

The sound power level

- The sound power level (L_w) is expressed as a ratio of the sound power to a reference power of 10^{-12} W.

$$L_w = 10 \log_{10} \left[\frac{W}{W_{ref}} \right] dB$$

$$W_{ref} = 10^{-12} Watt$$

As a result, everyday machine power outputs fall in a sound power range of 70–160 dB and the human voice produces sound power levels in the 30–70 dB range.

Decibel arithmetic

- Decibel addition is undertaken as follows

$$L_1 + L_2 = 10 \log_{10} [10^{L_1/10} + 10^{L_2/10}] \text{ dB}$$

- Decibel subtraction follows the same procedure.

$$L_1 - L_2 = 10 \log_{10} [10^{L_1/10} - 10^{L_2/10}] \text{ dB}$$

Decibel arithmetic

- The combination of two identical sound levels produces a sum which is 3 dB greater than the individual levels.
- Combining a sound level with another, which is 10 dB lesser in magnitude, produces a sum that is negligibly greater than the highest sound level.

Decibel arithmetic

- Subjectively, to a young person with normal hearing:
 - 1 dB change in the level of a tone is barely perceptible;
 - 3 dB change in the level of a tone is clearly perceptible;
 - 10 dB change in the level of a tone appears as a doubling or halving of loudness.

Decibel arithmetic

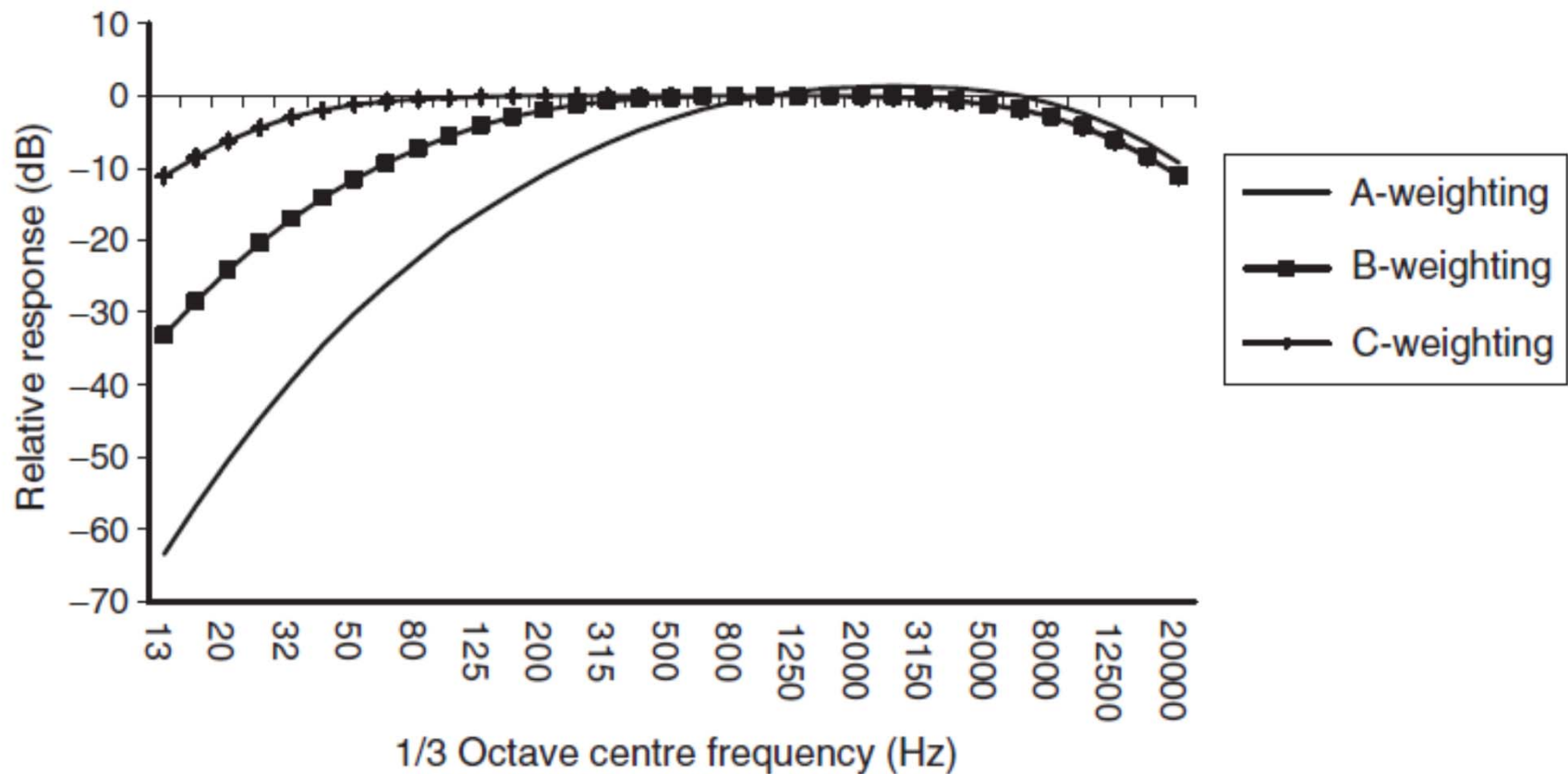
- In engineering terms,
 - 1 dB change in the level of noise represents a 21% reduction in sound power;
 - 3 dB change in the level of noise represents a 50% reduction in sound power;
 - 10 dB change in the level of noise represents a 90% reduction in sound power;
 - 20 dB change in the level of noise represents a 99% reduction in sound power.
- Seeking reductions in sound level from industrial machines and vehicles of more than 1 or 2 dB requires very significant engineering effort.

Frequency weightings

- A-weighting is the standard weighting for outdoor community noise measurements and is commonly used for noise measurements within architectural spaces and within vehicles.
- The A-weighting reduces the sensitivity of the measuring instrument to both low and very high frequency sounds. It approximately follows the inverted shape of the equal loudness contour passing through **40 dB at 1 kHz**.

- The 'B'-weighting which approximately follows the inverted shape of the equal loudness contour passing through **70 dB at 1 kHz.**
- The 'C'-weighting which approximately follows the inverted shape of the equal loudness contour passing through **100 dB at 1 kHz.**

Frequency weightings



Frequency weightings

- A-weighted sound pressure level L_A (dBA) as it is prescribed for use in the exterior noise type approval test and it serves the useful function of suppressing the unwanted influence of both wind noise around the microphone and low frequency 'thumps' (caused by handling the microphone or bumps in the road).

Frequency weightings dB(A) example

Relative Response (dB)	Frequency (Hz)								
	31.25	62.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000
dB(A)	-39.4	-26.2	-16.1	-8.6	-3.2	0	1.2	1	-1.1
dB(B)	-17	-9	-4	-1	0	0	0	-1	-3
dB(C)	-3	-0.8	-0.2	0	0	0	-0.2	-0.8	-3

Octave band, Center Frequency (Hz)	62.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Measured Sound Pressure Level (dB)	54	60	64	53	48	43	39	32
dB(A) filter (dB)	-26	-16	-9	-4	0	1	1	1
Resulting Sound Pressure Level (dB)	28	44	55	49	48	44	40	31

Frequency weightings

	Octave Band Center Frequency (Hz)								
	31.25	62.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Measured or Estimated Sound Pressure Level dB	30	54	60	64	53	48	43	39	32
Resulting with dB(A) filter	0	27.8	43.9	55.4	49.8	48	44.2	40	30.9
Resulting with dB(B) filter	13	45	56	63	53	48	43	38	29
Resulting with dB(C) filter	27	53.2	59.8	64	53	48	42.8	38.2	29
dB(A) filter	-39.4	-26.2	-16.1	-8.6	-3.2	0	1.2	1	-1.1
dB(B) filter	-17	-9	-4	-1	0	0	0	-1	-3
dB(C) filter	-3	-0.8	-0.2	0	0	0	-0.2	-0.8	-3

Time Weightings

- **Fast** having an exponential time constant of 125 ms, corresponding approximately to the integration time of the ear (sounds of duration less than around **125 ms do not register their full loudness with the average human subject**).
- **Slow** having an exponential time constant of 1 s to allow for the average level to be estimated by eye with greater precision.



Time Weightings

- **Peak** Time Weighting having an exponential time constant of below 100 microseconds to respond as quickly as possible to the true peak level of transient sounds.



Time Weightings

- Impulse Time Weighting
 - It's about four times faster than **Fast** (35 milliseconds)
 - **35 ms** while the signal level is increasing or **1,500 ms** while the signal level is decreasing.
 - This is due to mirror the ear's response to impulsive sound.



Analysis and presentation of noise data

- 1. single-value indices
- 2. frequency-dependent indices.

Single-value index methods-Pressure time history

- This is a two-dimensional plot of calibrated pressure (Pa) on the vertical axis against time is on the horizontal axis. Such plots are useful as a preliminary check on the quality of the data (checking for 'clipping' of the peaks, etc.). Such plots are most commonly used to publish data from cyclic processes

Root mean square pressure (P_{rms})

f = frequency (Hz)

The time average $\bar{y}(T)$ over period $T(s)$ of the signal $y(t)$ is given by

$$\bar{y}(T) = \frac{1}{T} \int_0^T y(t) dt$$

So the mean square value y_{rms}^2 is

$$y_{\text{rms}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T y^2(t) dt$$

Sound pressure level

- $L_P = 20 \log_{10} \left[\frac{P_{rms}}{P_{ref}} \right] dB$

$$P_{ref} = 20 \times 10^{-6} Pa \text{ rms}$$

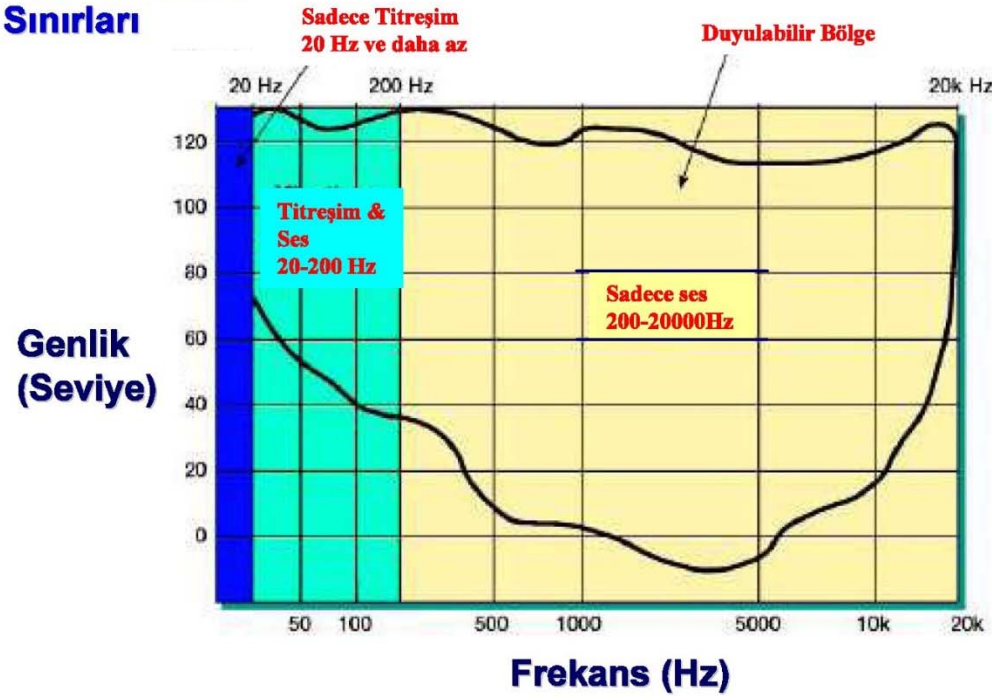
- Noise is defined as any unpleasant or unexpected sound created by a vibrating object and has an increasing importance to vehicle users and environments.
- Vibration is defined as any objectionable repetitive motion of an object, back-and-forth or up-and-down and represents an important issue closely related to reliability and quality of the vehicle.
- Harshness 😊

Percent contribution of different noise sources
into total noise

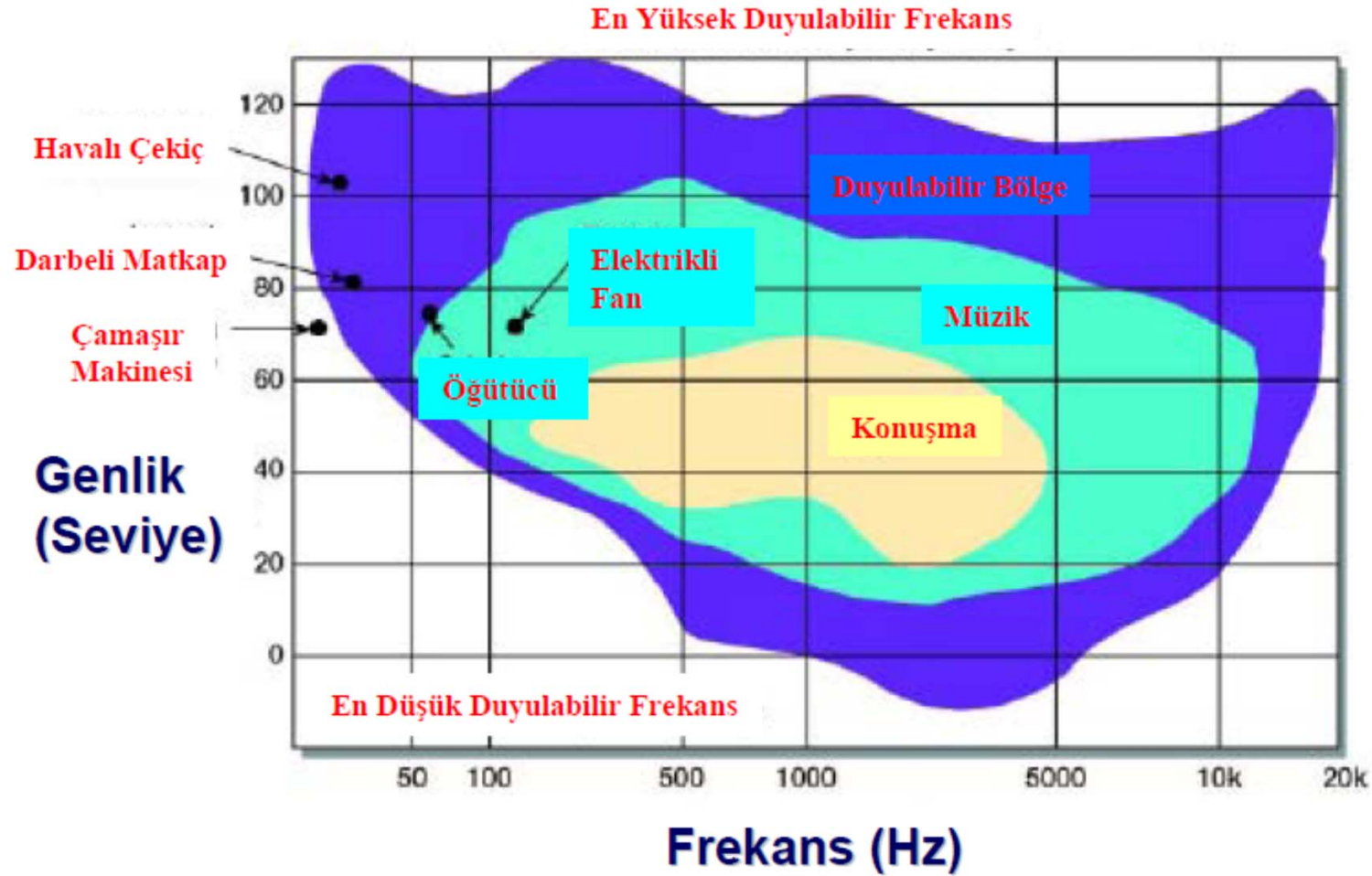
Sr. No	Source	% Contribution
I	Engine	22 to 30
II	Exhaust system	25 to 35
III	Intake system	05 to 15
IV	Fan and cooling system	07 to 15
V	Transmission	12 to 15
VI	Tires	09 to 15

GÜRÜLTÜ ve TİTREŞİM SİNYALLERİ

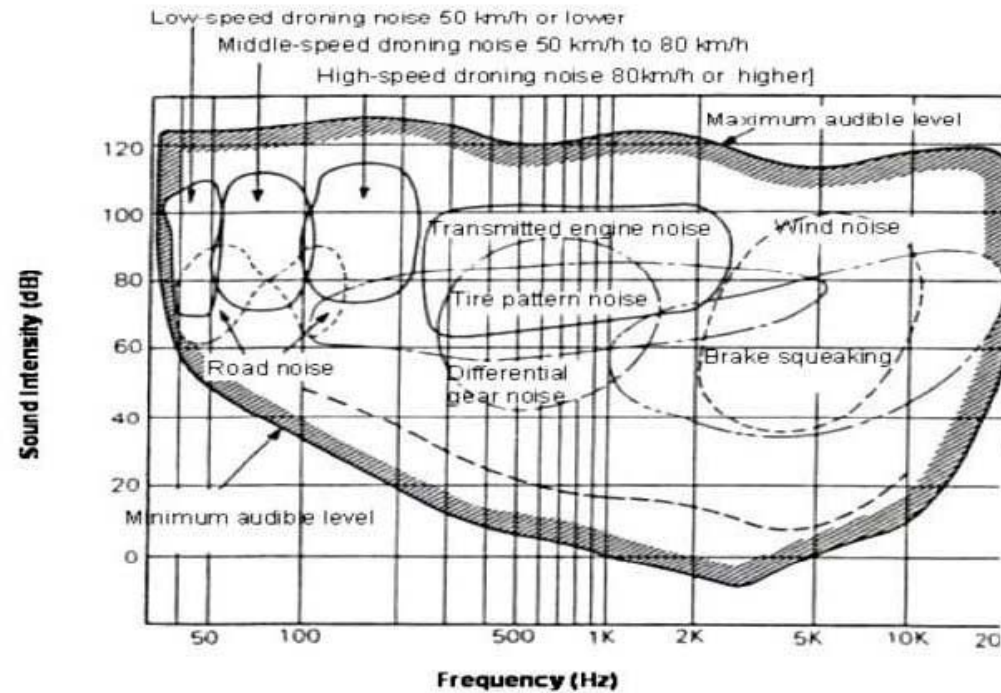
Titreşim ve Sesin Frekans Sınırları



GÜRÜLTÜ ve TİTREŞİM SİNYALLERİ



GÜRÜLTÜ ve TİTREŞİM SİNYALLERİ



TAŞITLARDA TİTREŞİM ve GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI

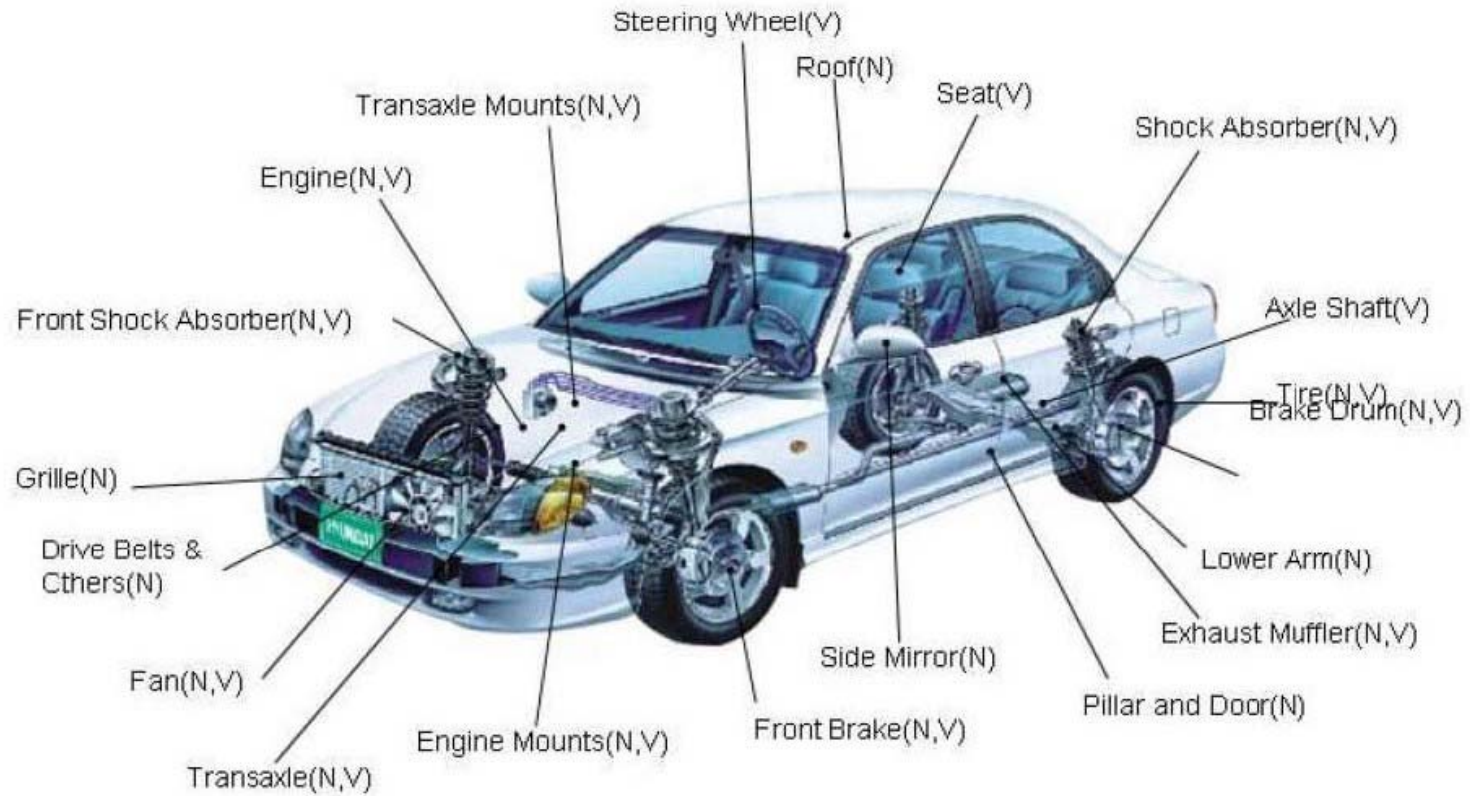
Bir taşıtın gürültü ve titreşiminden kaynaklanan sorunlar iki ana başlığa bölünebilir:

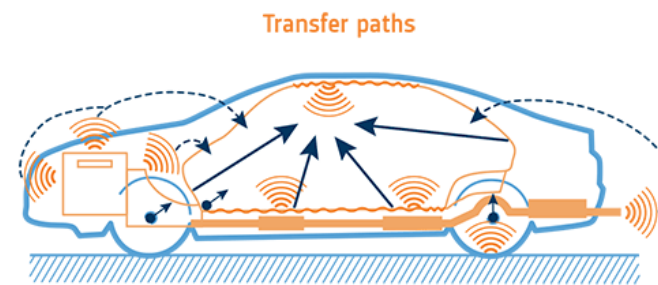
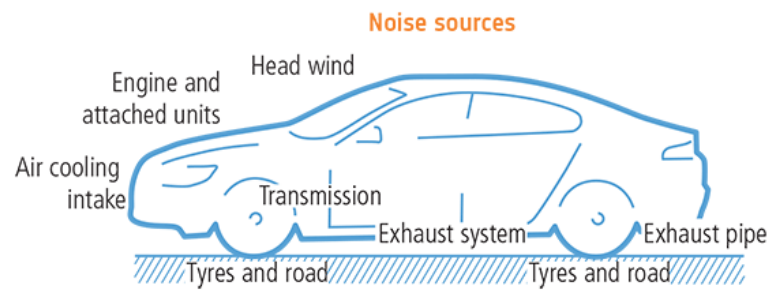
- Taşıtın içinde; sürücü ve yolcuları etkileyen gürültü ve titreşimler
- Toplum üzerinde bir çevre sorunu şeklinde etkisi olan dış gürültü

İç Gürültü, taşıtın tüm iç yüzeylerinin karmaşık titreşimlerinden kaynaklanır. Taşıt gövdesi, *akustik enerji*'nin taşıt içerisine dağıtılması yoluyla iç gürültünün oluşması ve artmasındaki temel etmendir.

Dış gürültü ise *motor, tekerlek ve yol*'dan kaynaklanan gürültünün, *bordür vb.* etmenlerle yansıtılması sonucu daha da arttırılmasından kaynaklanır.

TAŞITLARDA TİTREŞİM ve GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI





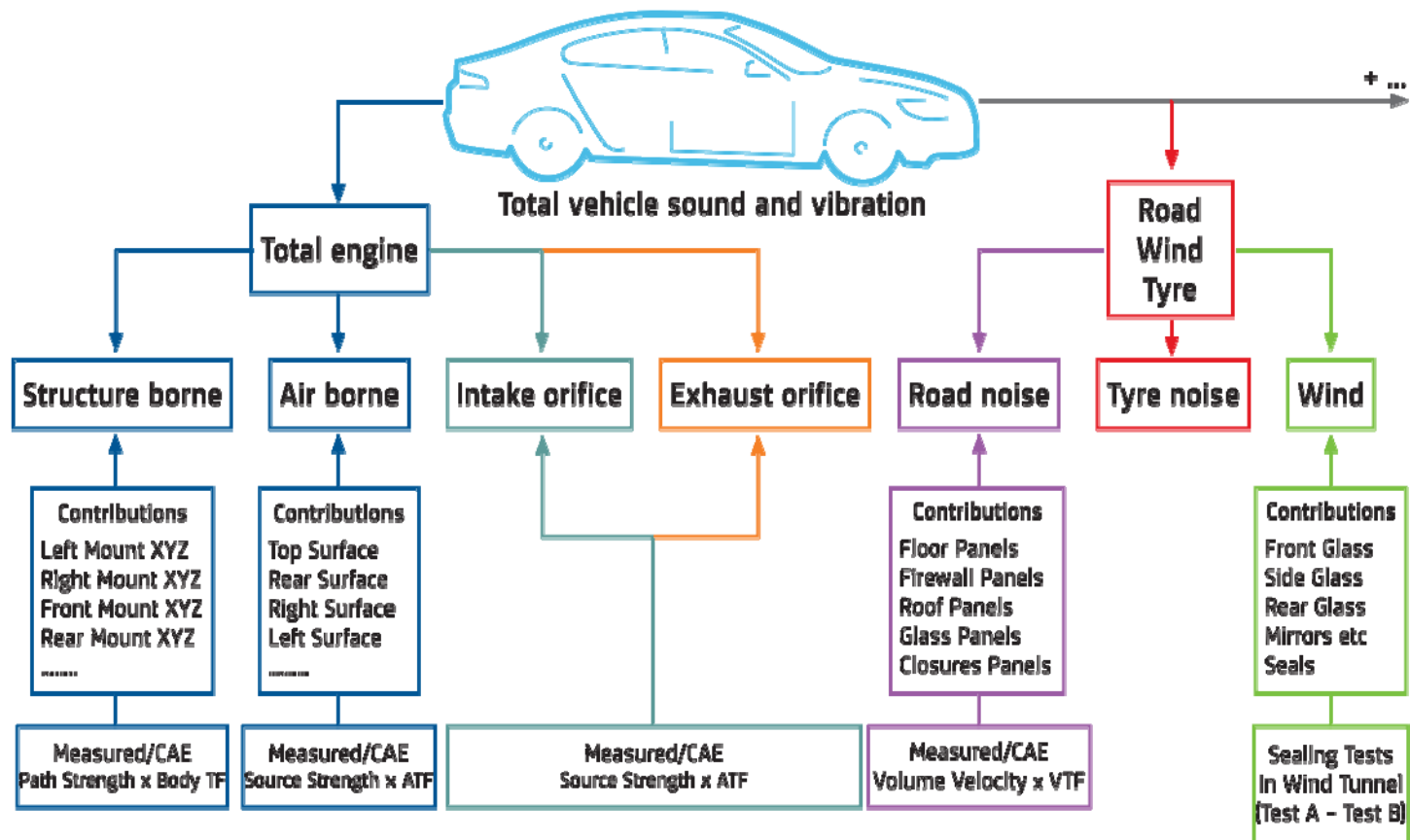
 Airborne noise source

 Vibration transfer path

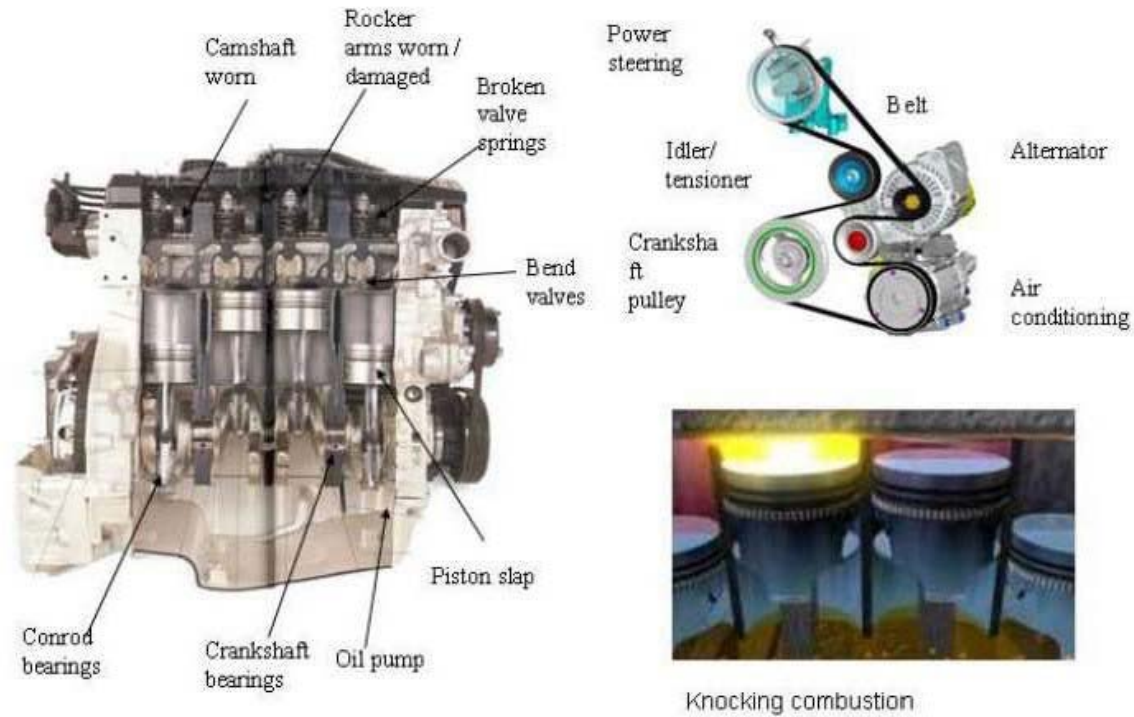
 Car body vibration

 Car body noise emission

 Airborne noise transfer path



Motor Gürültüsü ve Titreşimi



Motor Gürültüsü ve Titreşimi

- Emme Gürültüsü
- Yanma Gürültüsü
- Tork Değişimi ve Dönme Düzensizlikleri

- Emme Gürültüsü
 - ⌘ Havanın motora emilmesi ve Hava akışının emme supaplarında periyodik olarak kesilmesinden kaynaklanan ve emme manifolduna yansıyan basınç darbeleri şeklinde oluşan Aerodinamik gürültüdür.
 - ⌘ Geniş bantlı bir gürültü şeklidir
 - ⌘ Motorun yüksüz durumundan tam yük durumuna kadar 10-15 dB' e kadar ek gürültü oluşturur

Motor Gürültüsü ve Titreşimi

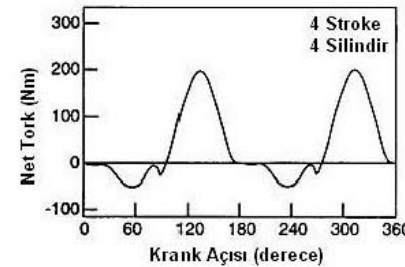
■ Yanma Gürültüsü

- Hava / Yakıt karışımının silindirler içindeki detonasyonu sonucu doğar
- **Başlangıç frekansı 4 Silindirli ve 4 Stroklu bir motor için dönme hızının 2 katıdır**
- Çok sayıda harmonik üretilir

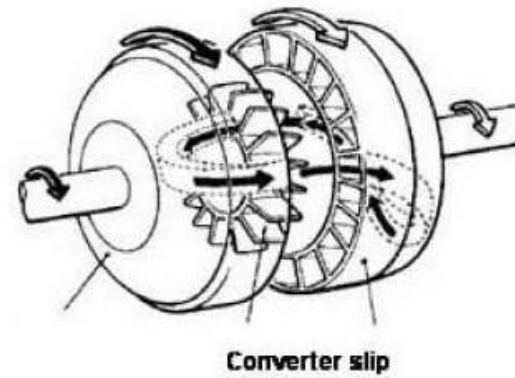
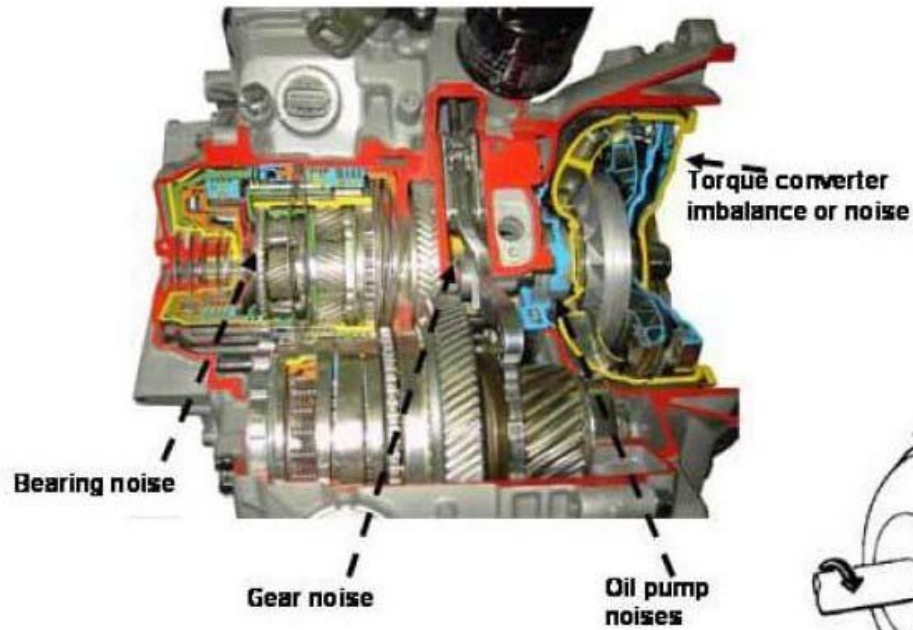
■ Tork Değişimi ve Dönme Düzensizlikleri

- Pistonlu motorlarda güç, çevrimsel bir işlemle üretilir
- **Bu şekilde Motor tork çıkışında kararlı bileşenlere ek olarak üst üste binen tork değişimleri de gerçekleşir**
- İleri-Geri ve Dönen kütlelerin düzensizlikleri sonucu bağlantılar yoluyla taşıt gövdesine kuvvet ve momentler iletilir

Tipik bir 4-stroklu, 4 silindirli motordaki tork değişimleri



Vites Kutusu ve Şaft



Vites Kutusu ve Şaft

- Dişli Gürültüsü
- Dengelenmemiş Kütle
- İkincil Karşı Kuvvetler
- Dişli Gürültüsü
 - ⌘ Diş yüzeylerinin birbirleriyle sürtünmesinden kaynaklanır
 - ⌘ Hız değerinin her ikiye katlanmasında ~6-8 dB arası bir gürültü artışı oluşur

Egzost Sistemi

- ⇒ İçten yanmalı motorlarda en ağır basan gürültü kaynağıdır
- ⇒ Egzos gazının subaptan periyodik ve ani şekilde atılması ile oluşur
- ⇒ Gürültü hava kaynaklı da olsa, boruların titreşimi bağlantılar yoluyla taşıt yapısına da geçer
- ⇒ Egzost Sistemi Susturucu bir sistem ile bütünleşiktir
- ⇒ Gürültü seviyesi; *motor tipine, supapların yerleşimine, zamanlamasına ve ateşleme frekansının** değişmesine bağlıdır
- ⇒ Yüksüz durumdan tam yük durumuna kadar **~10–15 dB** gürültü artışı gerçekleşir

**Ateşleme frekansı 4 stroklu bir motor için = (motor hızı/60))*(silindir sayısı/2)*

Yoldan İndüklenen Gürültü ve Titreşim

- ⇒ *Yol Yüzeyi ile Taşıt Tekerleklerinin* etkileşiminden kaynaklanır
- ⇒ Bu etkileşim atmosfere yayılan *yol yüzeyi gürültüsünü* üretir
- ⇒ Aynı etkileşim sonucu *Tekerlek Titreşimleri*, süspansiyon sistemi yoluyla taşıt yapısına aktarılırken, atmosfere yayılan gürültünün bir kısmı da tekerlek titreşimlerin kaynaklanır

Yol Yüzeyi-Tekerlek etkileşimi şu faktörlerle gerçekleşir:

- ⇒ Yol Yüzeyi Pürüzlülüğü
 - Kayma direnci sağlayan mikro düzensizlikler
 - Yol yapısı: Bakım zamanında limitlere ulaşılmasından kaynaklanan çukur gibi makro düzensizlikler
- ⇒ Tekerlek Diş Desenleri
- ⇒ Tekerleğin Asimetrik Özellikleri
 - Dengelenmemiş Kütle
 - Boyutsal Değişimler
 - Bölgesel sertlik değişimleri