited	163	360	2175	52	61	64	68
Citroen C3 Picasso 1.6 HDI	90	215	1289	44	63	64	68
Hyundai ix20 1.4 CRDi	90	225	1345	45	60	63	68

Renault Latitude 1.5 dCi	110	240	1425	51	54	62	74
Kia cee'd SW 1.6 CRDi A/T	155	255	1509	46	59	63	68
Isuzu D-Max 4x4 3.0 OTM	163	333	1970	47	58	63	69
Dacia Duster 1.5 dCi 4x2	85	200	1180	49	62	64	69
Volkswagen Caddy Kombi 1.9 TDI DSG	105	250	1475	54	60	64	71
Skoda Fabia Combi 1.4 TDI	80	195	1150	51	64	68	72
Hyundai Matrix 1.5 CRDi Style	110	235	1380	50	60	63	70
Nissan Qashqai 1.5 DCi 4x2 Tekna Exe.	106	240	1407	49	56	61	65
Hyundai i30 CW 1.6 CRDi OTM	115	260	1523	43	58	63	69
Nissan Note 1.5 dCi	86	200	1165	46	59	64	73
Renault Clio 1.5 dCi BVR	85	200	1165	51	57	64	69
Ford C-Max 1.6 TDCi Titanium	109	240	1392	45	60	64	69
Skoda Fabia 1.4 TDI	80	195	1130	51	64	68	71
Renault Fluence 1.5 dCi EDC	110	240	1389	48	59	62	66
Peugeot 5008 1.6 HDI Premium Pack	110	260	1503	44	59	63	67
Renault Laguna 1.5 dCi	110	240	1386	48	56	60	65
Ford Focus Seda 1.6 TDCi	109	240	1385	46	58	62	68
Renault Megane HB 1.5 dCi EDC	110	240	1384	48	52	56	61
Renault Megane ST 1.5 dCi	105	240	1381	48	59	62	69

Suzuki Splash 1.3 DDiS GA MT	74	190	1085	45	59	62	69
Land Rover Discovery3 XS	190	440	2504	49	57	62	68
Kia cee'd 1.6 CRDi A/T	115	255	1447	45	58	63	68
Volkswagen Touareg R5 TDI	174	400	2267	47	58	62	66
Citroen C4 Sedan 1.6 HDI	110	240	1356	45	58	62	67
Citroen C5 1.6 e-HDi mcp	112	270	1525	49	55	59	66
Opel Antara 2.0 CDTI AS	150	320	1790	49	59	62	68
Peugeot 308 1.6 HDI	110	240	1322	43	56	60	66
Hyundai Sonata 2.0 CRDi	150	305	1680	45	58	62	67
Mitsubishi Outlander 2.0 DID	140	310	1700	46	59	64	69
Renault Fluence 1.5 dCi	105	240	1315	49	60	64	67
Toyota Land Cruiser Prado D-4D	173	410	2240	48	58	61	63
Volvo C30 1.6D	109	240	1298	48	59	63	67
Volvo C70 2.0 D Powershift	136	320	1729	45	57	62	68
Mitsubishi L200 4x4 A/T Rallitronic	167	348	1880	51	60	64	71
Dacia Duster 1.5 dCi 4x4	109	240	1294	49	59	62	67
Hyundai i30 1.6 CRDi OTM	115	255	1373	43	58	62	68
Ford Kuga 2.0 TDCi Powershift	140	300	1613	47	56	60	67
Renault Megane HB 1.5 dCi	105	240	1290	48	59	62	69

Hyundai i30 1.6 CRDi VGT	115	255	1366	44	60	63	69
Volkswagen Golf 1.6 TDI DSG	105	250	1337	44	55	61	65
Renault Megane Coupe 1.5 dCi	105	240	1280	50	59	62	70
Suzuki Grand Vitara 1.9 5K	129	300	1590	54	63	67	72
Kia Cee'd Sporty Wagon 1.6 CRDi	115	255	1351	49	59	66	71
Mercedes-Benz B 180 CDI	109	250	1320	48	59	62	71
Chrysler Sebring 2.0 CRD Limited	140	310	1635	50	59	62	69
Volkswagen Jetta 1.6 TDI DSG	105	250	1317	44	56	58	64
Fiat Linea Multijet 1.6	105	290	1525	48	58	62	67
Mazda3 HB MZ-CD 1.6	109	240	1260	45	61	65	72
Skoda Octavia 1.6 TDI CR DSG	105	250	1300	47	58	61	70
Volvo V50 1.6D	109	240	1244	48	58	60	67
Volvo XC90 D5 Geartronic	185	400	2069	45	57	60	66
Skoda Octavia 1.6 TDI	105	250	1290	47	60	64	74
Ford C-Max 1.6 TDCi	115	270	1390	47	59	62	68
Jeep Wrangler Rubicon CRD	177	410	2105	51	59	65	69
Nissan X-Trail 2.0 dCi AWD AT	150	320	1637	45	57	62	68
Kia cee'd 1.6 CRDi VGT A/T	115	255	1299	43	58	63	69
Nissan X-Trail 2.0 dCi	150	320	1625	48	55	56	66
Volvo S40 D2 DRIVe R-Design	115	270	1371	48	57	60	65

Volkswagen Golf 1.6 TDI Comfortline	105	259	1314	45	59	64	73
Hyundai Accent Era 1.5 CRDI-VGT OTM	110	240	1215	44	64	70	78
Kia Cerato 1.6 EX DSL	115	255	1286	49	59	64	69
Volkswagen Polo 1.6 TDI	90	230	1157	48	59	66	71
Citroen C3 1.6 HDI	90	215	1080	49	57	60	68
Kia Sportage 2.0 CRDi	136	319	1601	44	57	61	69
Volkswagen Tiguan 2.0 TDI Tip.	140	320	1605	43	53	65	69
Nissan Qashqai 2.0 dCi 4WD AT	150	320	1604	49	56	61	65
Hyundai ix553.0 V6 CRDi	240	460	2302	45	54	64	68
Seat Ibiza Sportourer 1.6 TDI	90	230	1150	47	57	63	69
Hyundai i20 1.4 CRDi	90	225	1110	48	62	64	71
Chevrolet Epica 2.0 D LT AT	150	320	1570	48	59	62	68
Chevrolet Epica 2.0 Dizel	150	320	1570	53	57	63	71
Opel Zafira 1.9 CDTI	150	320	1568	60	62	64	71
Renault Symbol 1.5 dCi	85	200	980	48	59	65	69
Audi A1 1.6 TDI	105	250	1215	47	59	62	64
BMW 318d Sedan	143	300	1445	48	57	60	66
Ford Kuga 2.0 TDCi Titanium	136	320	1540	48	57	61	67
Saab 9-3 Sedan 1.9 TID	150	320	1535	44	58	62	66
Hyundai Santa Fe 2.2	197	422	2021	45	60	63	66

BMW	X1	xDrive	177	350	1660	51	57	61	65
20d									
Lancia	Delta	1.6	120	300	1410	47	59	61	67
MJT									
Ford	Mondeo	2.0	130	320	1503	48	57	62	69
TDCi	OTM								
Land		Rover							
Freelander	2	2.2	150	420	1967	46	56	60	66
TD4									
Hyundai	ix35	2.0	184	383	1787	50	61	63	67
CRDi-R									
Peugeot	4007	2.2	156	380	1765	48	59	67	70
HDI	DSC6								
Peugeot	4007	2.2	156	380	1750	49	61	68	70
HDI									
Renault	Koleos	2.0	175	360	1655	47	55	59	64
dCi									
Audi	Q7	3.0	240	500	2295	47	58	63	68
Quattro		TDI							
Volvo	XC60	2.4	185	400	1827	43	56	59	65
		D5							
Volvo	V70	D5	185	400	1826	48	55	59	64
Geartronic									
Fiat	Bravo	1.6	105	290	1320	49	58	62	68
Multijet									
Skoda	Superb	2.0	140	320	1456	52	61	65	68
TDI	DSG								
Volvo	S40	2.0	136	320	1451	49	59	61	68
Powershift		D							
Citroen	C4	1.6	112	285	1290	46	55	58	67
HDi	MCP	e-							
Volvo	XC70	D5	185	400	1794	45	57	61	67
AWD									
Jeep	Cherokee	2.0	177	460	2060	52	60	63	69
CRD									
Seat	Exeo	2.0	143	320	1430	44	59	65	68
CR Style		TDI							
Opel	Vectra	1.9	150	320	1428	50	60	63	67
CDTI									

Land Freelander TD4 XS	Rover 2 2.2	160	400	1770	47	57	62	67
Opel Insignia CDTI 4x4	2.0	160	350	1538	44	51	56	68
Opel Insignia CDTI	2.0	160	350	1538	54	59	62	70
Volkswagen Passat Variant DSG	2.0 TDI	170	350	1534	44	58	61	64
Dodge Nitro CRD SXT	2.8	177	460	2015	55	60	63	69
Skoda Yeti CR 4x4	2.0 TDI	170	350	1530	48	56	62	69
Mercedes-Benz ML 300 CDI 4Matic		204	500	2185	46	54	59	65
Saab 9-3 TTID	Cabrio 1.9	180	400	1745	45	59	62	69
Kia Sorento CRDi	2.2	197	435	1896	49	58	61	66
BMW 320d xDrive		177	350	1525	49	57	60	66
Volvo XC60 205 HP	2.4 D5	205	420	1827	44	56	60	64
Alfa Romeo Giulietta 1.6 JTDM- 2		105	320	1385	44	58	61	68
Alfa Romeo GT Q2		150	305	1320	49	59	63	68
Volvo S80 2.0 D3		163	400	1723	45	54	61	65
Land Discovery4 TDV6	Rover 3.0	245	600	2583	48	56	61	68
Alfa Romeo 147 Q2		150	305	1310	49	62	65	70
Land Rover Rover Sport HSE	Range TDV8	272	640	2745	48	57	61	65
BMW 520d Sedan		184	380	1629	44	57	61	69
Volkswagen Passat CC 2.0 TDI DSG		170	350	1491	44	58	60	65

Jeep Cherokee V6	Grand 3.0 CRD	218	510	2169	47	56	59	66
Land Rover Range Rover TDV8	Vogue	272	640	2710	49	56	61	65
Seat Leon DSG	2.0 TDI	140	320	1355	49	59	63	69
Land Rover Sport	Range 3.0 TDV6	245	600	2535	45	54	57	63
BMW X5 3.0d		235	520	2180	49	57	61	66
Toyota Land Cruiser D-4D		265	650	2655	43	55	59	65
Porsche Dizel	Cayenne	240	550	2240	49	57	60	65
Volvo AWD	S80 D5	185	400	1625	46	56	60	67
Mercedes-Benz GLK 4Matic	320 CDI	224	540	2185	46	54	60	65
Volkswagen Touareg	3.0 TDI	240	550	2174	47	54	57	60
BMW 120d Coupe		177	350	1375	48	57	60	66
Infiniti FX 30d S		238	550	2150	45	58	59	66
Alfa Romeo 1.6 JTD	Mito	120	320	1205	46	60	65	69
Audi Quattro	Q5 3.0 TDI	240	500	1865	44	56	59	66
Mercedes-Benz GLK 4Matic	250 CDI	204	500	1845	43	53	57	64
BMW 35d	X6 xDrive	286	580	2110	47	57	61	65
BMW GT	530d xDrive	245	540	1960	43	50	56	66
BMW 730d		245	540	1940	44	55	59	65
Ford Kabin 4x4	Ranger Çift	143	330	1175	48	59	62	67

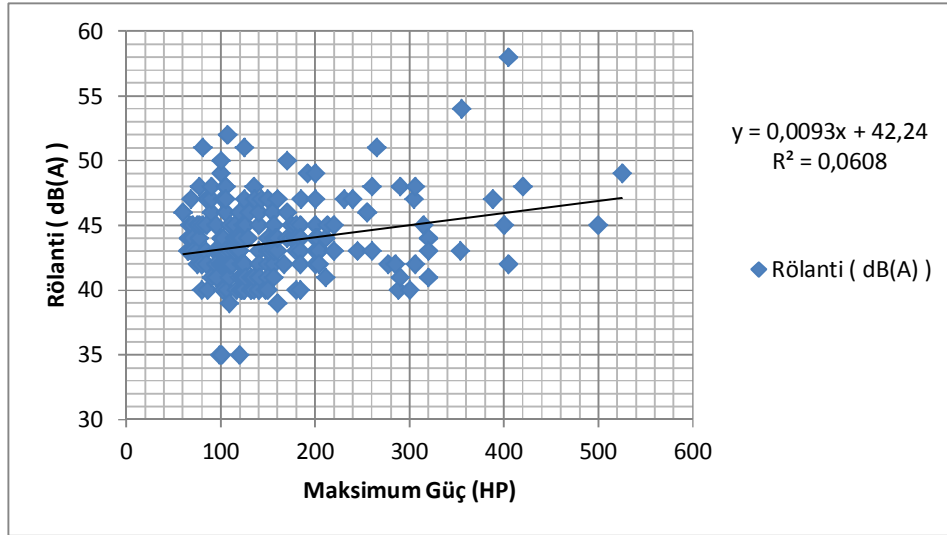
Audi	A6	TDI	240	500	1760	47	56	59	66
Quattro									
Mercedes-Benz			224	540	1880	44	55	59	63
GLK 320 CDI									
Mercedes-Benz		E	204	500	1735	48	57	60	65
250 CDI									
Volkswagen			313	750	2602	46	56	61	65
Touareg	V10	TDI							
Infiniti	M	30d S	238	550	1845	43	53	57	63
Premium									
Mercedes-Benz		E	231	540	1805	42	58	61	69
350 CDI 4Matic									
Mitsubishi	L200		136	314	1030	48	57	62	68
4x2 Invite A/T Lux									
BMW 530d Sedan			245	540	1715	44	56	61	67
Mercedes-Benz	CLS		265	620	1815	42	54	58	64
350 CDI									

EK B

Bu ekte; “Taşıtlarda İç Gürültü İstatistiği” kısmında bahsedilen, EK A’de özellikleri ve belirli hızlarda ölçülen taşıt içi ses seviyeleri verilen araçların, taşıt içi ses seviyeleri taşıtının diğer parametreleriyle (Güç, Tork, vb) ilişkilendirmiştir.

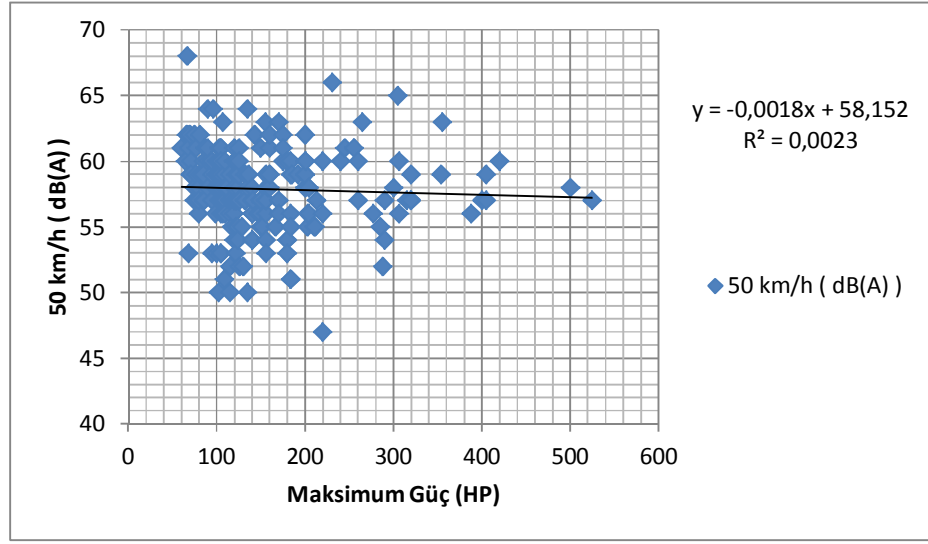
Ek B.1 Benzinli Taşıtlarda Maksimum Güç- Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

Rölanti;



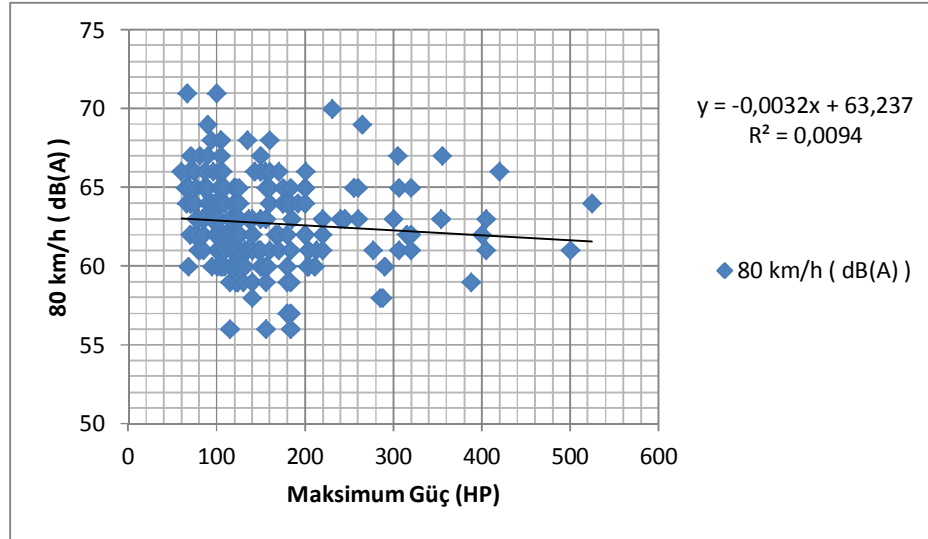
Şekil B.1 : Rölantide benzinli taşıtlarda maksimum güç- taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

50 km/h;



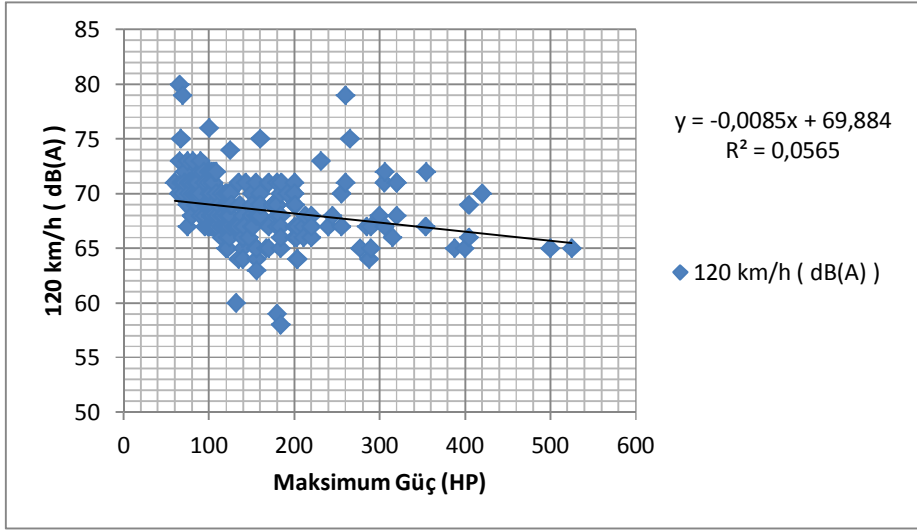
Şekil B.2 : 50 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum güç- taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

80 km/h;



Şekil B.3 : 80 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum güç- taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

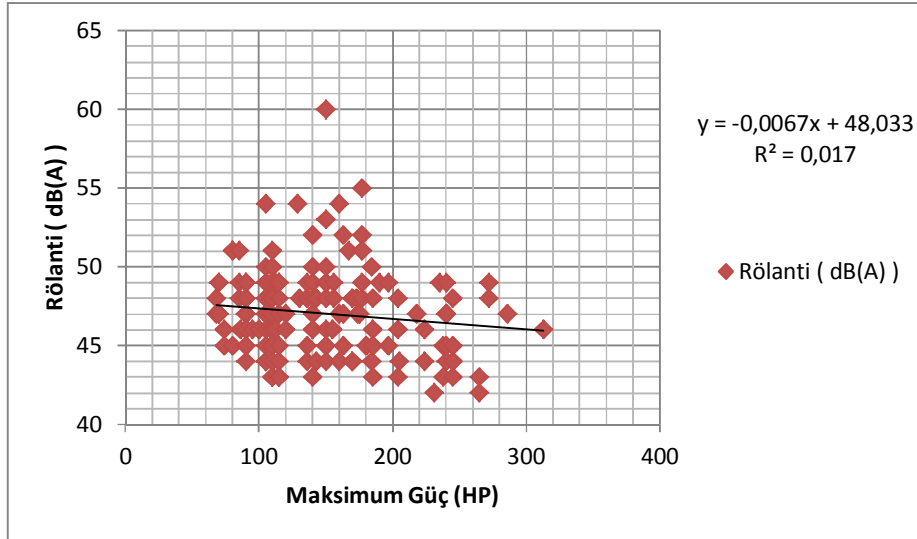
120 km/h;



Şekil B.4 : 120 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum güç- taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

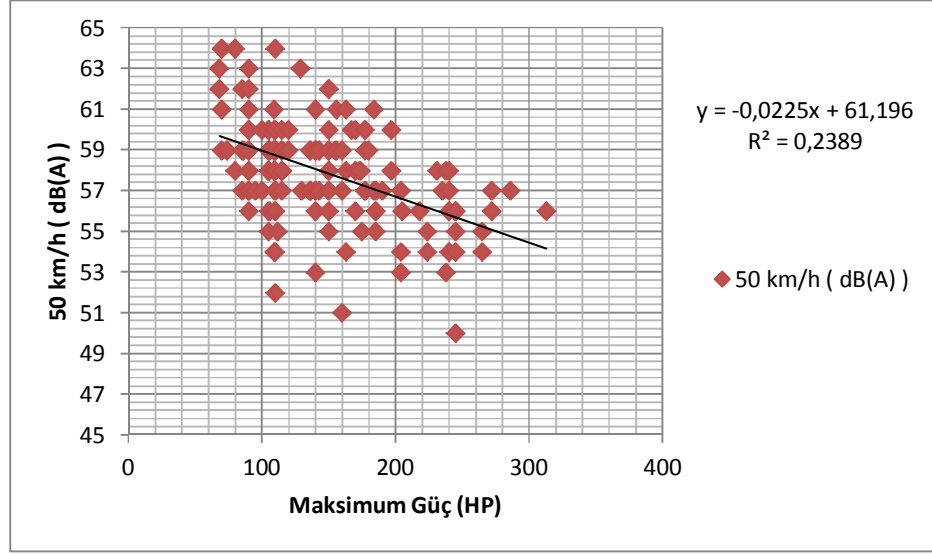
Ek B.2 Dizel Taşıtlarda Maksimum Güç- Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

Rölanti;



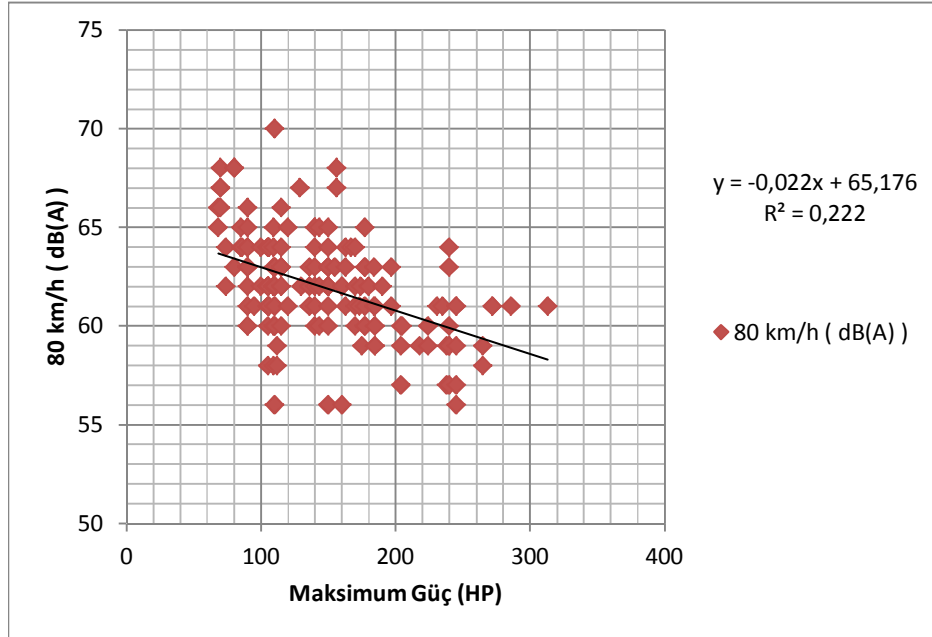
Şekil B.5 : Rölantide dizel taşıtlarda maksimum güç- taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

50 km/h;



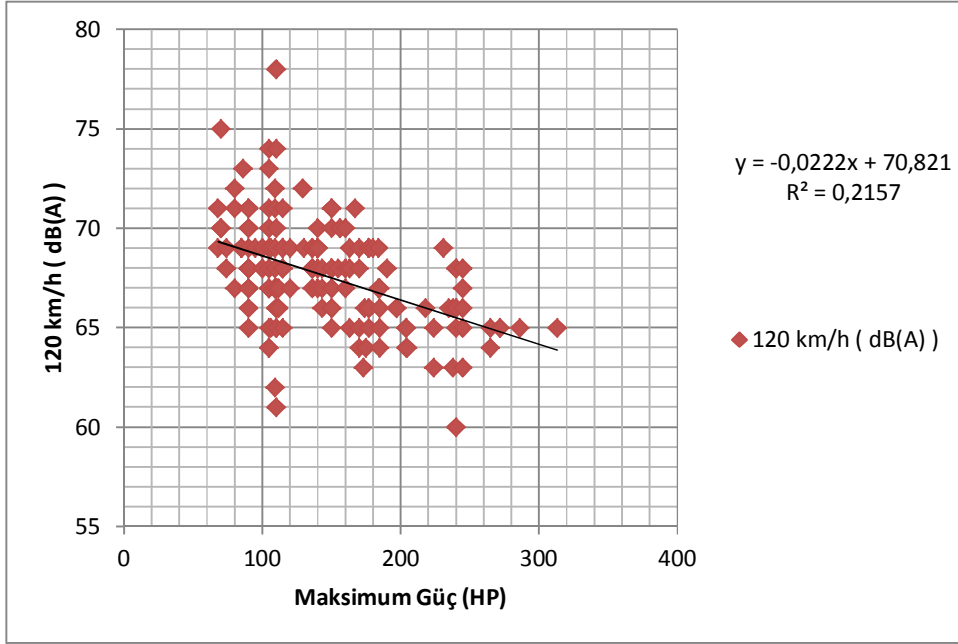
Şekil B.6 : 50 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç- taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

80 km/h;



Şekil B.7 : 80 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç- taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

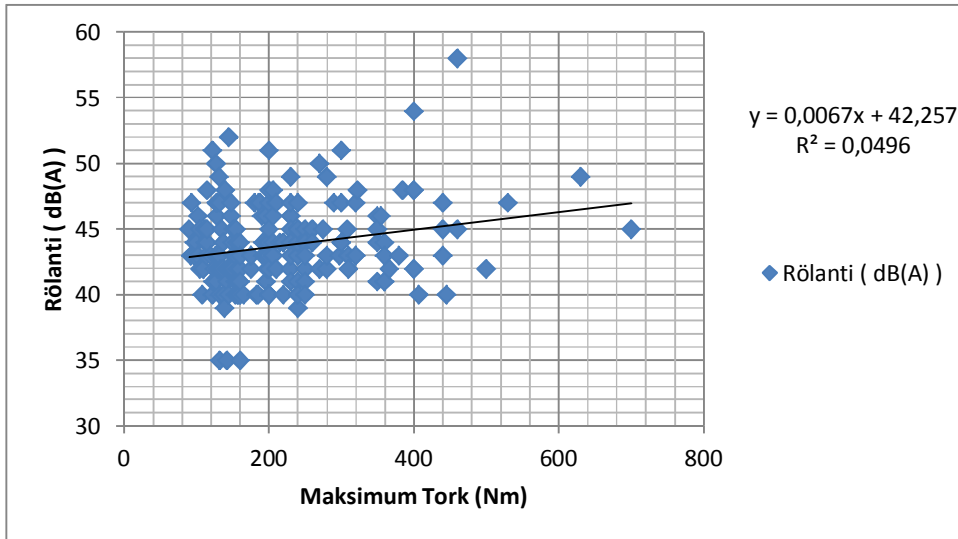
120 km/h;



Şekil B.8 : 120 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç- taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

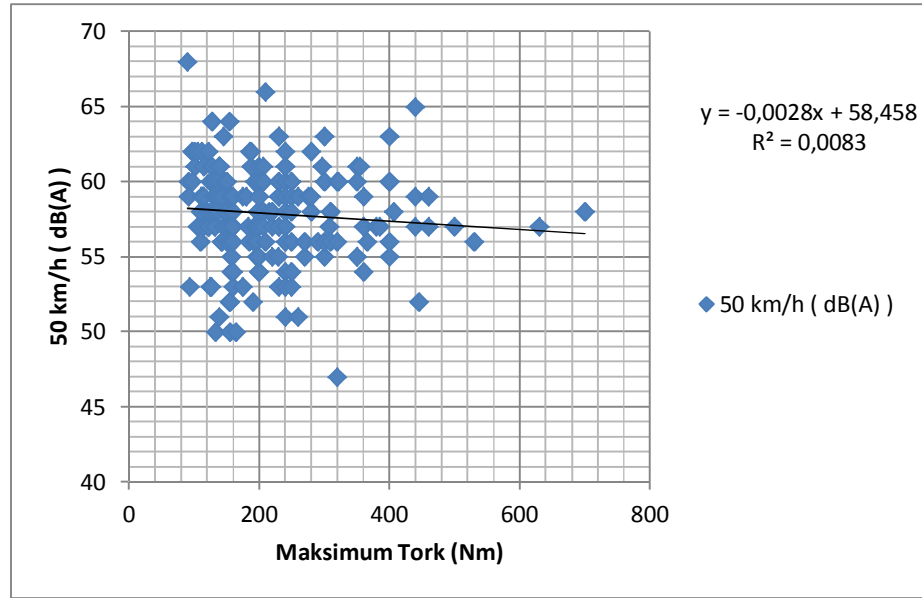
Ek B.3 Benzinli Taşıtlarda Maksimum Tork - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

Rölanti;



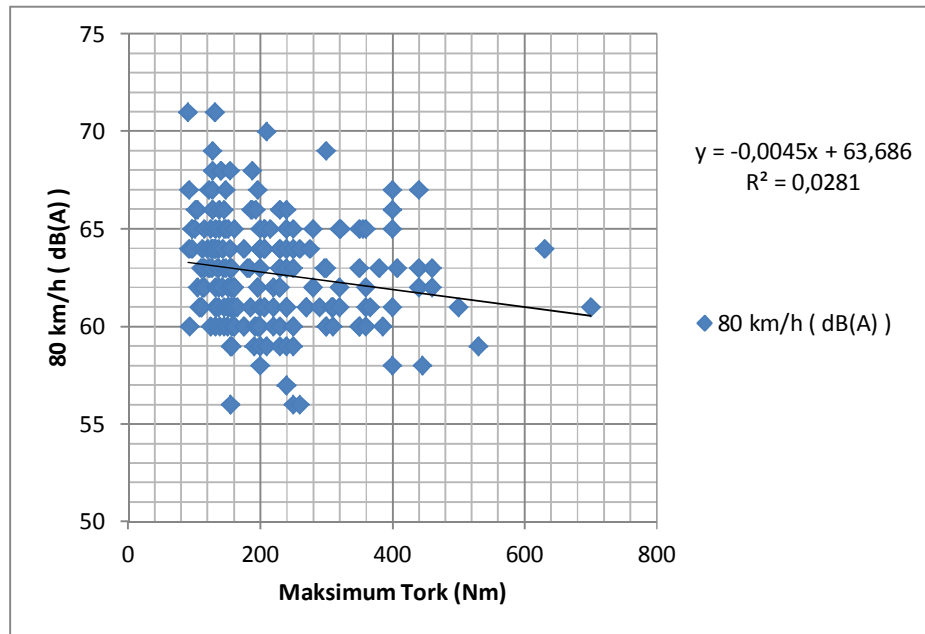
Şekil B.9 : Rölantide benzinli taşıtlarda maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

50 km/h;



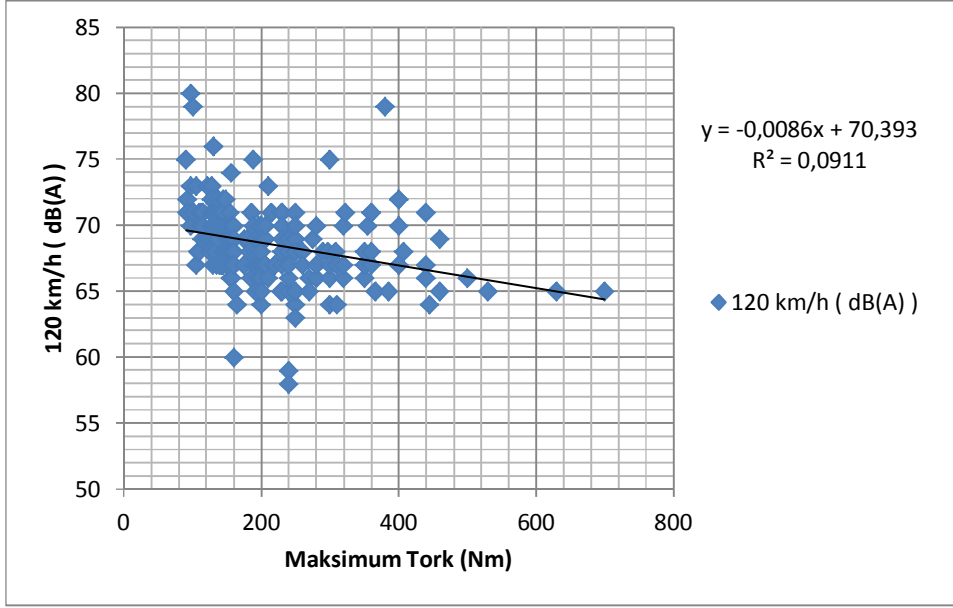
Şekil B.10 : 50 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

80 km/h;



Şekil B.11 : 80 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

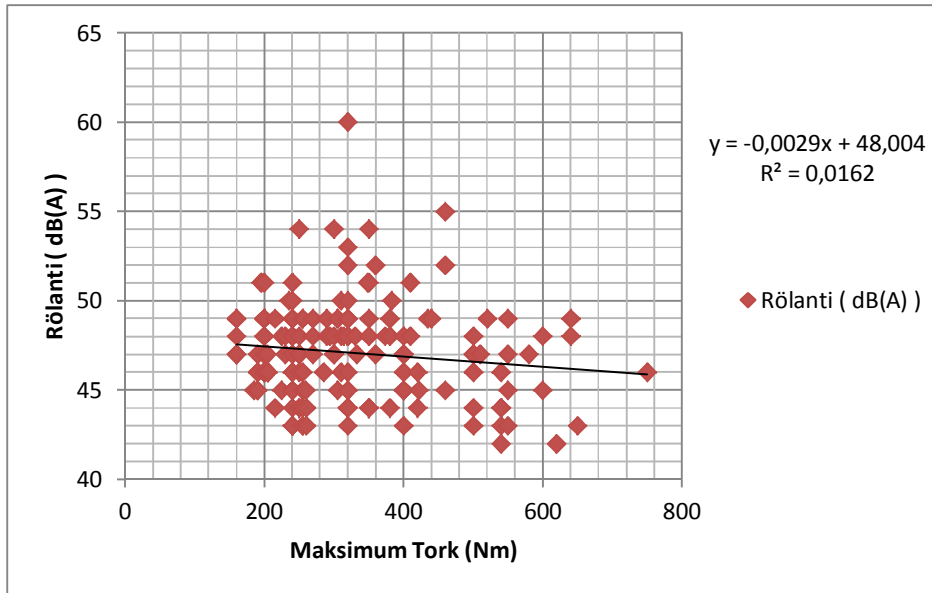
120 km/h;



Şekil B.12 : 120 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

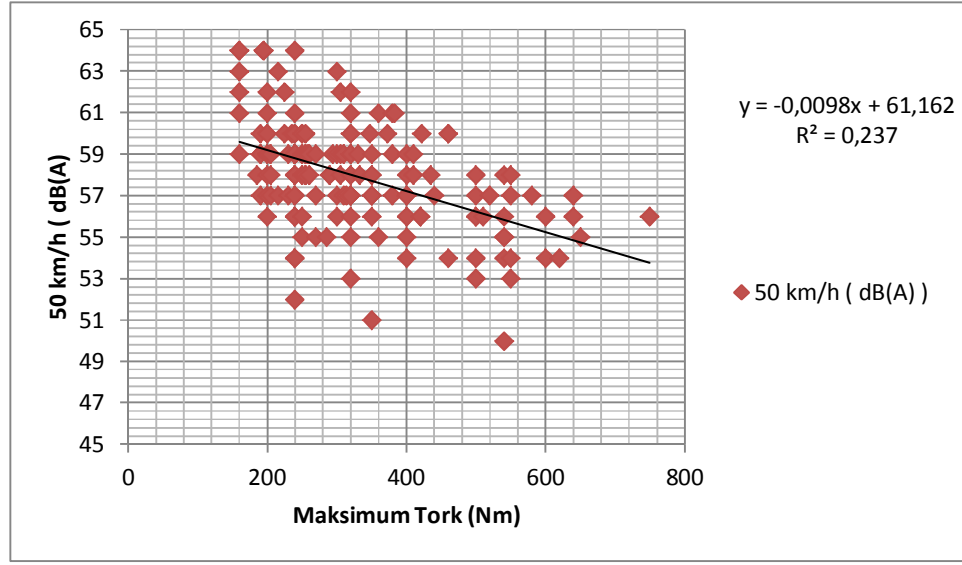
Ek B.4 Dizel Taşıtlarda Maksimum Tork - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

Rölanti;



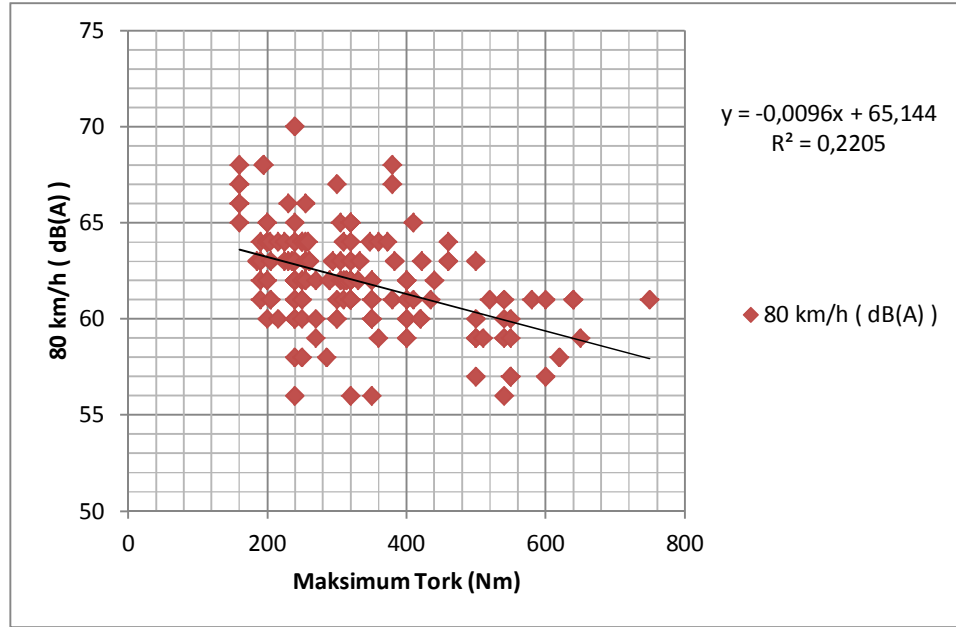
Şekil B.13 : Rölantide dizel taşıtlarda maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

50 km/h;



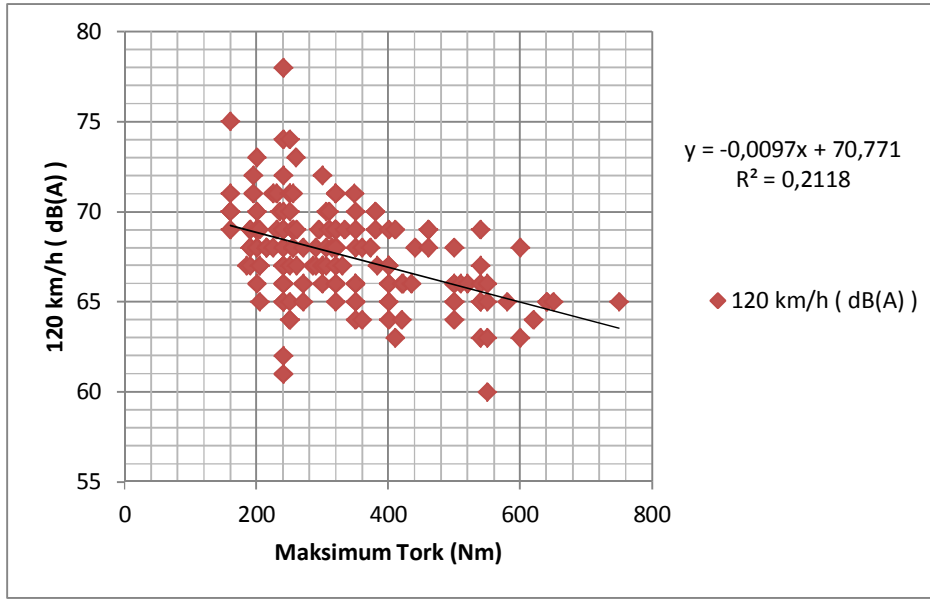
Şekil B.14 : 50 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

80km/h;



Şekil B.15 : 80 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

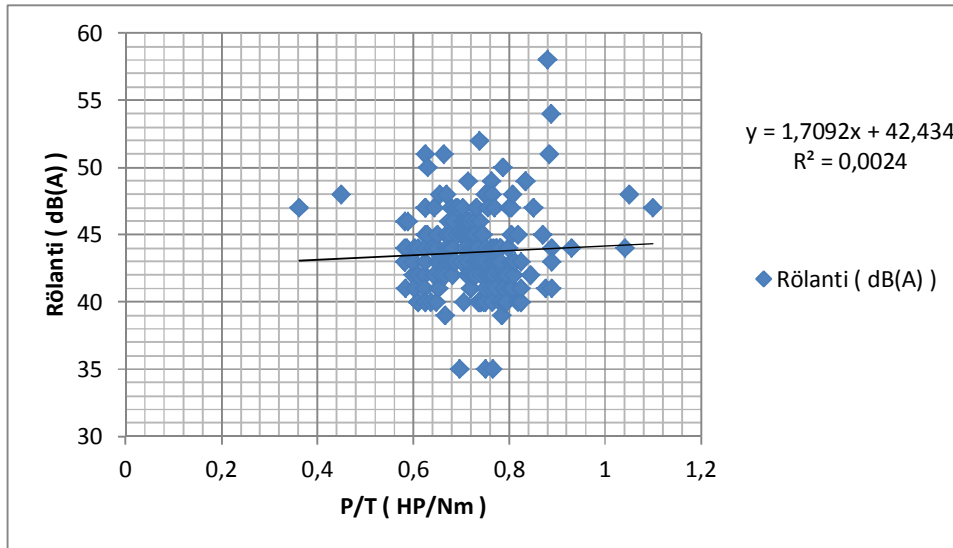
120 km/h;



Şekil B.16 : 120 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

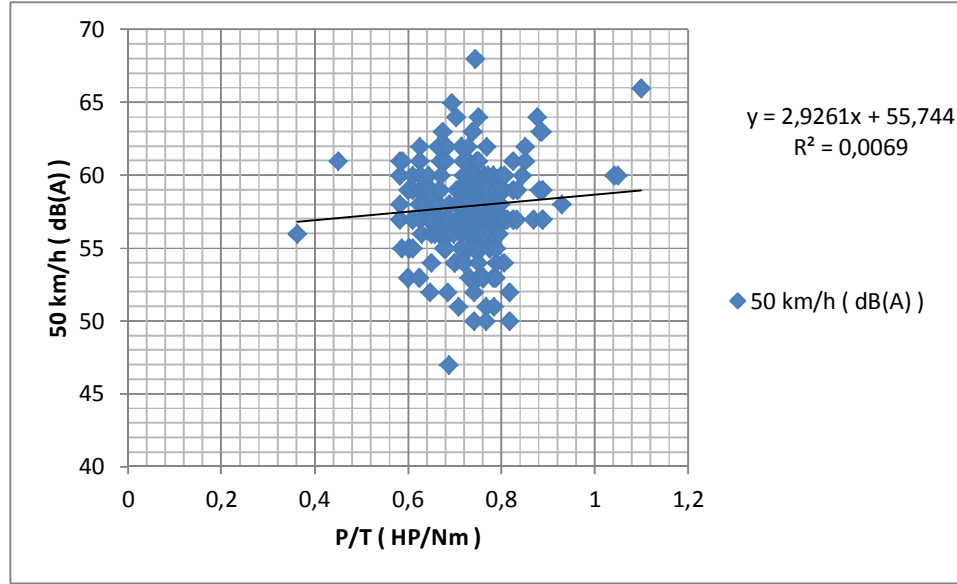
Ek B.5 Benzinli Taşıtlarda Maksimum Güç / Maksimum Tork - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

Rölanti;



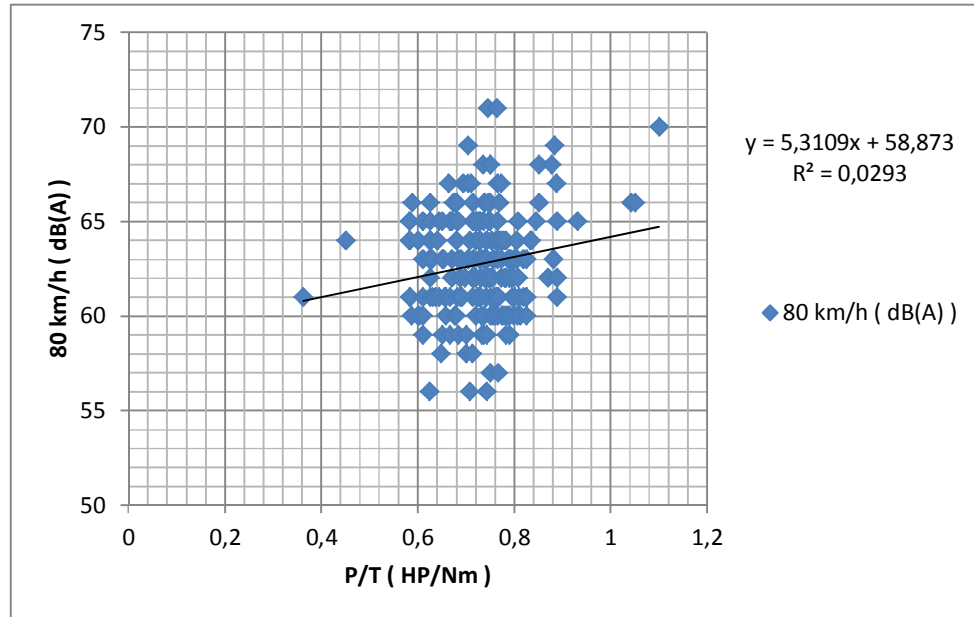
Şekil B.17 : Rölantide benzinli taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

50 km/h;



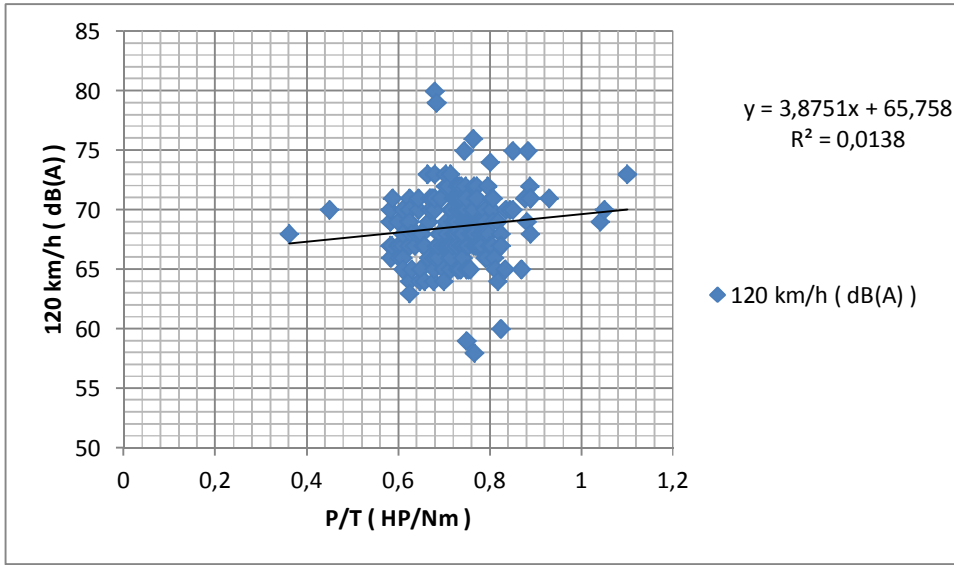
Şekil B.18 : 50 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

80 km/h;



Şekil B.19 : 80 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

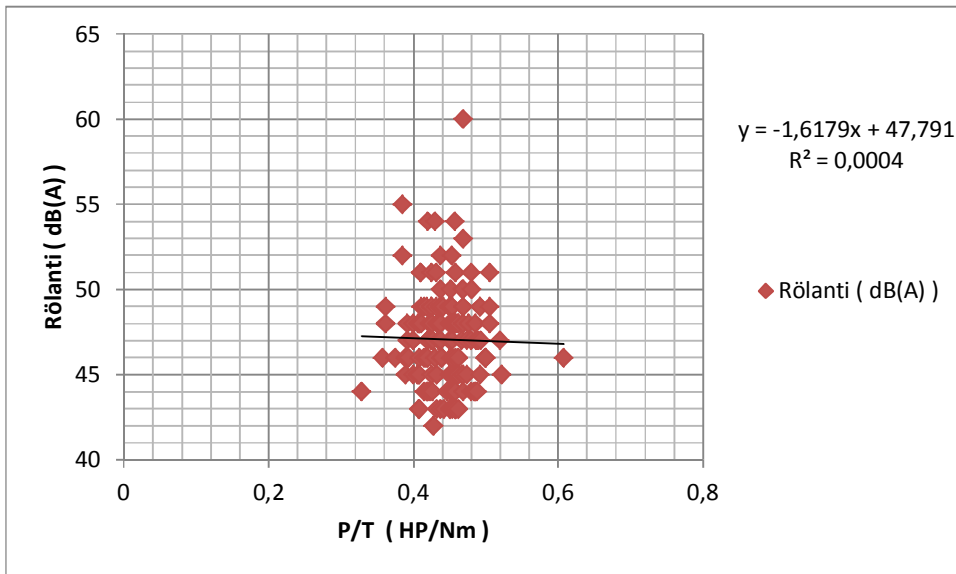
120 km/h;



Şekil B.20 : 120 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

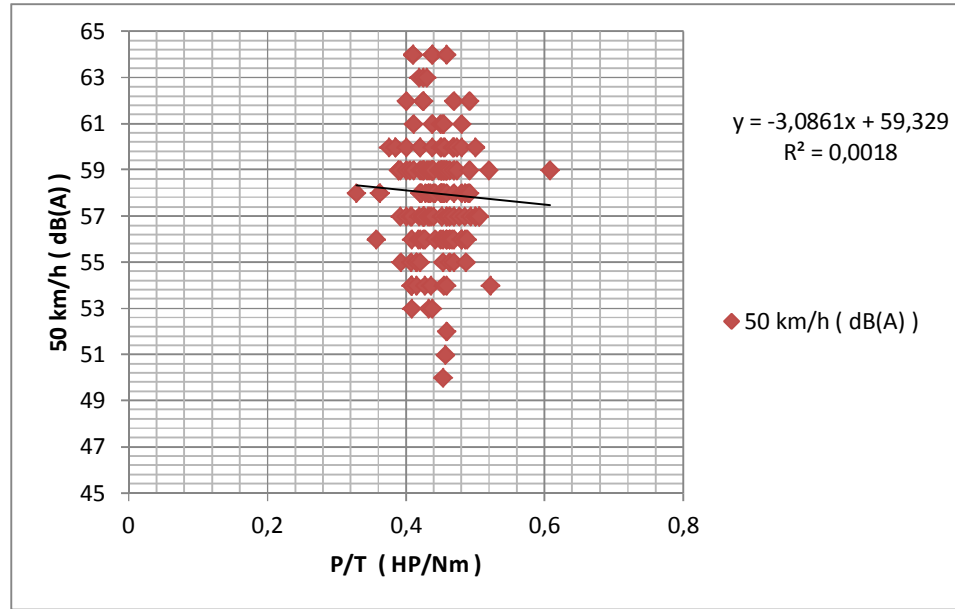
Ek B.6 Dizel Taşıtlarda Maksimum Güç / Maksimum Tork - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

Rölanti;



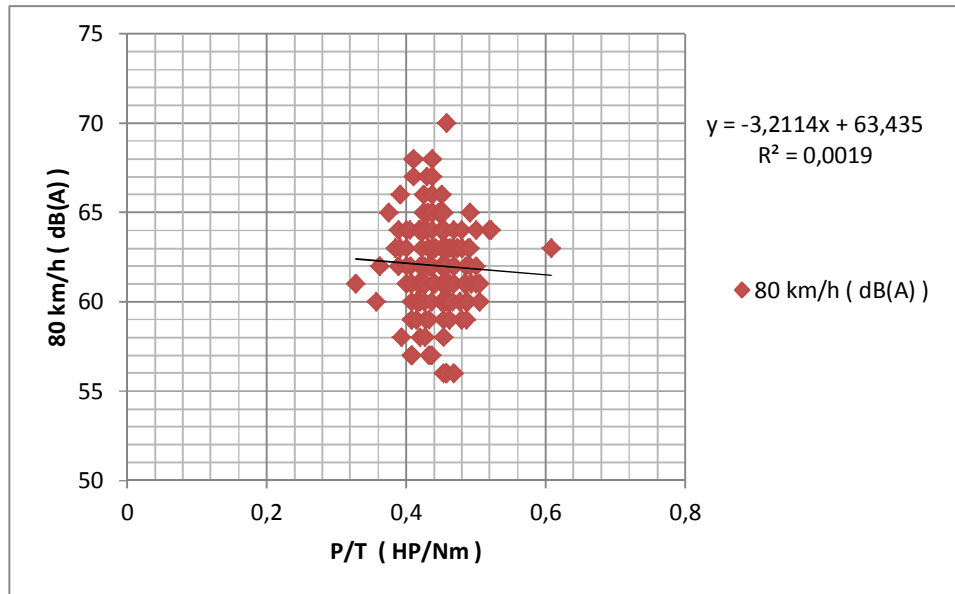
Şekil B.21 : Rölantide dizel taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

50 km/h;



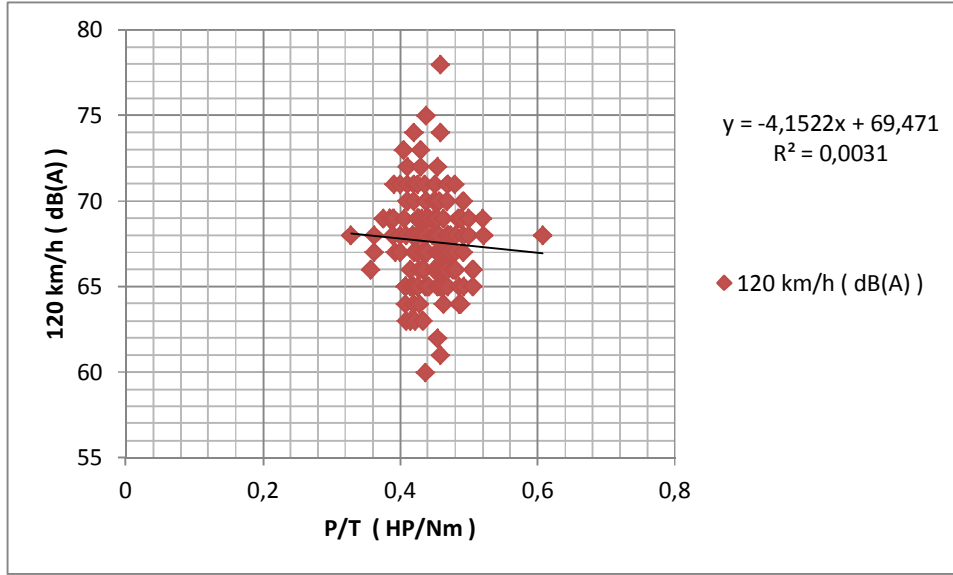
Şekil B.22 : 50 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

80 km/h;



Şekil B.23 : 80 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

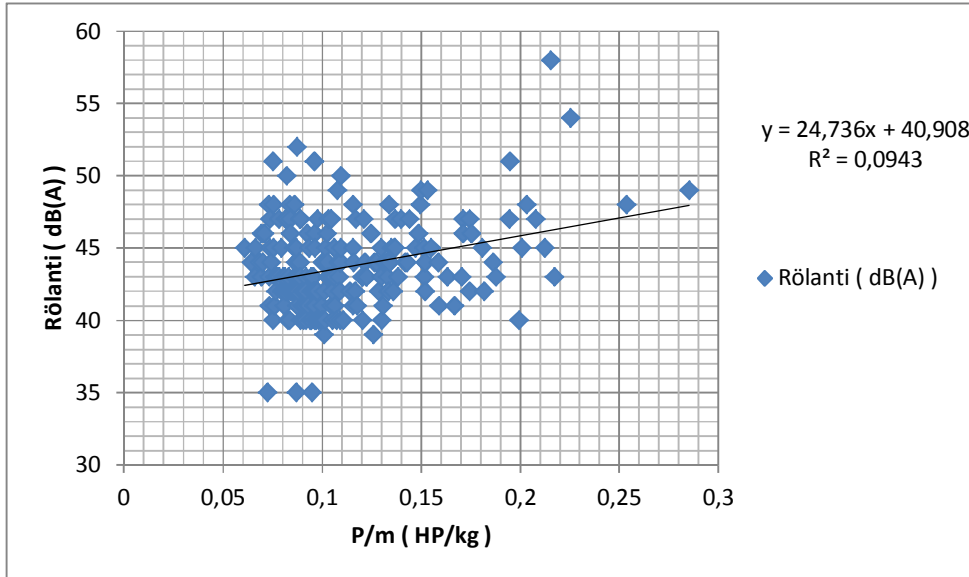
120 km/h;



Şekil B.24 : 120 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç / maksimum tork - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

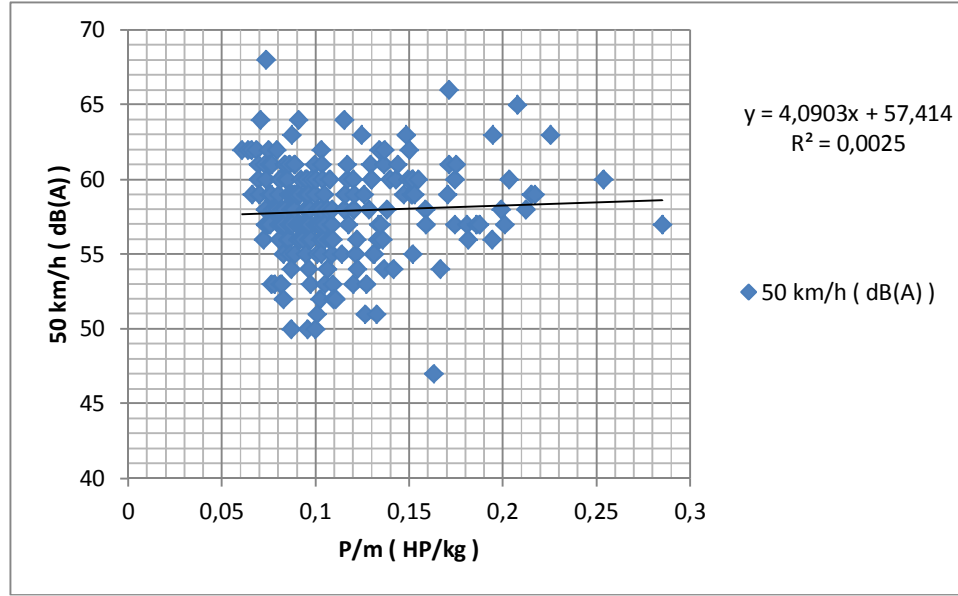
Ek B.7 Benzinli Taşıtlarda Maksimum Güç / Ağırlık - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

Rölanti;



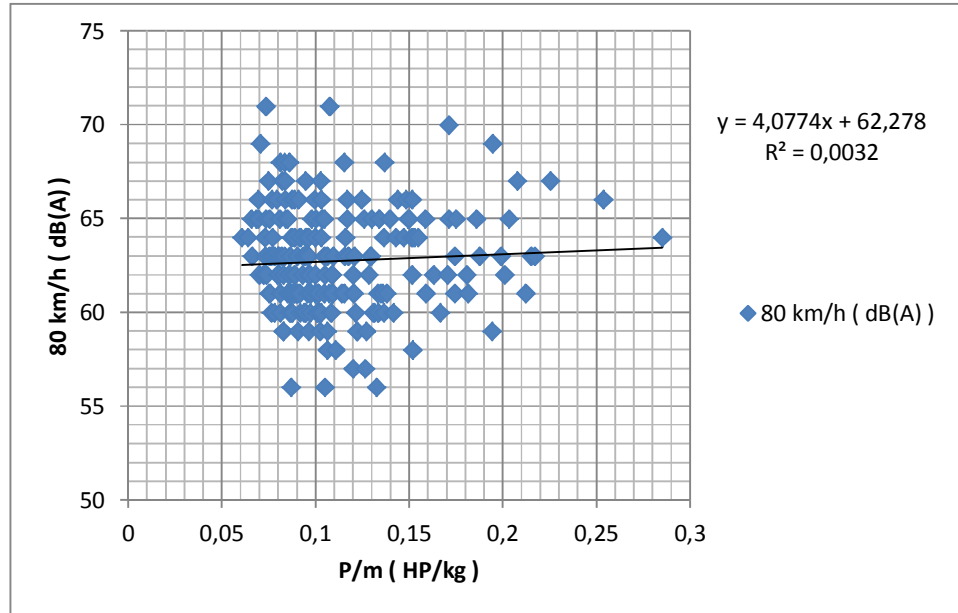
Şekil B.25 : Rölantide benzinli taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

50 km/h;



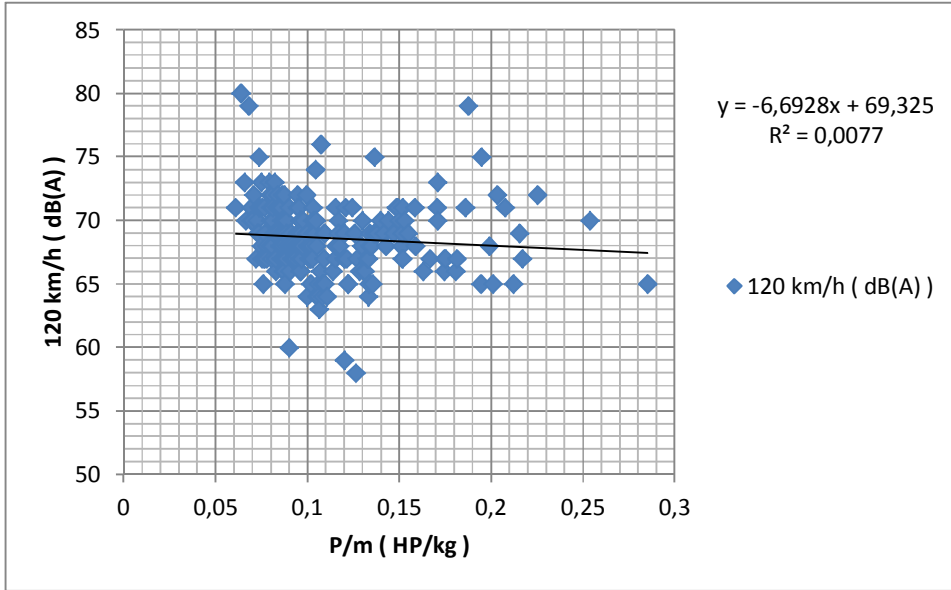
Şekil B.26 : 50 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

80 km/h;



Şekil B.27 : 80 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

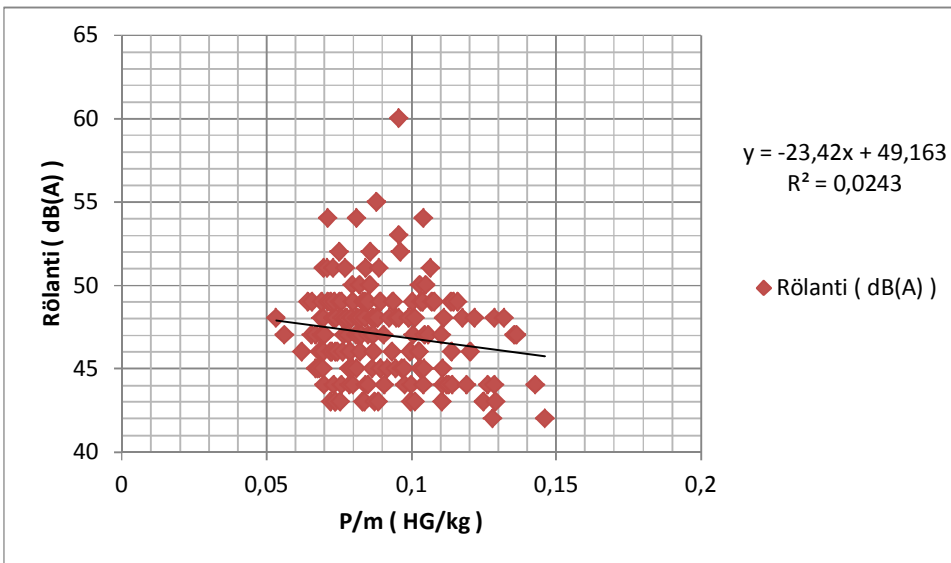
120 km/h;



Şekil B.28 : 120 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

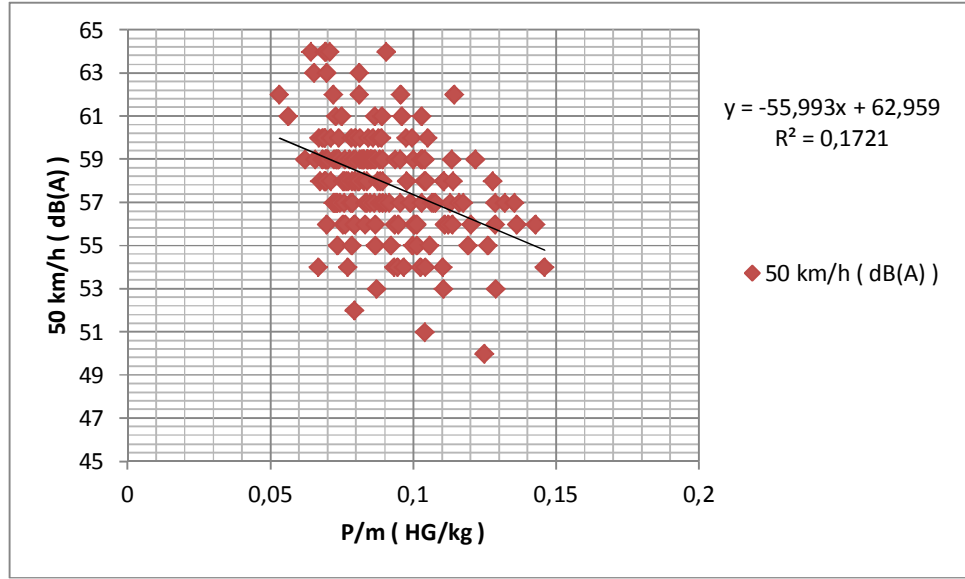
Ek B.8 Dizel Taşıtlarda Maksimum Güç / Ağırlık - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

Rölanti;



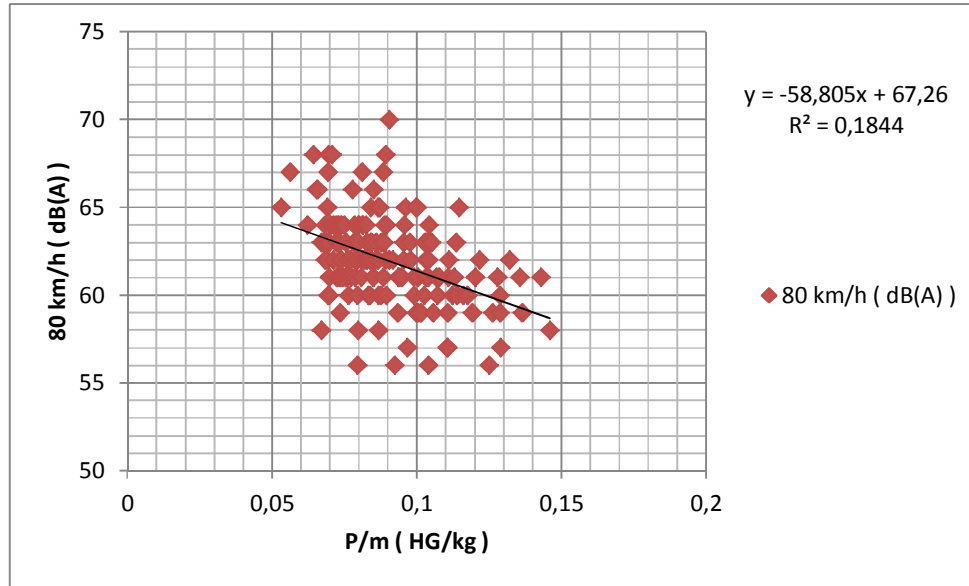
Şekil B.29 : Rölantide dizel taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

50 km/h;



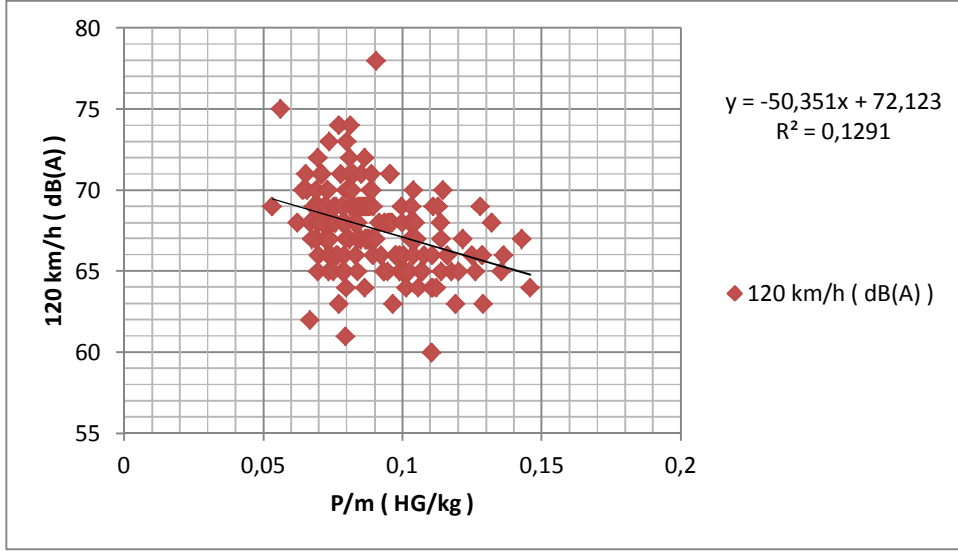
Şekil B.30 : 50 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

80 km/h;



Şekil B.31 : 80 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

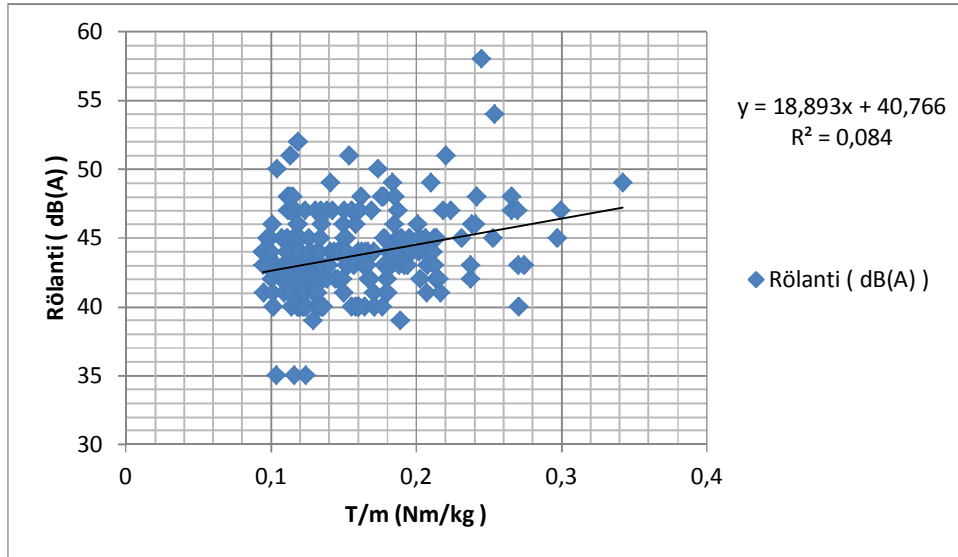
120 km/h;



Şekil B.32 : 120 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum güç / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

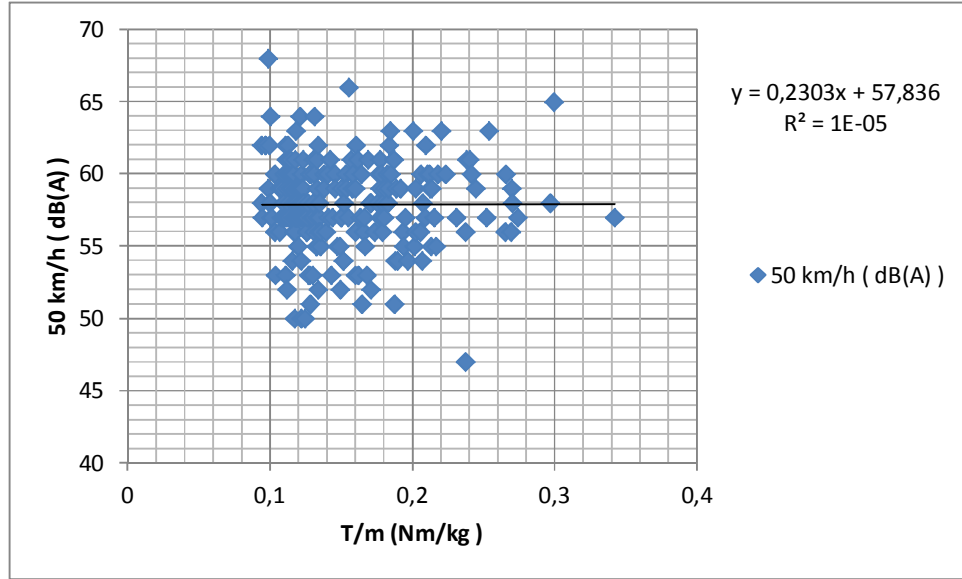
Ek B.9 Benzinli Taşıtlarda Maksimum Tork / Ağırlık - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

Rölanti;



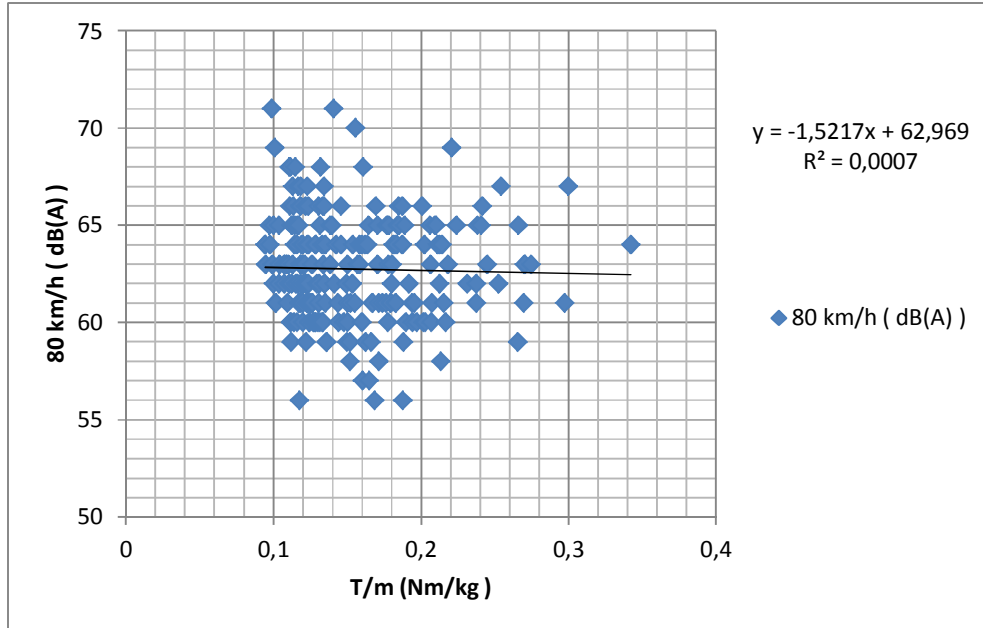
Şekil B.33 : Rölantide benzinli taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

50 km/h;



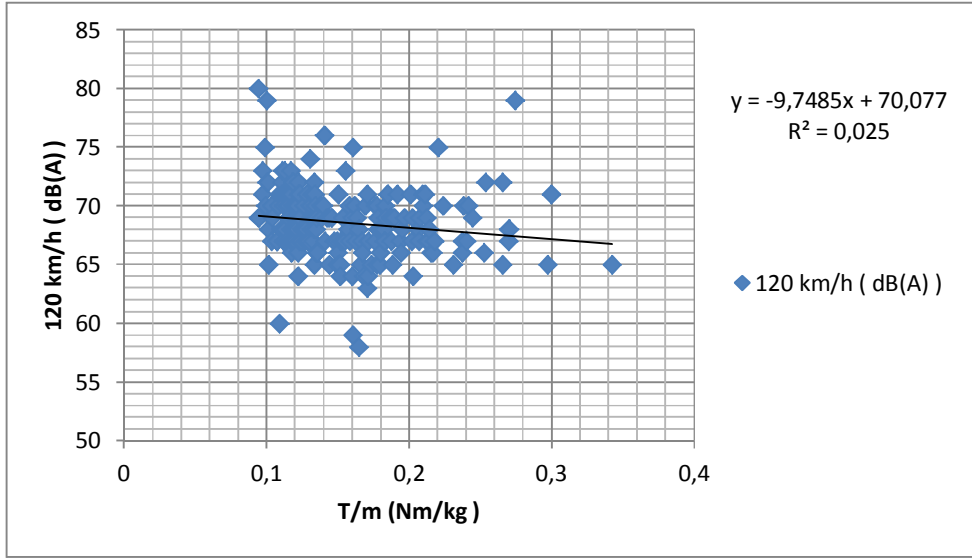
Şekil B.34 : 50 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

80 km/h;



Şekil B.35 : 80 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

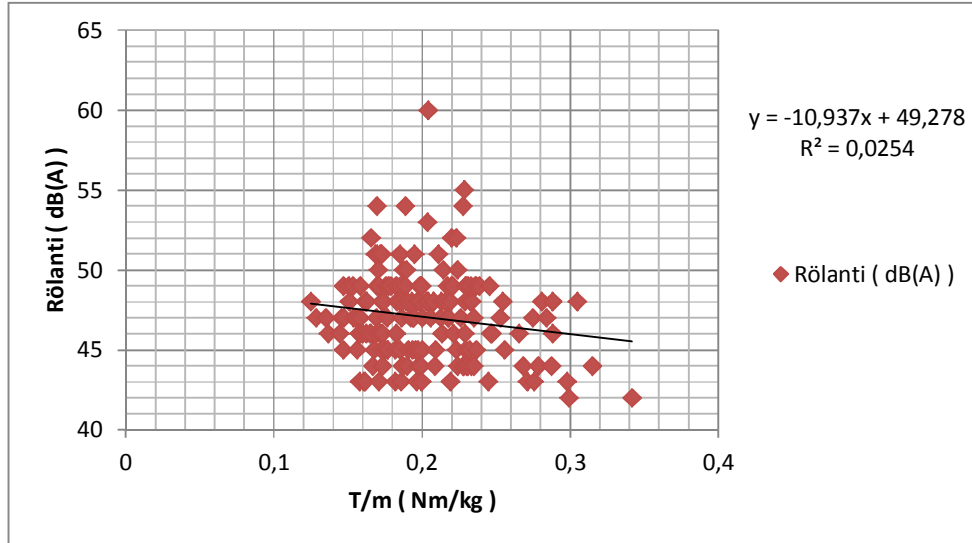
120 km/h;



Şekil B.36 : 120 km/h’de benzinli taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

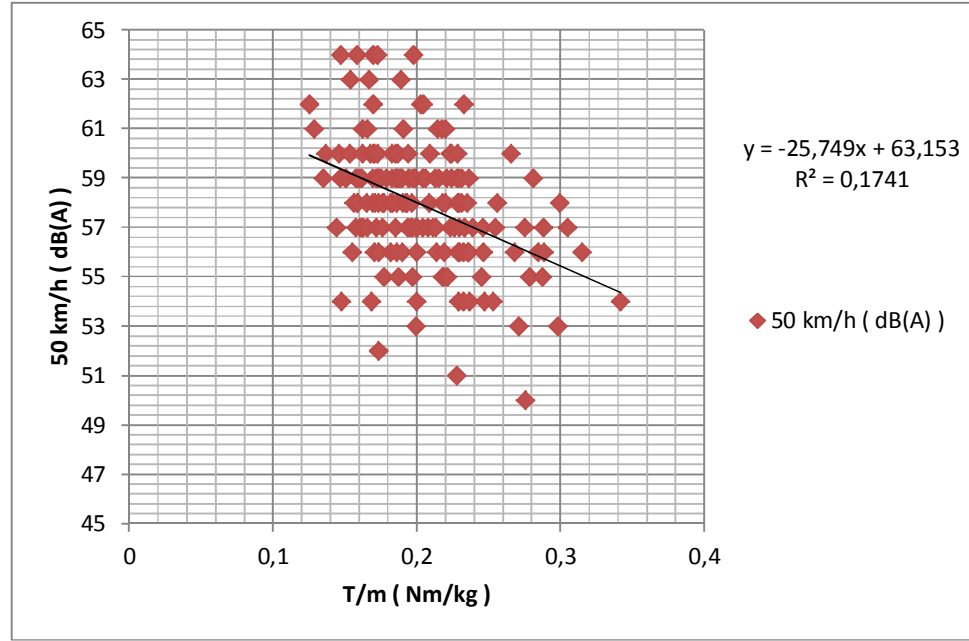
Ek B.10 Dizel Taşıtlarda Maksimum Tork / Ağırlık - Taşıt İçi Ses Seviyesi İlişkisi

Rölanti;



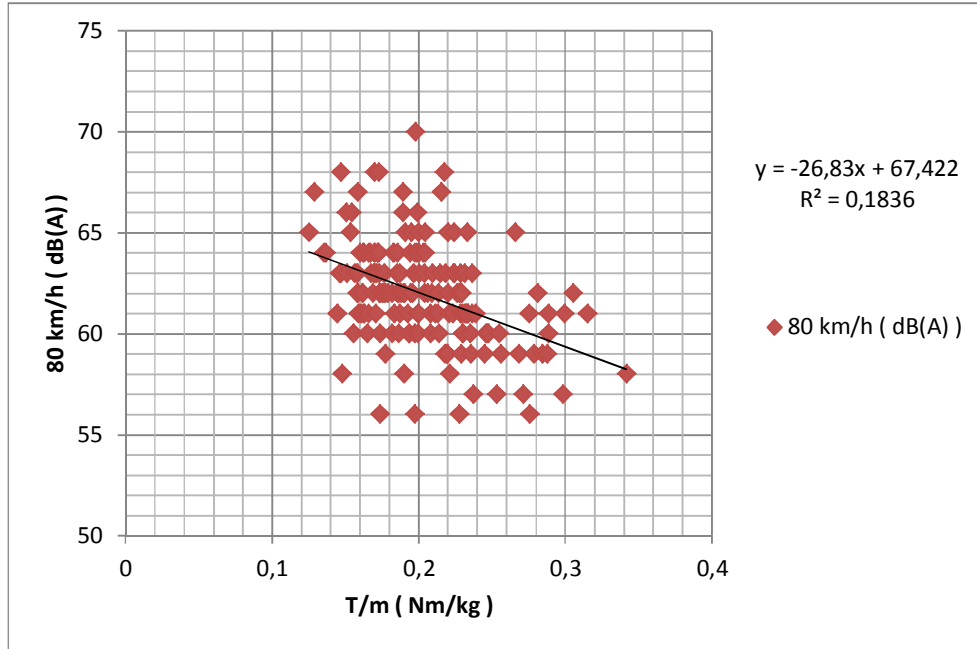
Şekil B.37 : Rölantide dizel taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

50 km/h;



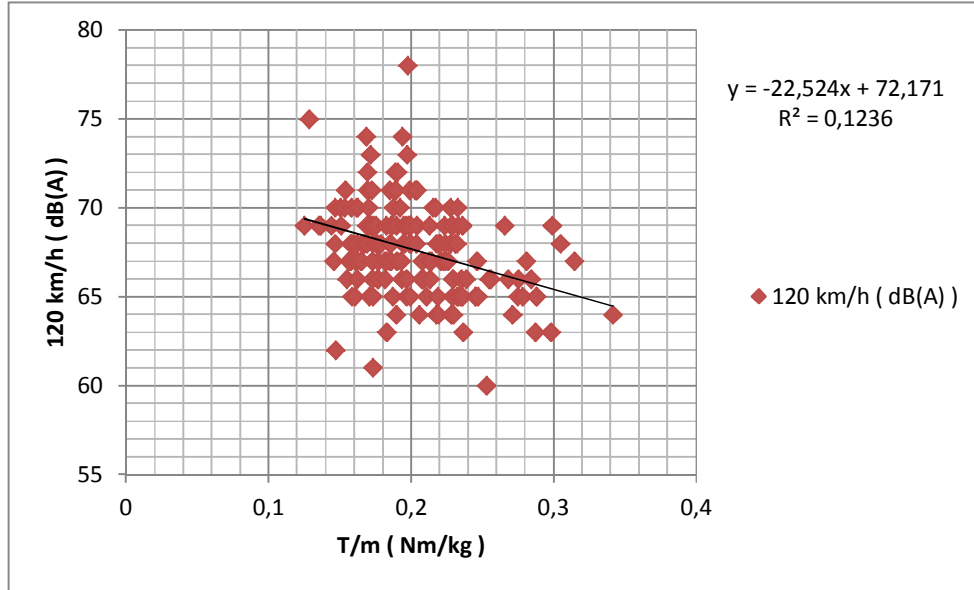
Şekil B.38 : 50 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

80 km/h;



Şekil B.39 : 80 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

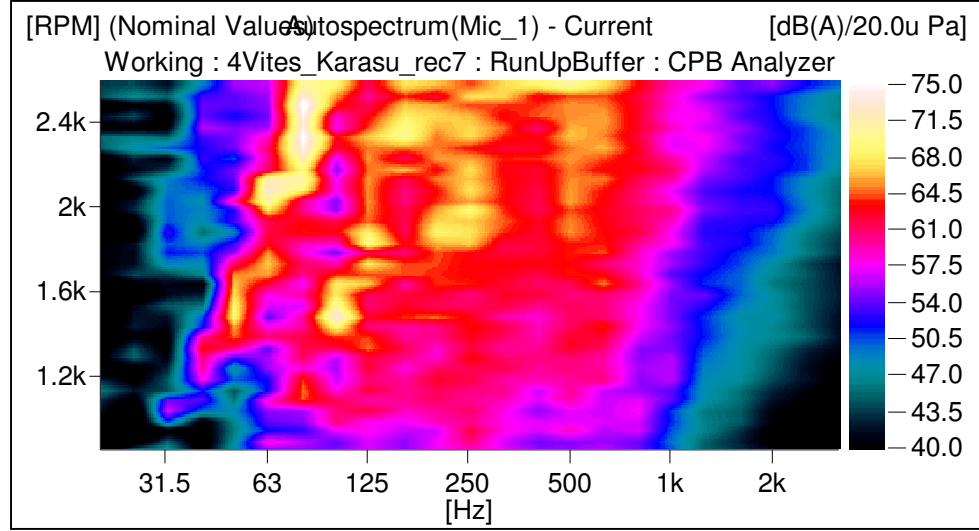
120 km/h;



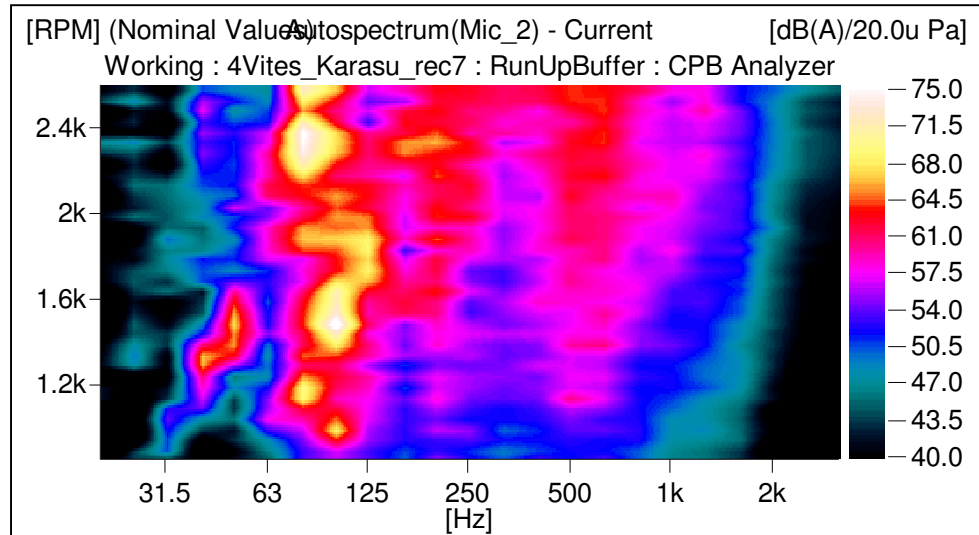
Şekil B.40 : 120 km/h’de dizel taşıtlarda maksimum tork / ağırlık - taşıt içi ses seviyesi ilişkisi.

EK C

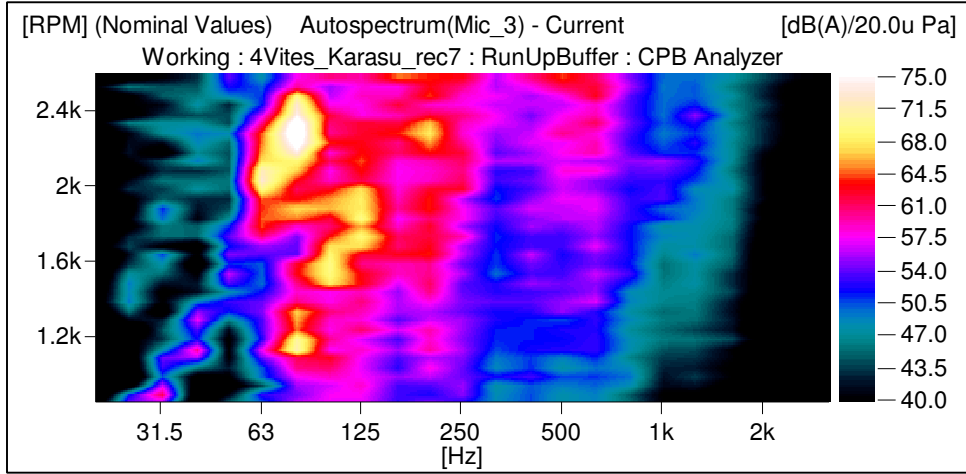
Ek C.1 Seyir Halinde 4. Vites Tam Gaz İvmelenme



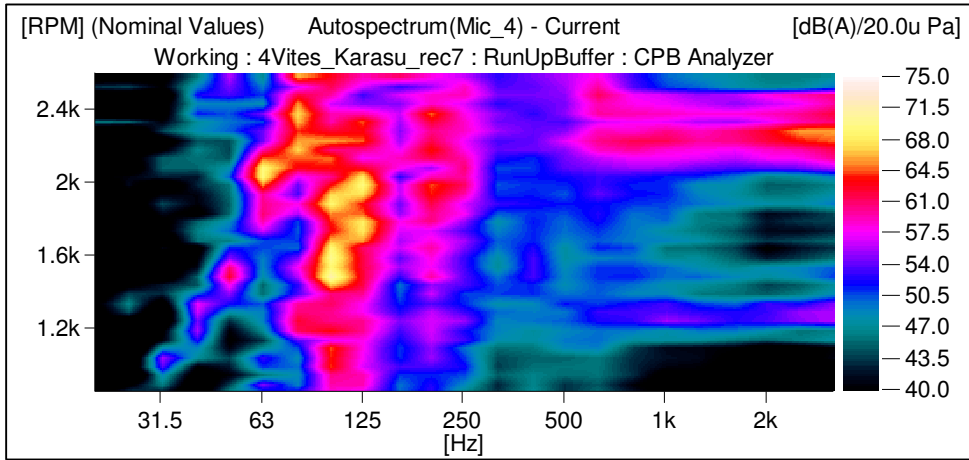
Şekil C.1 : 1. Mikrofon ses değerleri.



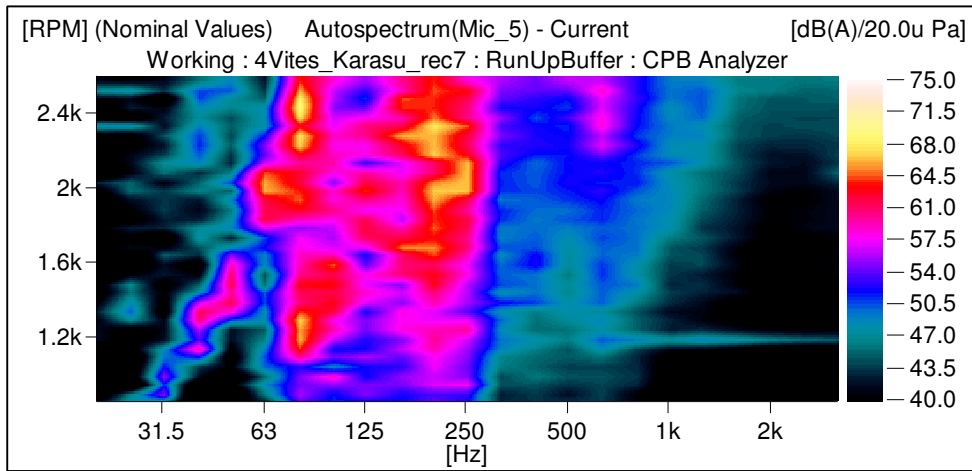
Şekil C.2 : 2. Mikrofon ses değerleri.



Şekil C.3 : 3. Mikrofon ses değerleri.

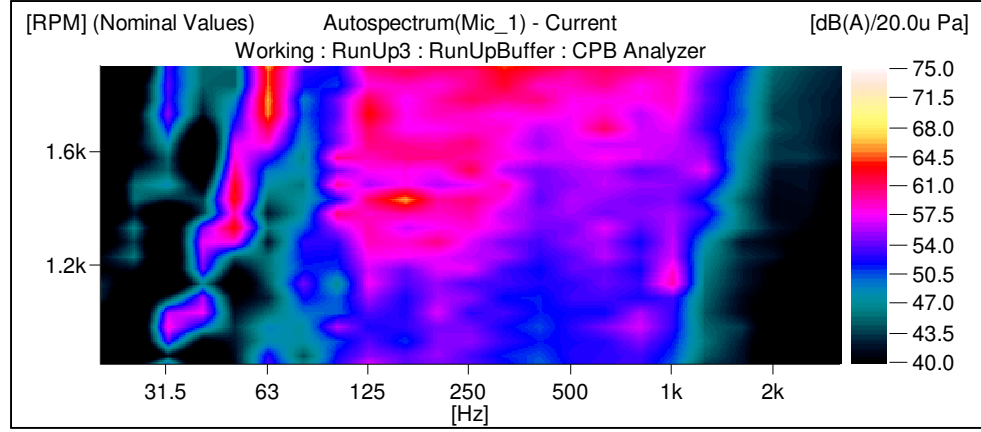


Şekil C.4 : 4. Mikrofon ses değerleri.

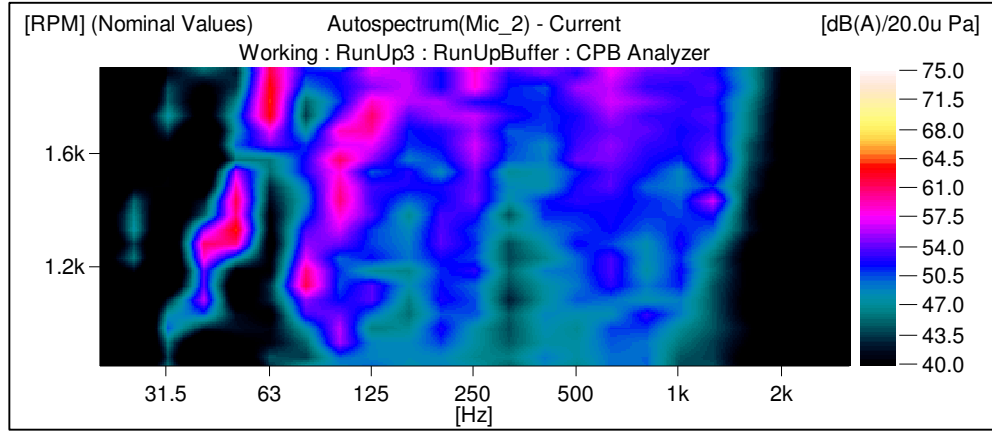


Şekil C.5 : 5. Mikrofon ses değerleri.

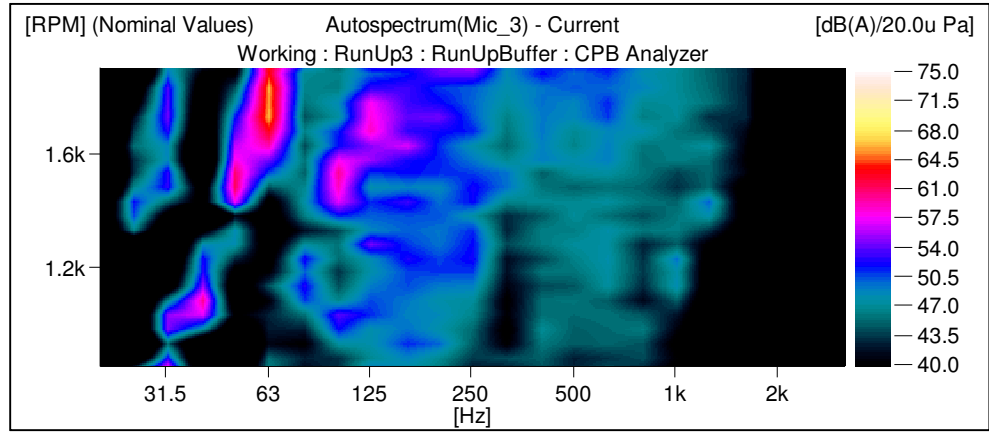
Ek C.2 Durağan Halde Yapılan Ölçümler (Hava, klima vs. tüm yardımcı sistemler devre dışı)



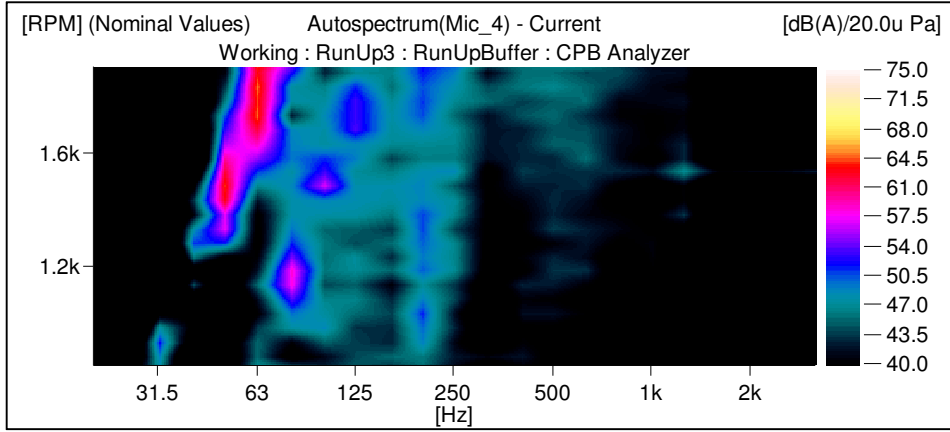
Şekil C.6 : 1. Mikrofon ses değerleri.



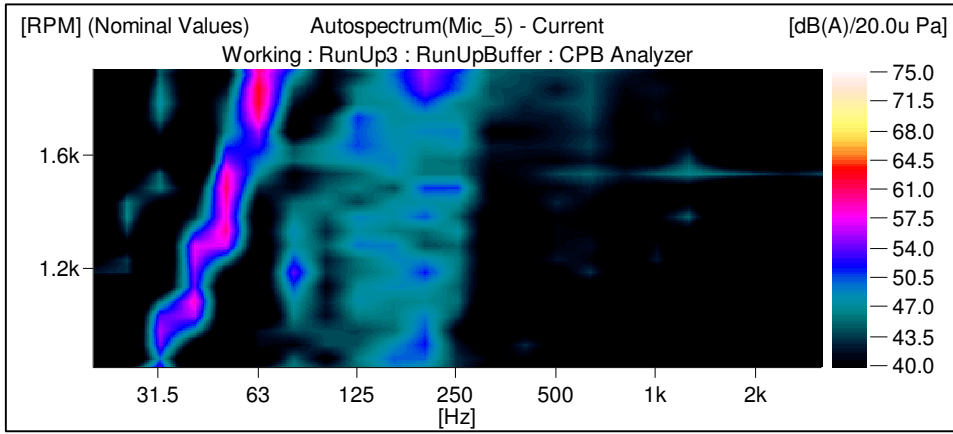
Şekil C.7 : 2. Mikrofon ses değerleri.



Şekil C.8 : 3. Mikrofon ses değerleri.

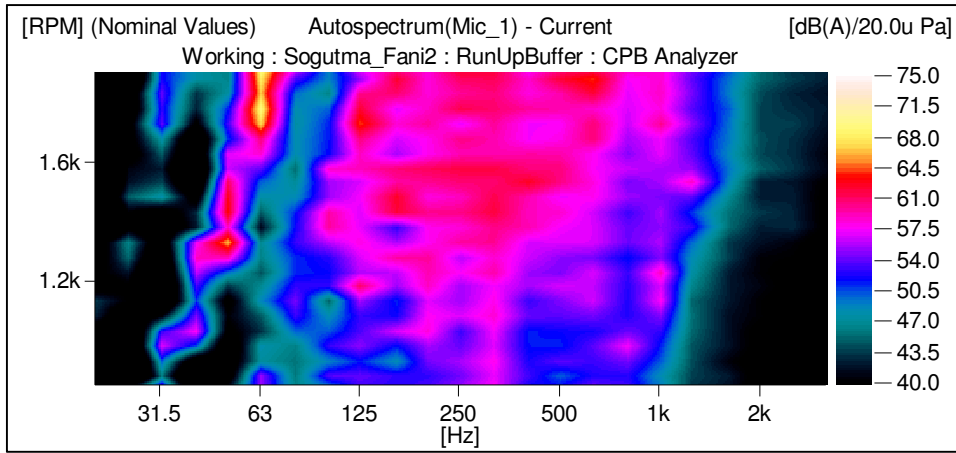


Şekil C.9 : 4. Mikrofon ses değerleri.

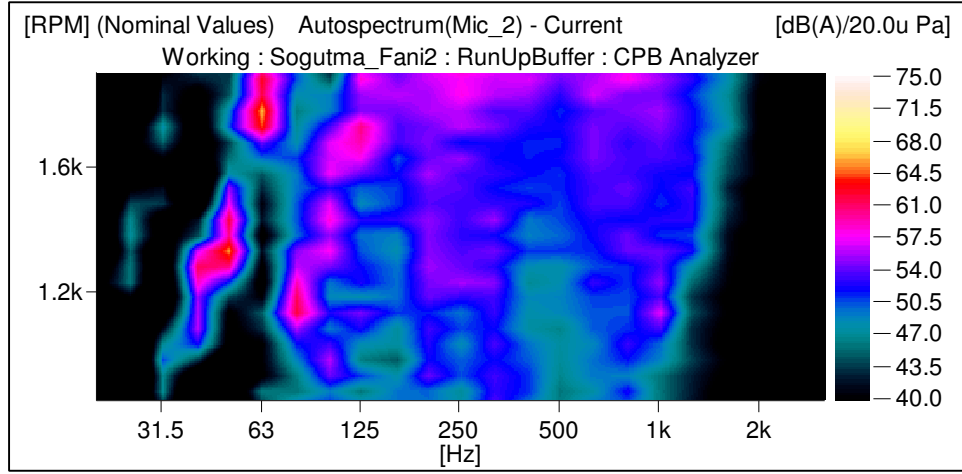


Şekil C.10 : 5. Mikrofon ses değerleri.

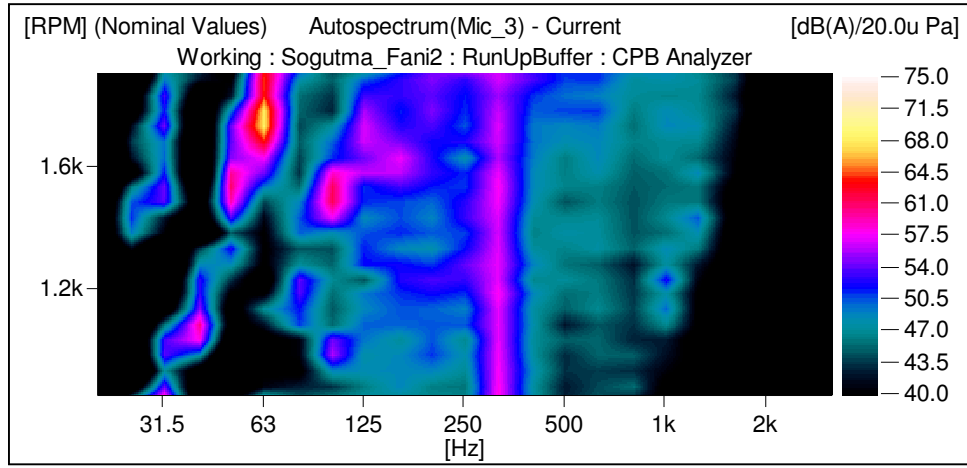
Ek C.3 Durağan Halde Soğutma Fanı Devrede İken Yapılan Ölçümler



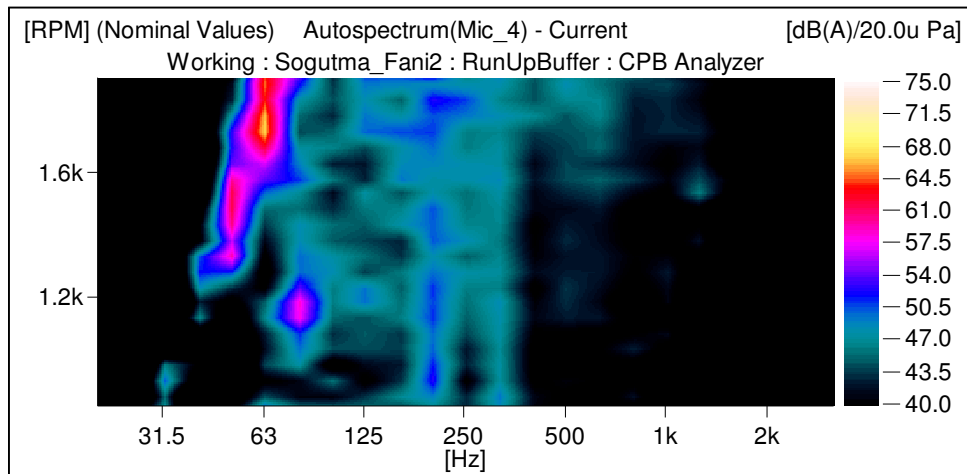
Şekil C.11 : 1. Mikrofon ses değerleri.



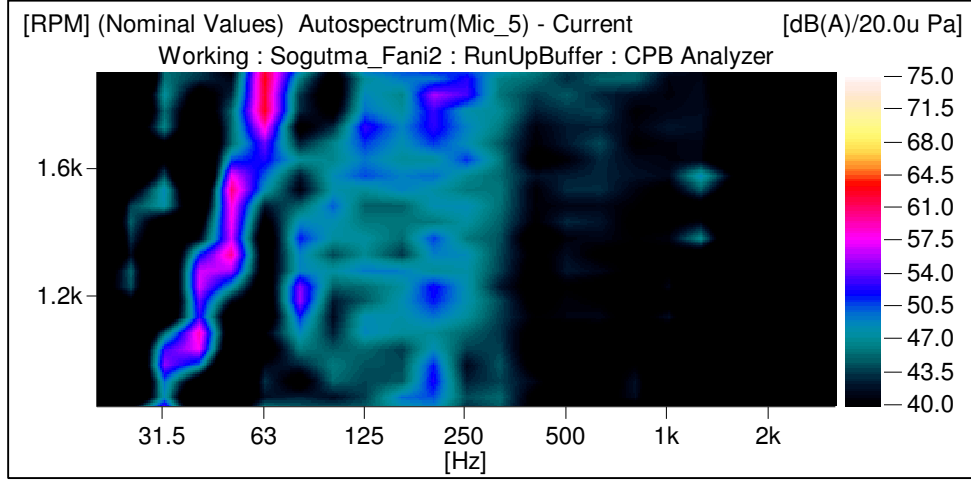
Şekil C.12 : 2. Mikrofon ses değerleri.



Şekil C.13 : 3. Mikrofon ses değerleri.

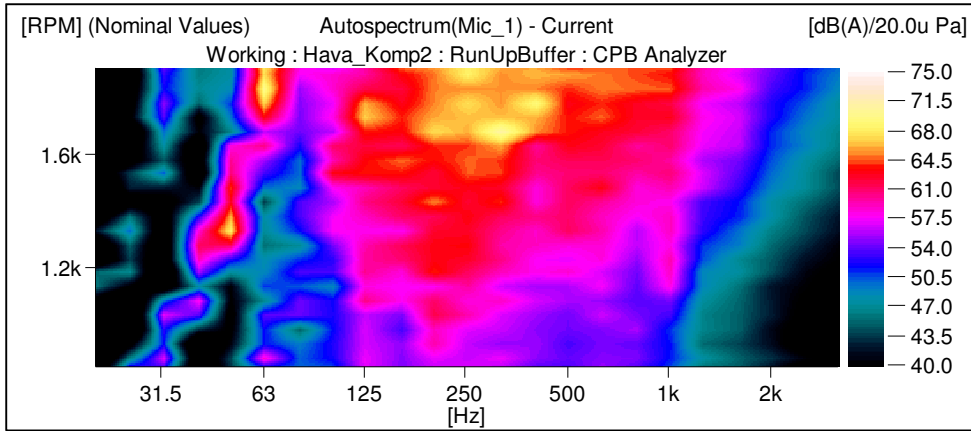


Şekil C.14 : 4. Mikrofon ses değerleri.

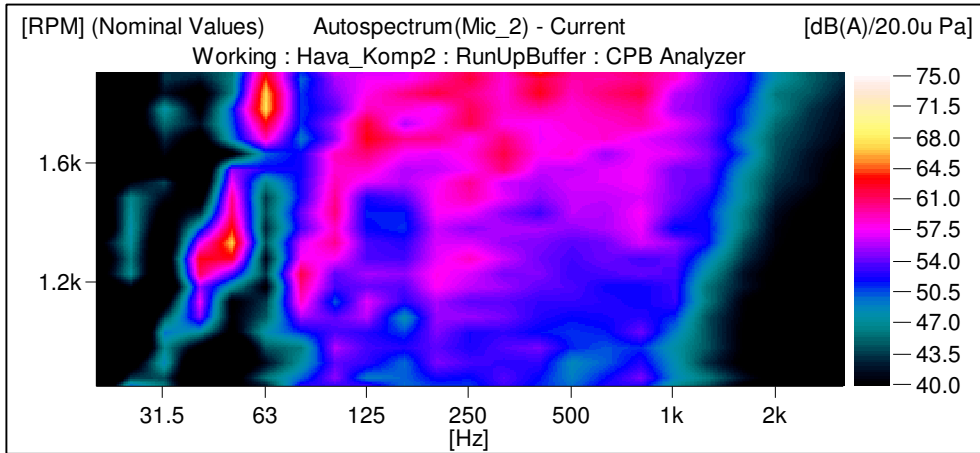


Şekil C.15 : 5. Mikrofon ses değerleri.

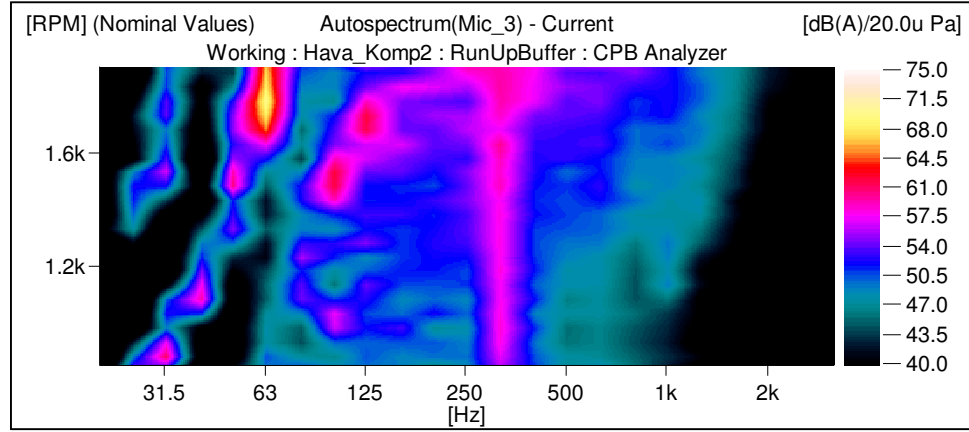
Ek C.4 Durağan Halde Hava Kompresörü İken Yapılan Ölçümler



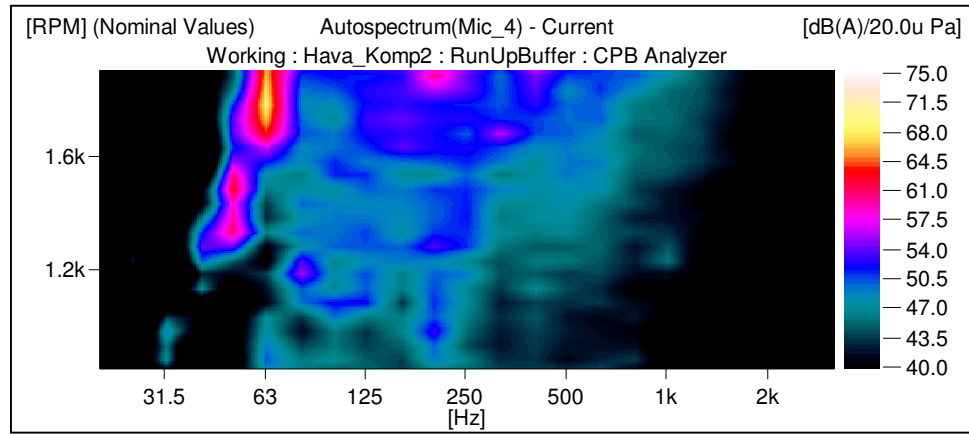
Şekil C.16 : 1. Mikrofon ses değerleri.



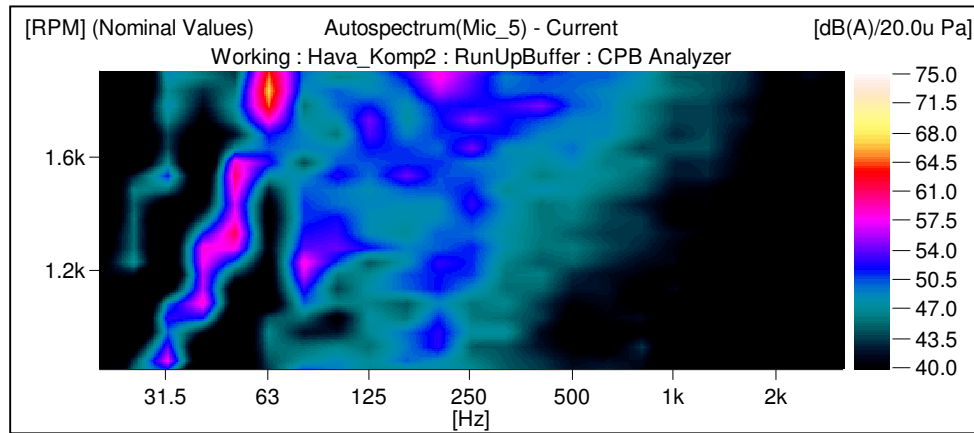
Şekil C.17 : 2. Mikrofon ses değerleri.



Şekil C.18 : 3. Mikrofon ses değerleri.



Şekil C.19 : 4. Mikrofon ses değerleri.



Şekil C.20 : 5. Mikrofon ses değerleri.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Mesut Ertuğrul

Doğum Yeri ve Tarihi: Ordu – 20.04.1987

Adres: Bucak Mah. 373 Nolu Sok. No:4/3 Merkez / Ordu

E-Posta: mesutertugrul@hotmail.com

Lisans: Yıldız Teknik Üniversitesi – Makine Mühendisliği

Mesleki Deneyim: Ford Otomotiv Sanayi A.Ş. – Ürün Geliştirme Mühendisi