

Novomec Mühendislik Hizmetleri

Araç Gürültü ve Titreşim (NVH) Geliştirme



Sektör Tecrübesi

Aşağıda gösterilen araç sınıflarında NVH geliştirme tecrübesi bulunmaktadır.

Ticari Araçlar

Hafif



Orta



Treyler



Binek Araçlar

SUV



Arazi Araçları

Traktör



Askeri Araçlar

Yüzer Köprü



Midibüs



Şehirler Arası Otobüs



Elektrikli Araçlar



Pick-up



İş Makineleri



Şehir İçi Otobüsü



Ağır Kamyon



Servisler ve Ürünler

Araç NVH geliştirmenin tüm fazlarında test tabanlı NVH geliştirme hizmetleri.

Yeni Araç Programları NVH Geliştirme Çalışmaları



Mevcut Araç Programlarında NVH Geliştirme Çalışmaları



- Benchmark ve Hedef Belirleme
- Geliştirme ve Hedeflerin Tutturulması
- Tasarım Doğrulama ve Sign-off

- Kaliye İyileştirme
- Müşteri NVH Problemlerinin Çözülmesi
- Maliyet Azaltma vs. NVH
- İmalat Hattı NVH Kalite Gözlememesi



Ön-Program NVH Geliştirme Çalışmaları



Sanal Prototip CAE-tabanlı NVH Geliştirme Çalışmaları



Fiziksel Prototip Test-tabanlı NVH Geliştirme Çalışmaları



NVH Durum Gözleme ve Geliştirme İterasyonları



Komponent Kaynaklı NVH Problemlerinin Çözülmesi



Araç Akustik Yalıtım ve Akustik Paket Stratejisi



Gürültü İletim Yolu Testleri (TPA)



Araç Rüzgar Gürültüsü Değerlendirme



Hat Araçlarında İstatistiksel NVH Kalite Gözleme

Partnerler üzerinden

ÖN-PROGRAM NVH GELİŞTİRME ÇALIŞMALARI

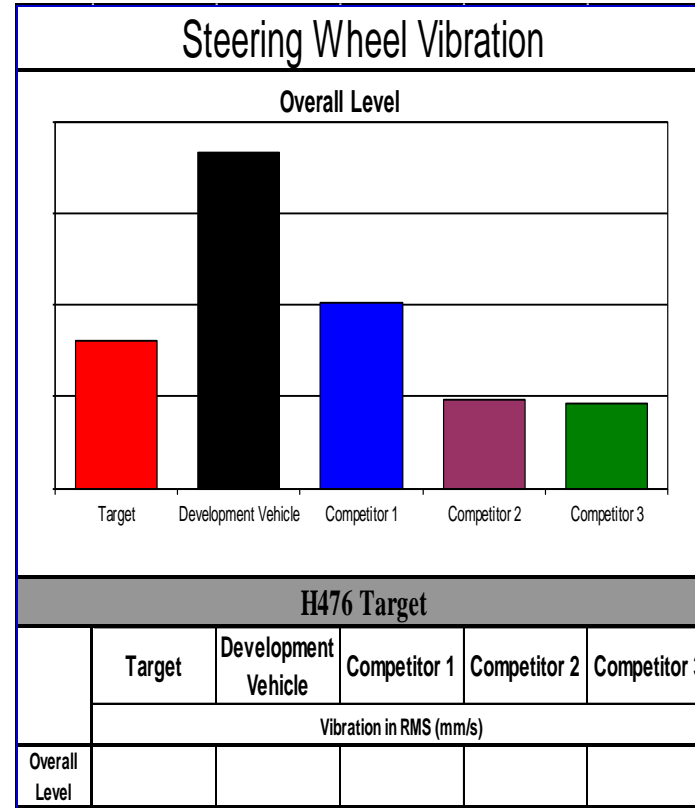
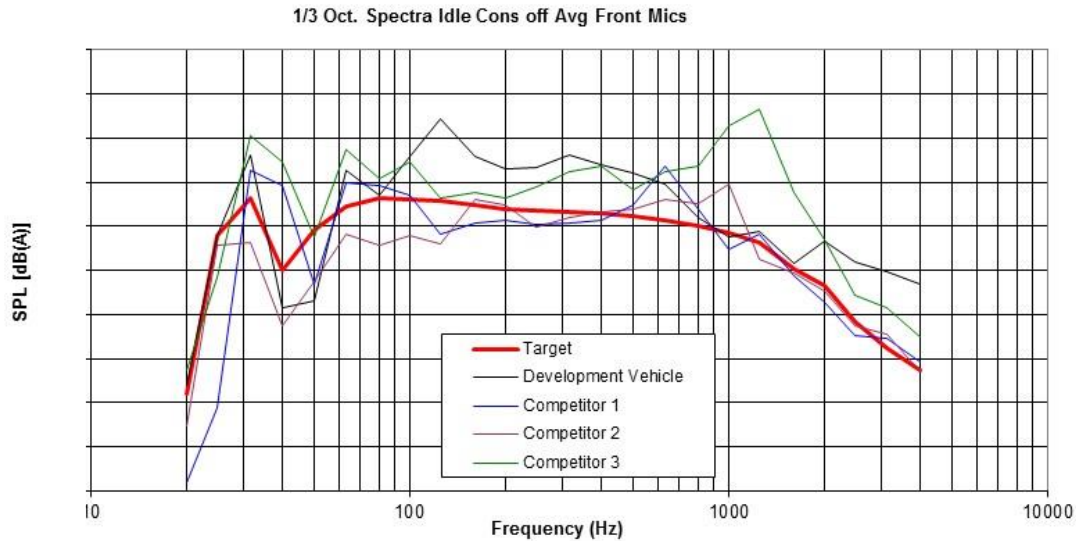
- 1) Objektif ve Subjektif Değerlendirmeli NVH Benchmark Çalışmaları
- 2) Araç NVH Heseplerinin Belirlenmesi
- 3) NVH Geliştirme Aksiyon ve Zaman Planının Oluşturulması
- 4) Araç NVH Geliştirme Eğitimleri
- 5) NVH Test Sistemleri Yatırımları

NVH BENCHMARK ÇALIŞMALARI

AMAÇ: Farklı işletme koşullarında aracın rakip araçlara göre NVH seviyesinin objektif testlerle ölçülmesi ve kıyaslanması (İvmelenme, Sabit Hız, Rölanti vb.)

ÇIKTILAR: Objektif NVH testleri ve veri analizi:

- Toplam İç Gürültü Seviyeleri
- 1/3 Oktav Spektrumları
- Articulation Index (Psychoacoustics)
- Direksiyon, koltuk, taban sacı titreşimleri
- vb.

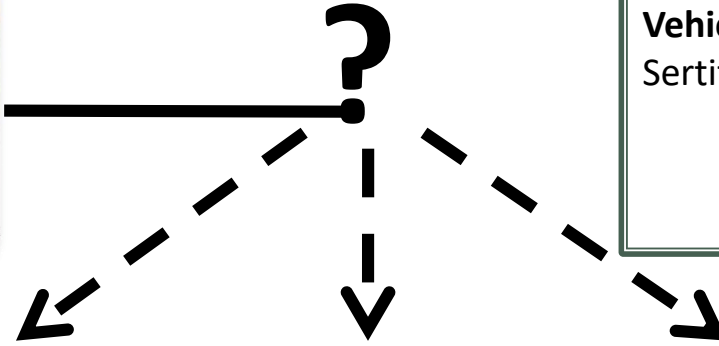


NVH BENCHMARK ÇALIŞMALARI

→ **AMAÇ:** Geliştirilecek araç alt modeli ile tüm rakiplerin sübjektif NVH değerlendirmelerinin SAE J 1060 J2 skalasına göre yapılması.

→ **YAPILANLAR:**

- Eğitimli NVH gözlemcisi araçları tüm NVH niteliklerine göre değerlendirir.
- Tüm **signal state** ve **error state** gürültü ve titreşimler hassasiyet skalasına göre değerlendirilerek puanlanır. (**SAE J 1060 J2**).



Ford Motor Company Belçika tarafından verilen «**Subjective Vehicle Evaluation and Rating**» Sertifikası bulunmaktadır.



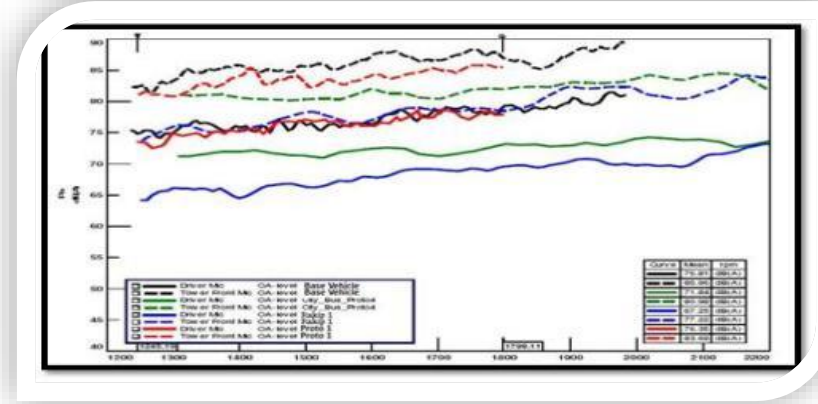
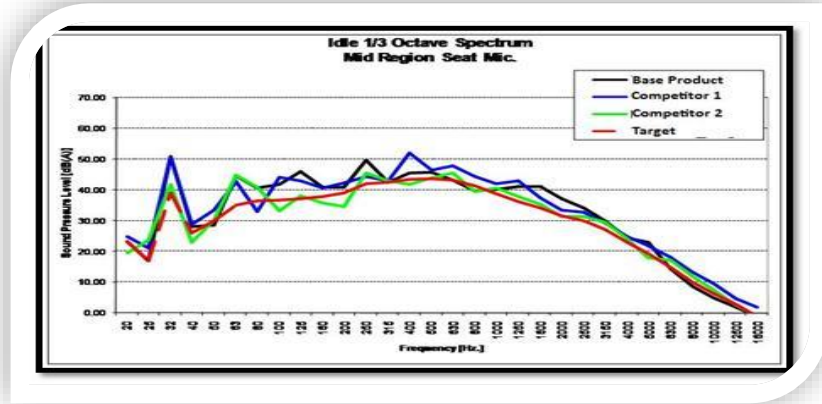
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Attribute Performance	Not Acceptable		Poor		Borderline	Acceptable	Fair	Good	Very Good	Excellent
Customer Perception	Very Dissatisfied				Somewhat Dissatisfied	Fairly Well Dissatisfied		Very Satisfied	Completely Satisfied	
Perceptible By	All Customers			Average Customer		Critical Customer		Trained Observer		Not Perceptible

ARAÇ NVH HEDEFLERİNİN BELİRLENMESİ

→ **AMAÇ:** Araç NVH hedeflerinin belirlenmesi

→ **YAPILANLAR:**

- Mevcut aracın rakiplerine göre NVH durumunun objektif olarak belirlenmesi ve firma vizyonuna göre NVH hedeflerinin belirlenmesi.



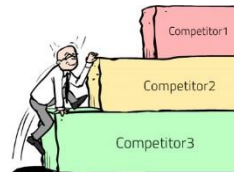
- Firma vizyonuna göre geliştirilecek aracın NVH hedeflerinin belirlenmesi

B = Sınıf Lideri

A = Liderler Arasında

C = Rekabet Edebilir

U = Rekabet Edemez



NVH GELİŞTİRME AKSİYON PROGRAMININ HAZIRLANMASI

→ **AMAÇ:** Araç geliştirme aksiyon ve zaman planının oluşturulması.

→ **YAPILANLAR:**

NVH CAE NVH CAE Çalışmalarının Planlanması

- Kısmi araç modeli
- Full araç modeli
- CAE Target Book ve Analizlerin Yapılması

NVH Test NVH Test Çalışmalarının Planlanması

- Parça Gereksinimleri
- Tasarım Ekiplerinden Gerekecek Destek
- İmalatçılardan Gerekecek Destek

ARAÇ, ŞASI VE POWERTRAIN NVH EĞİTİMLERİ

→ **AMAÇ:** Program öncesinde veya sırasında ekiplere NVH eğitimlerinin verilmesi.

ARAÇ NVH GELİŞTİRME

- Araç NVH Farkındalığı ve Temel Kavramlar
- Psiko-akustik Kavramlar ve Analizler
- Akustik Paket Seçimi ve Testleri
- Transfer Path Analysis (TPA)
- NVH Testleri ve Dijital Sinyal İşleme
- Araç Üzerinde Uygulamalar

F. Okan Tandogan
Novomec Engineering, Istanbul/TURKEY

ŞASI VE POWERTRAIN NVH GELİŞTİRME

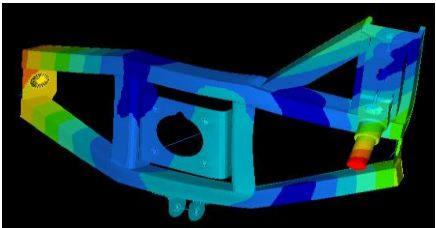
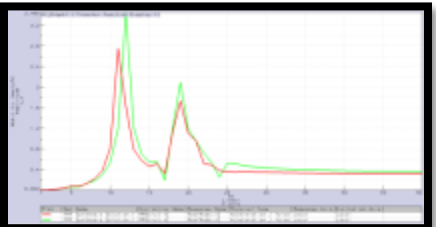
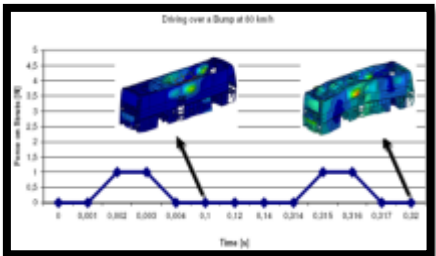
- NVH Temel Kavramlar
- Lastik ve Fren NVH
- Driveline NVH
- Motor NVH
- İzolatör Davranışları
- İzolatör Tasarımı
- İzolasyon Stratejileri
- Gelişmiş İzolatörler
- Burulma Titreşimleri
- Hibrid ve Elektrikli Araç NVH

Mark Daly
NVH Experts, Michigan/USA

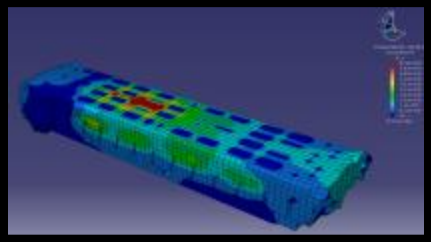
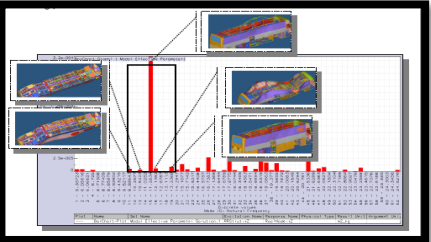
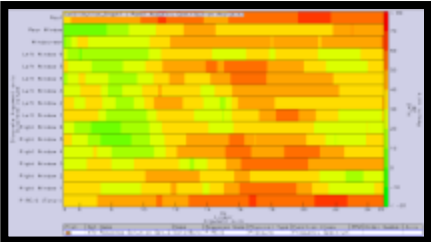
SANAL PROTOTİP CAE-TABANLI ARAÇ NVH GELİŞTİRME

- 1) Araç NVH CAE Modellerinin Hazırlanması
- 2) Araç Modal Ayrıştırma ve Yapısal Analizleri
- 3) Powertrain Modal Ayrıştırma Analizleri
- 4) Alt-sistem Modal Analizleri
- 5) Modal Katkı Analizleri
- 6) Panel Katkı Analizleri
- 7) Trimlenmiş Gövde Yapısal Analizleri
- 8) NVH Problemleri için Tasarım İterasyonları (Testler ile hibrit olarak)

SANAL PROTOTİP CAE-TABANLI ARAÇ NVH GELİŞTİRME

Analysis	Pre-Processor	Solver	Post-processor	Outcome
Modal Analiz	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hypermesh ✓ ANSA 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nastran ✓ Radioss 	<p>Hyperview, Meta</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Rezonans frekansları • Sönüm • Mod Hareketleri
Frekans Tepki Fonksiyonları	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hypermesh ✓ ANSA 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nastran ✓ Radioss ✓ Virtual Lab 	<p>Hypergraph, Virtual Lab</p> 	<p>Frekans domaininde aracın yapısal NVH tepkilerinin hesaplanması (NTF, VTF, IPM)</p>
Anlık Tepki Analizleri	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hypermesh ✓ ANSA 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nastran ✓ Radioss 	<p>Hypergraph</p> 	<p>Zaman domaininde aracın anlık girdilere olan tepkisinin hesaplanması</p>

SANAL PROTOTİP CAE-TABANLI ARAÇ NVH GELİŞTİRME

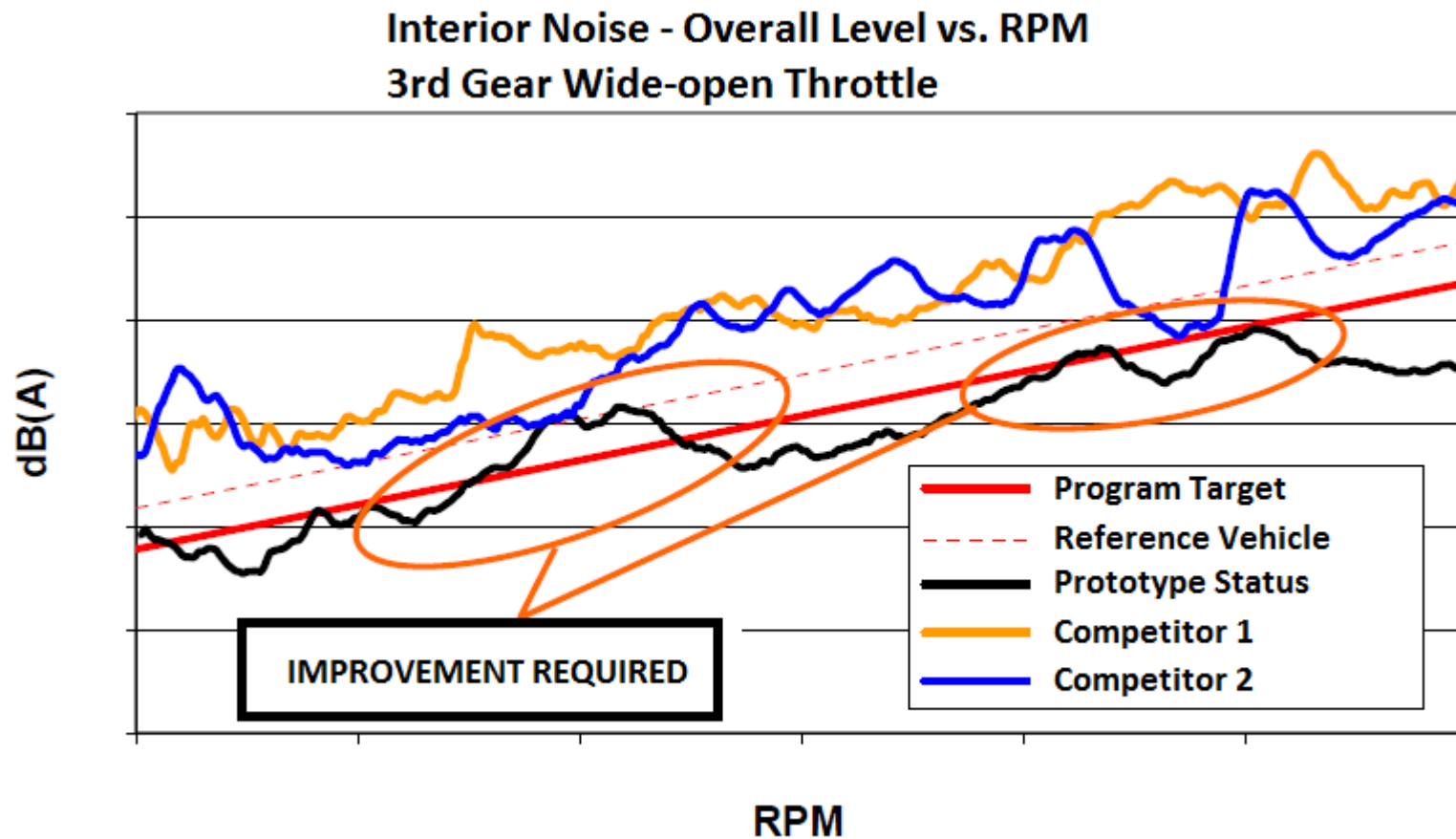
Analysis	Pre-Processor	Solver	Post-processor	Outcome
Akuple Akışkan-Yapı Analizleri	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hypermesh ✓ ANSA ✓ Sofy 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nastran 	<p>Virtual Lab</p> 	Gürültü analizleri
Modal Katkı Analizleri	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hypermesh ✓ ANSA 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nastran ✓ Radioss 	<p>Virtual Lab</p> 	Yapıların frekans tepkisine farklı modların katkılarının hesaplanması
Panel Katkı Analizleri	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hypermesh ✓ ANSA 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nastran ✓ Radioss 	<p>Virtual Lab</p> 	Yapıların frekans tepkisine panellerin katkılarının hesaplanması

FİZİKSEL PROTOTİP TEST-TABANLI ARAÇ NVH GELİŞTİRME

- 1) Prototip aracın NVH durumunun hedeflere ve rakiplere göre objektif olarak belirlenmesi
- 2) Prototip araç veya araçlar üzerinde tasarım iterasyonlarının testler ile sınanması
- 3) Komponent entegrasyonu kaynaklı problemlerin kök sebeplerinin belirlenmesi
- 4) Gürültü Katkı ve İletim Yolu Testleri (TPA)
- 5) Araç Akustik Paketi Değerlendirmeleri ve Alt-Sistem Seviyesi Testler
- 6) Rüzgar Gürültüsü Değerlendirme

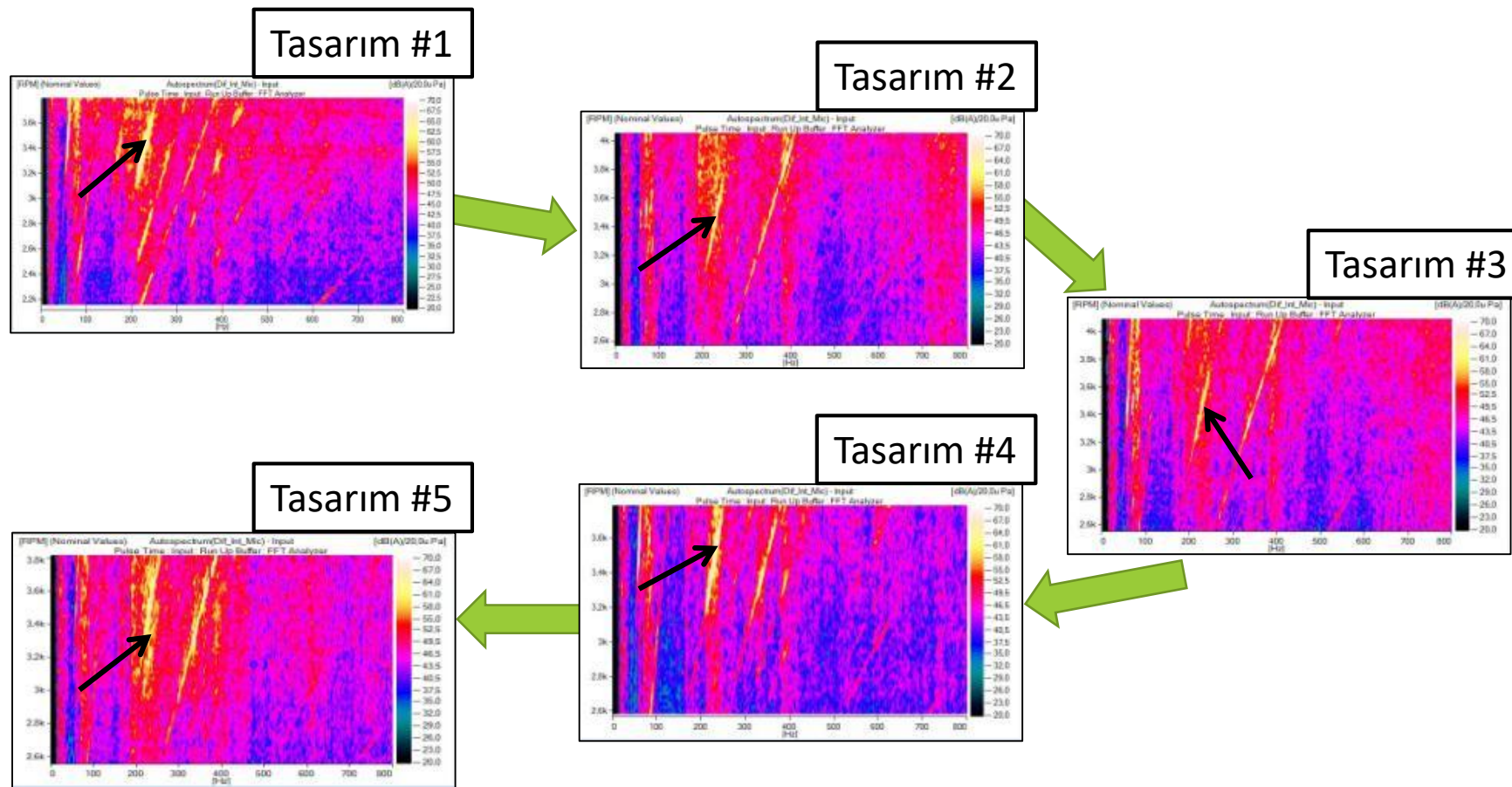
PROTOTİP NVH DURUM BELİRLEME

→ **AMAÇ:** Prototip aracın NVH durumunun hedeflere ve rakiplere kıyaslamalı olarak belirlenmesi.



PROTOTİP ÜZERİNDE NVH İTERASYONLARI

AMAÇ: Planlanan NVH geliştirme aksiyonlarının (yapısal iyileştirmeler, geliştirilen komponentler vb) NVH testleri ile araca etkisinin NVH testleri ile belirlenmesi.



KOMPONENT KAYNAKLI NVH PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜLMESİ



Emme sistemi gürültüleri



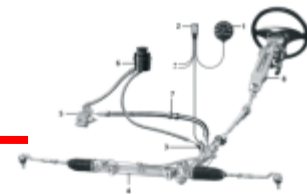
Motor aksesuarları iniltileri



Şanzuman dişli tıkırtısı veya iniltisi



Turbo whine, whistle, whoosh, spool, blow-off, rattle...



Direksiyon sistemi gürültüleri (moan, hiss, grunt...)



Egzoz orifis gürültüsü



Aks iniltisi, kazıntı vb.



Diğer tahrik kaynakları

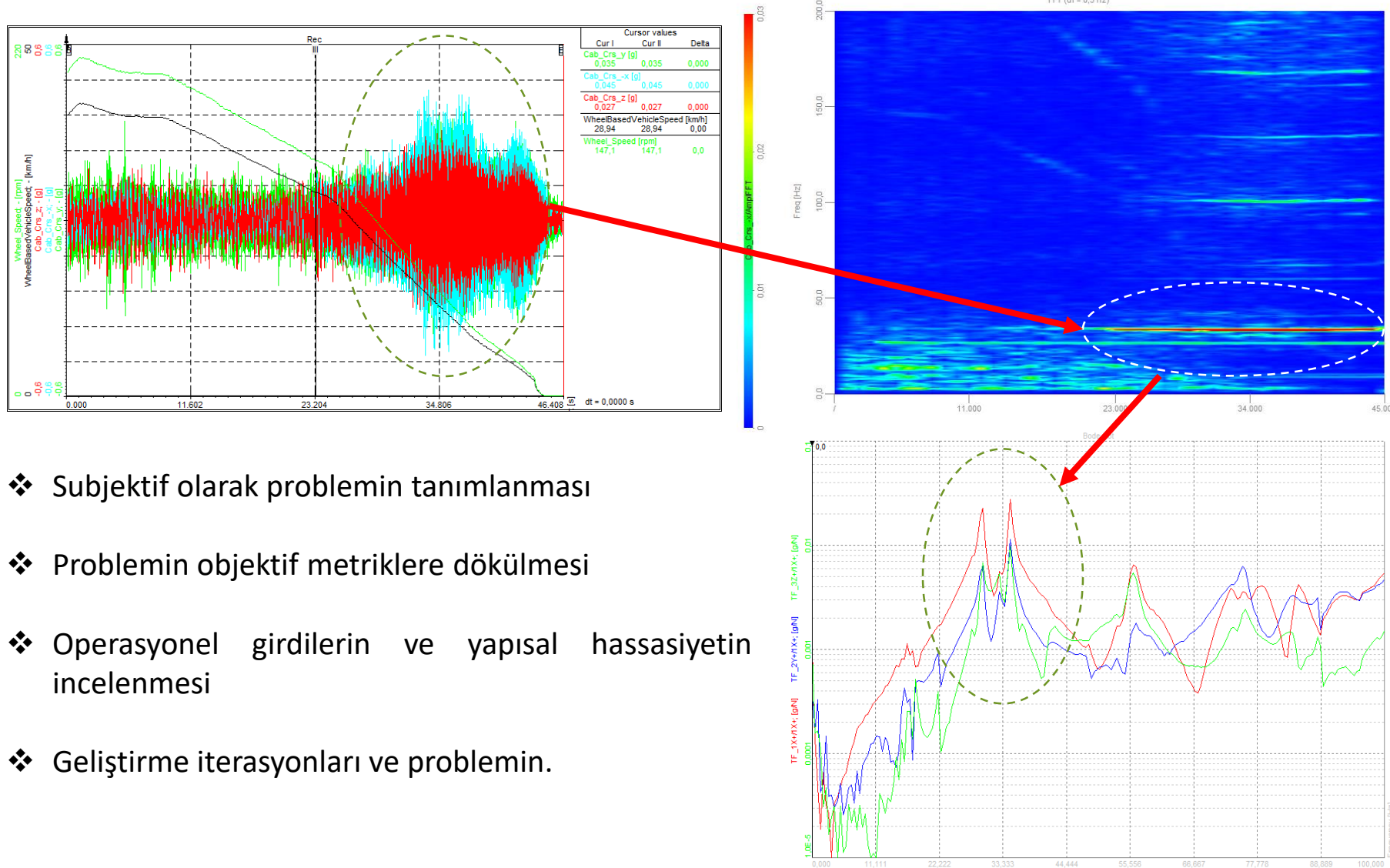
KOMPONENT KAYNAKLI NVH PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜLMESİ

→ **AMAÇ:** Komponent kaynaklı NVH problemlerinin belirlenmesi ve çözülmesi

→ **YAPILANLAR:**

- NVH probleminin tanımının subjektif olarak yapılması
- Tanımlanan NVH probleminin objektif testlerle metriklere dökülmesi
- Tasarım ekipleri ile kısa ve uzun vade çözümlerin tartışılması
- İmalatçılar ile görüşmeler
- İleriye yönelik NVH kalitesi için tasarım önerilerinin tartışılması

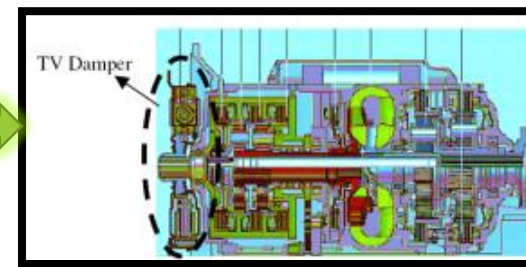
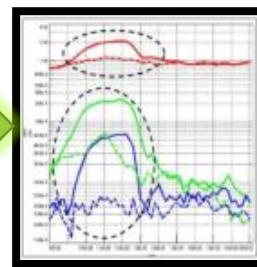
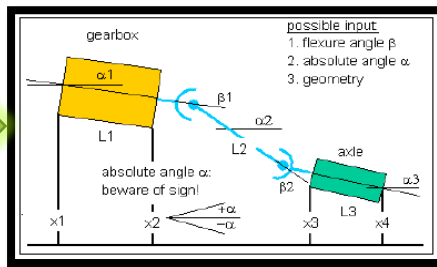
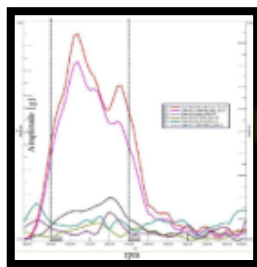
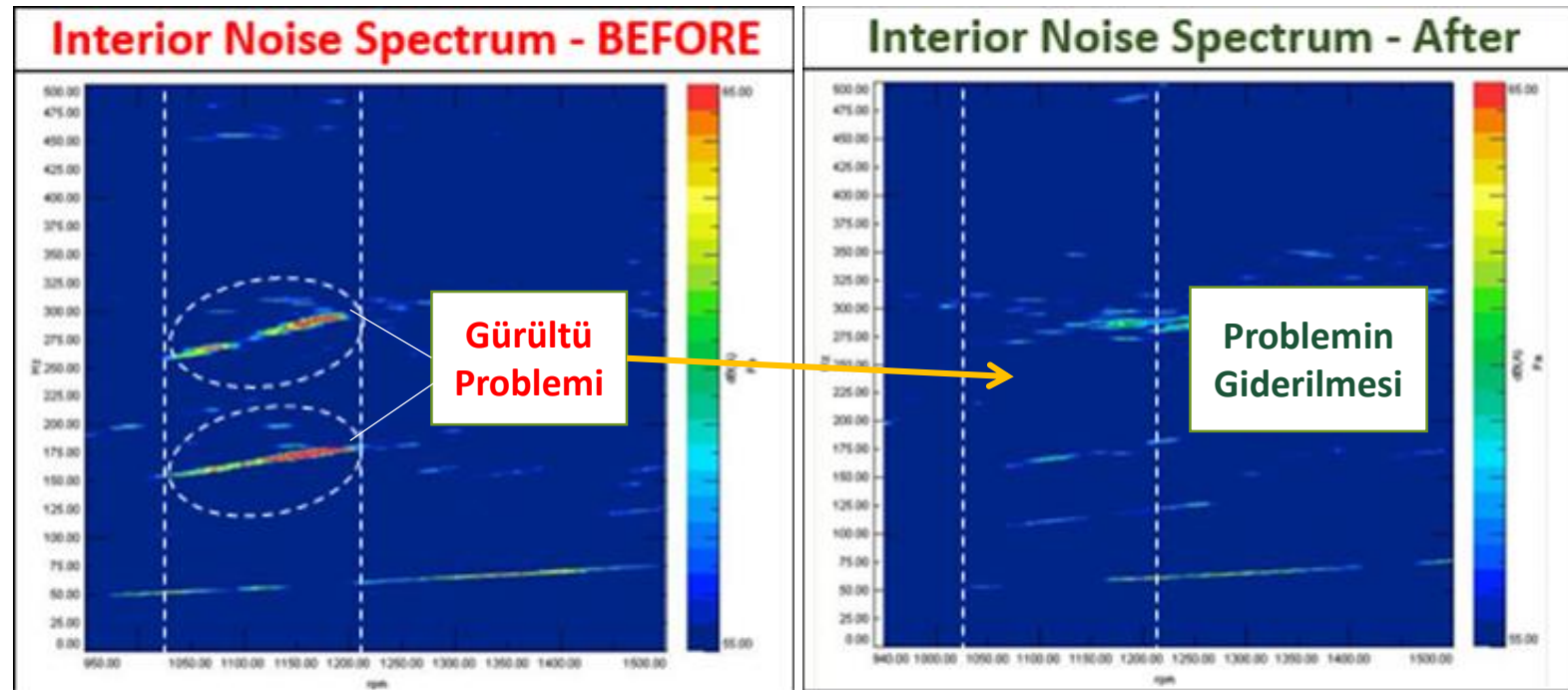
KOMPONENT KAYNAKLI NVH PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜLMESİ



- ❖ Subjektif olarak problemin tanımlanması
- ❖ Problemin objektif metriklerle dökülmesi
- ❖ Operasyonel girdilerin ve yapısal hassasiyetin incelenmesi
- ❖ Geliştirme iterasyonları ve problemin.

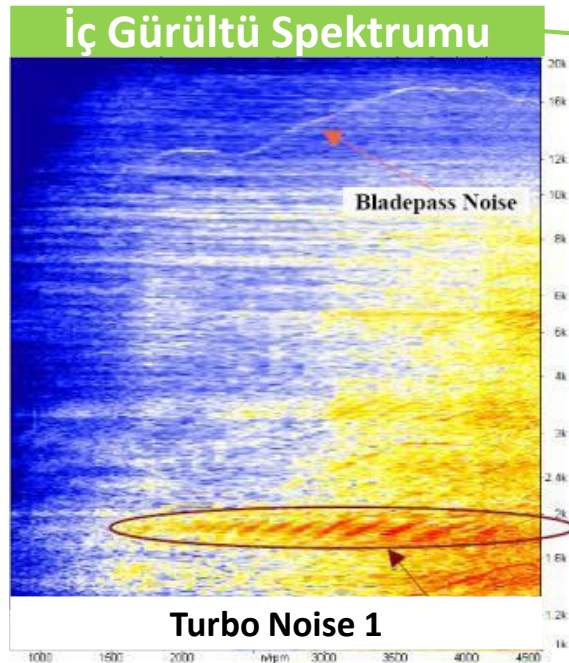
KOMPONENT KAYNAKLI NVH PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜLMESİ

Örnek #1

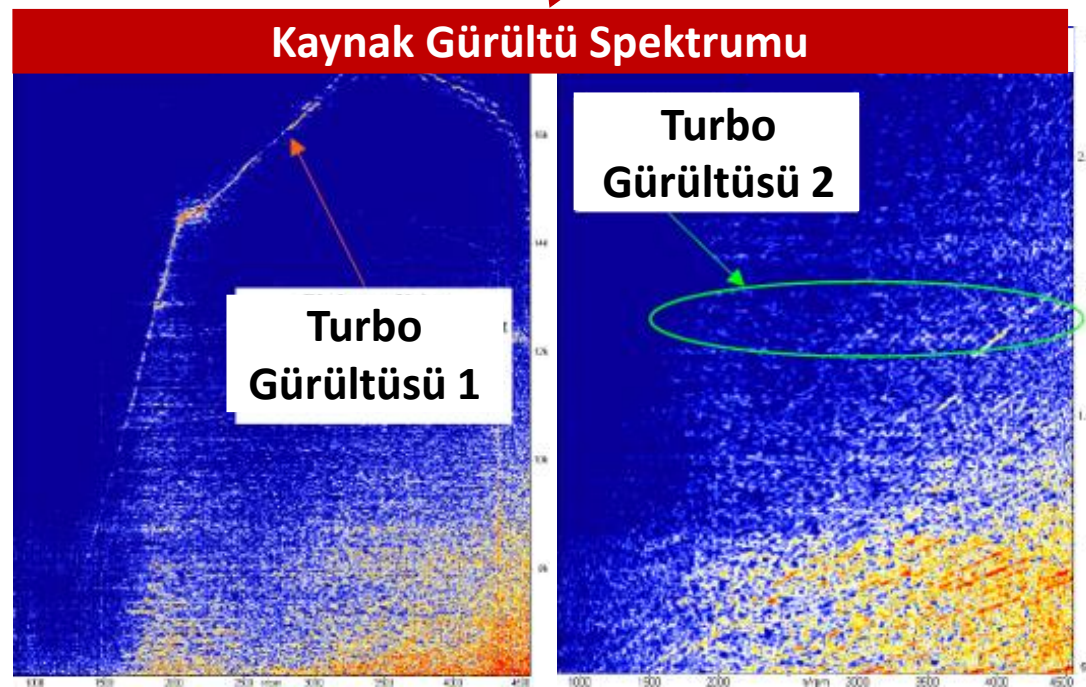


KOMPONENT KAYNAKLI NVH PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜLMESİ

Örnek #2



Objektif testler ile araç seviyesi ve sistem seviyesi arasında korelasyon kurulması

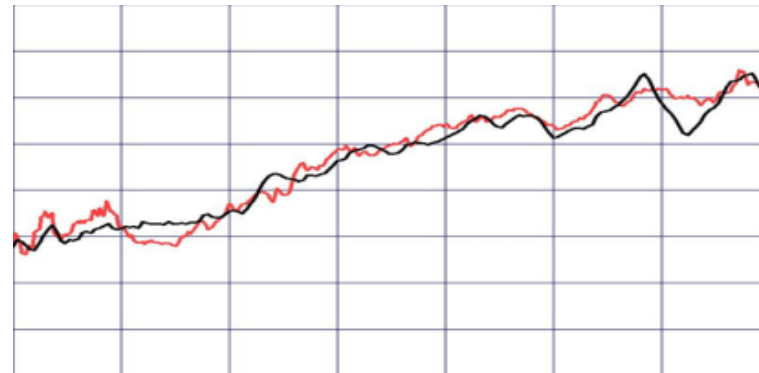
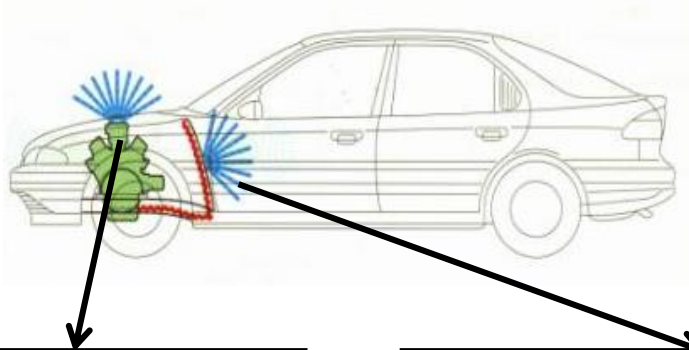


İÇ GÜRÜLTÜ KATKISI VE GÜRÜLTÜ İLETİM YOLU TESTLERİ (TPA)

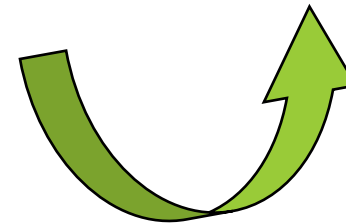
AMAÇ: Tahrik kaynaklarının ve iletim yollarının toplam iç gürültüye katkılarının tek tek belirlenmesi.

YAPILANLAR:

- Birçok farklı araç ve sistem seviyesi operasyonel ve yapısal NVH testlerinin yapılması.
- Test verileri ile TPA modelinin kurulması.



Ölçülen Gürültü
TPA ile Hesaplanan Gürültü



HAVA-TAŞINIMLI

Motor/Egzoz/Hava Emiş
Yayılan Gürültü [dB(A)]

-

Gürültü Düşümü [dB(A)]

+

YAPI-TAŞINIMLI

Motor/Egzoz/Hava Emiş
Yapı-taşınımli Tahrik [N]

x

Gürültü Transfer Fonksiyonu
[dB(A)/N]

İÇ GÜRÜLTÜ KATKISI VE GÜRÜLTÜ İLETİM YOLU TESTLERİ (TPA)

$$v_t = \sum v_k = \sum F_i \cdot H_{t/i}$$

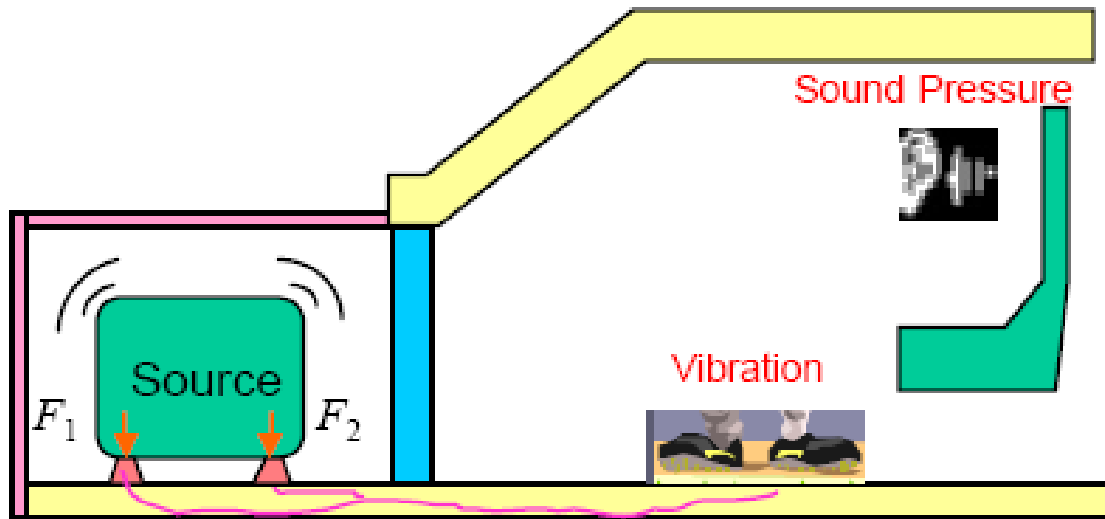


Kısmi Titreşim

$$P_t = \sum P_k = \sum F_i \cdot H_{t/i}$$

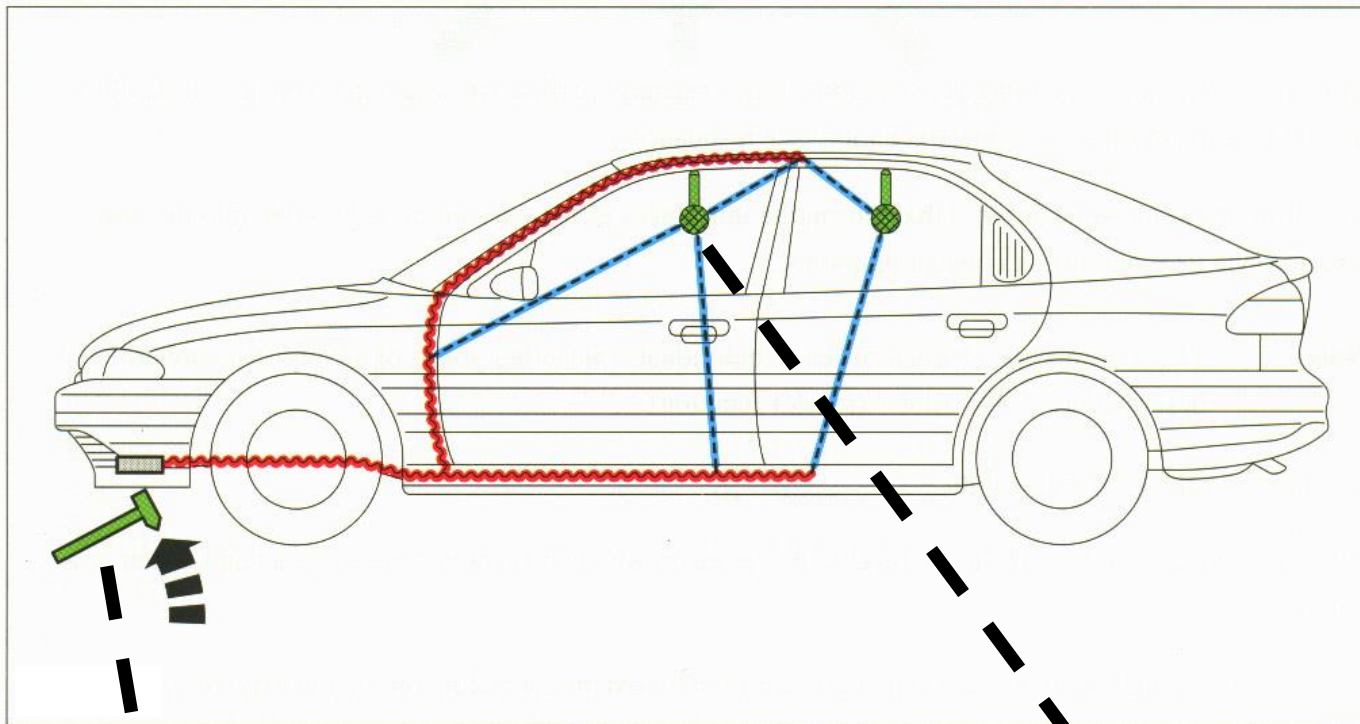


Kısmi Ses Basıncı



İÇ GÜRÜLTÜ KATKISI VE GÜRÜLTÜ İLETİM YOLU TESTLERİ (TPA)

Gürültü ve Titreşim Transfer Fonksiyonlarının Ölçümü



Referans Girdi
Kuvvet_A

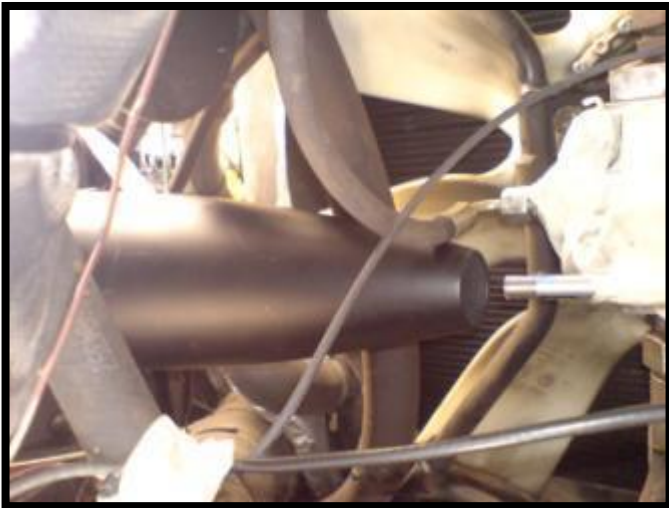
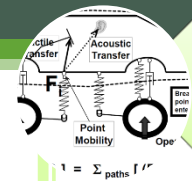
x

Gürültü Transfer
Fonksiyonu_A

=

İç Gürültü

İÇ GÜRÜLTÜ KATKISI VE GÜRÜLTÜ İLETİM YOLU TESTLERİ (TPA)



HAVA-TAŞINIMLI KATKI

1. Hacim İvmelenmesi Transfer Fonksiyonu (VATF)
2. Motordan Yayılan Gürültü
3. Egzozdan Yayılan Gürültü
4. Hava Emiş Sisteminden Yayılan Gürültü

ARAÇ GÜRÜLTÜ DÜŞÜM ÖLÇÜMLERİ

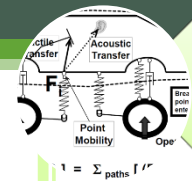
1. Motor Gürültü Düşümü (ENR)
2. Hava Emiş Sistemi Gürültü Düşümü (IONR)
3. Egzoz Sistemi Gürültü Düşümü (EONR)
4. Lastik Gürültü Düşümü (TPNR)



YAPI-TAŞINIMLI KATKI

1. Noktasal Taşınımlar (IPM)
2. Gürültü Transfer Fonksiyonları (NTFs)
3. Titreşim Transfer Fonksiyonları (VTFs)
4. Operasyonel İvmeler
5. Bağlantı Noktalarındaki Kuvvetler

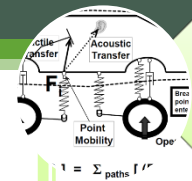
İÇ GÜRÜLTÜ KATKISI VE GÜRÜLTÜ İLETİM YOLU TESTLERİ (TPA)



Operasyonel Hava Emiş ve Egzoz Sistemli Gürültülerinin TPA Modeli için Ölçülmesi



İÇ GÜRÜLTÜ KATKISI VE GÜRÜLTÜ İLETİM YOLU TESTLERİ (TPA)

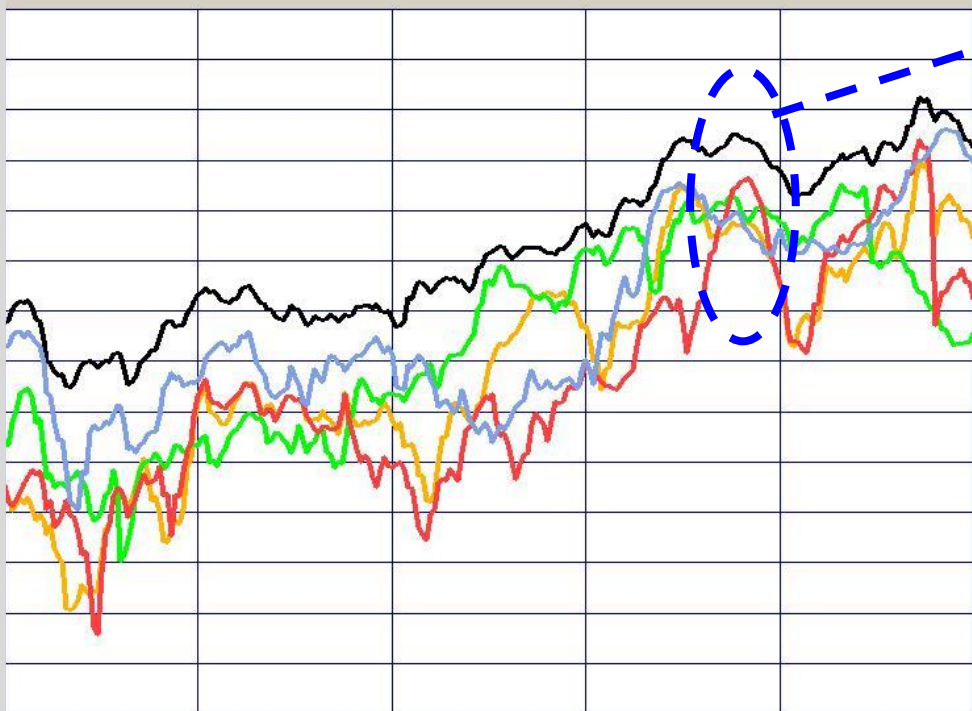


Araç Akustik Geçirgenliğinin Lokal Olarak Ölçülmesi



İÇ GÜRÜLTÜ KATKISI VE GÜRÜLTÜ İLETİM YOLU TESTLERİ (TPA)

Sound Pressure Level [dB(A)]



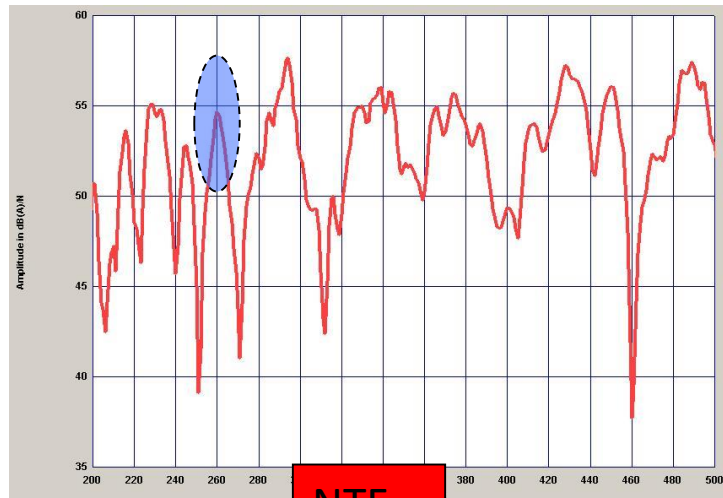
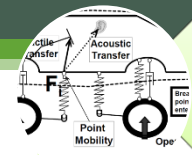
Engine Speed [rpm]

CONTRIBUTOR	% CONTRIBUTION
Source 1	32.35
Source 2	24.54
Source 3	12.88
Source 4	16.21
Other Sources Total	14.02

Alt-Sistem %
Gürültü Katkıları

Total 4th EO Contribution	—————
Source 1 – 4th EO Contribution	—————
Source 2 – 4th EO Contribution	—————
Source 3 – 4th EO Contribution	—————
Source 4 – 4th EO Contribution	—————

İÇ GÜRÜLTÜ KATKISI VE GÜRÜLTÜ İLETİM YOLU TESTLERİ (TPA)



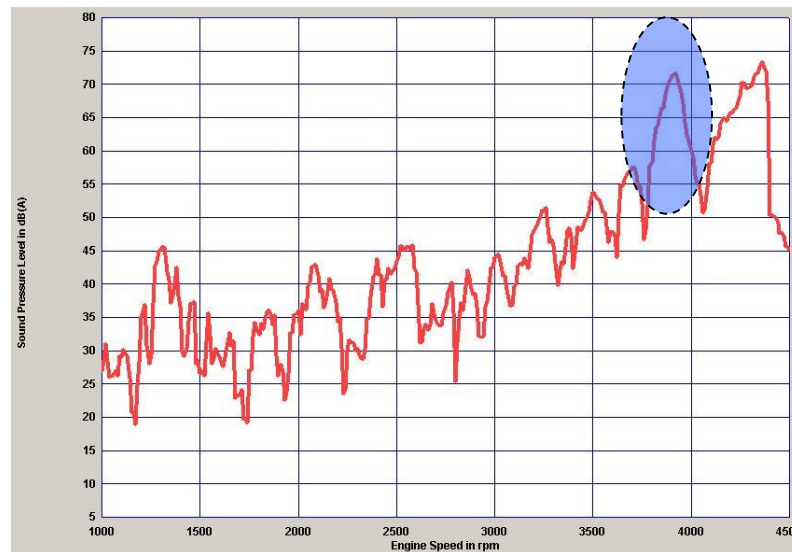
NTF

X

Kuvvet



Kısmi Gürültü Katkısı



Örnek: Bir sistemin iç gürültü katkısının incelenmesi

ARAÇ AKUSTİK YALITIMI VE AKUSTİK PAKET

→ **AMAÇ:** Araç akustik yalıtım ve akustik paket stratejilerinin belirlenmesi

→ **YAPILANLAR:**

- Gövde Hava Kaçak Testleri ve Hedefleri
(*Metal flanşlar arasındaki açıklıkların belirlenmesi*)
- Tüm Araç Hava Kaçak Testleri ve Hedefleri
(*Trimlenmiş gövde açıklıklarının belirlenmesi*)
- Zayıf Noktaların Tesbiti için Ultrasonik Kaçak Testleri.

Ultrasonik Kaçak Belirleme

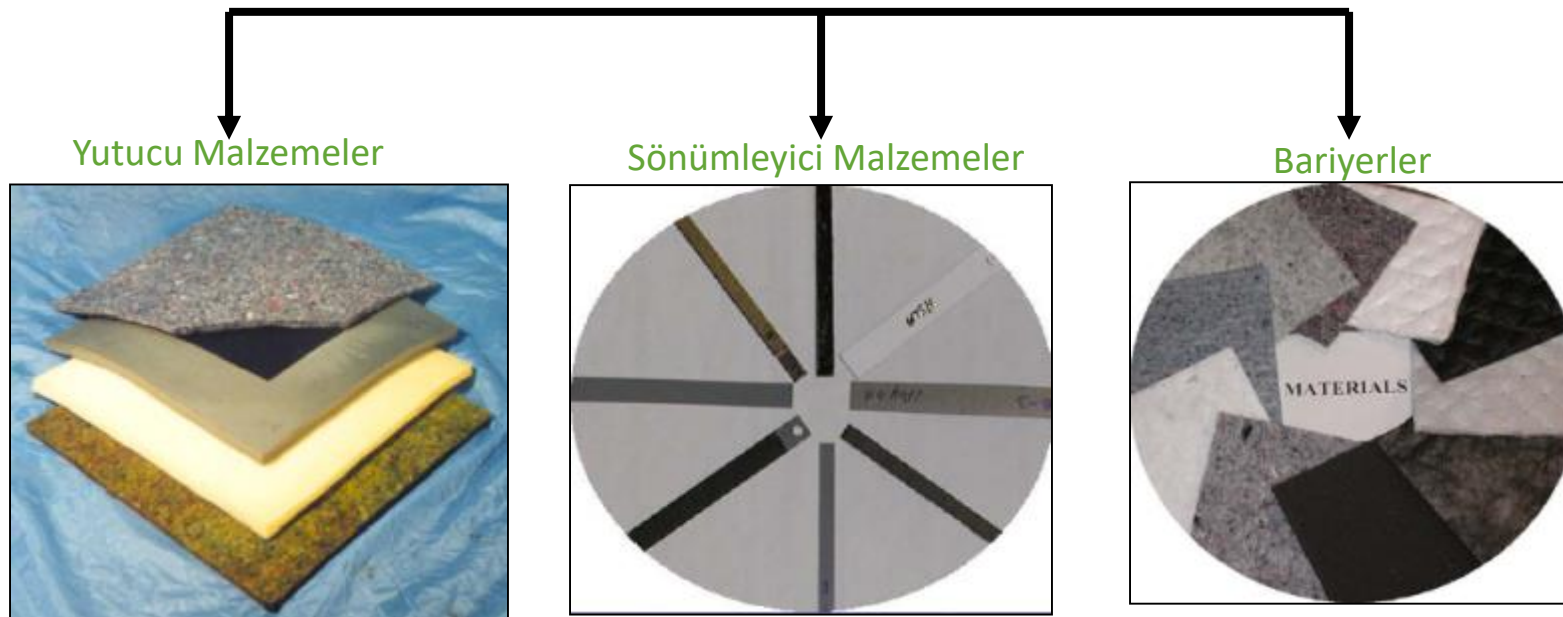


ARAÇ AKUSTİK YALITIMI VE AKUSTİK PAKET

→ **AMAÇ:** Araç akustik paketinin incelenmesi.

→ **YAPILANLAR:**

- Rakip araçların akustik paket sisteminin incelenmesi
- Alt sistem seviyesi gürültü düşüm testleri ile araç akustik hassasiyetinin belirlenmesi
- Tasarım iterasyonları ile farklı akustik paket uygulamalarının araç seviyesi etkisinin gözlemlenmesi



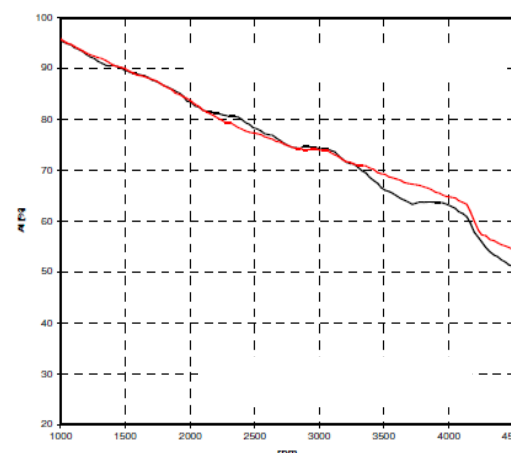
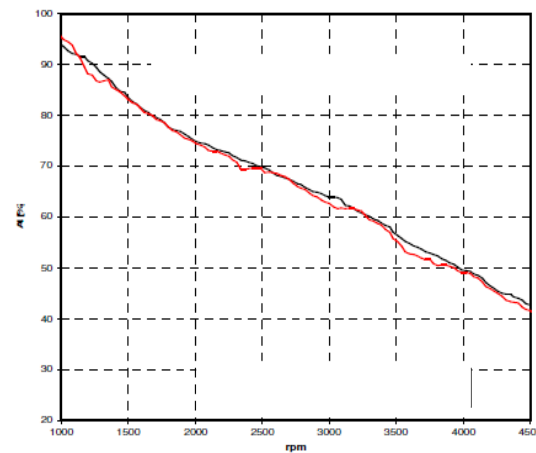
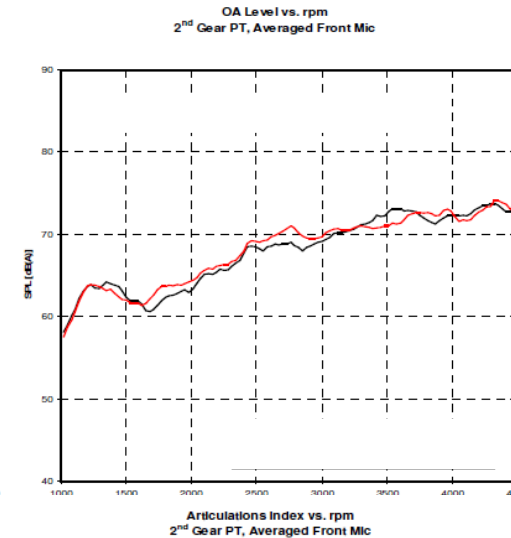
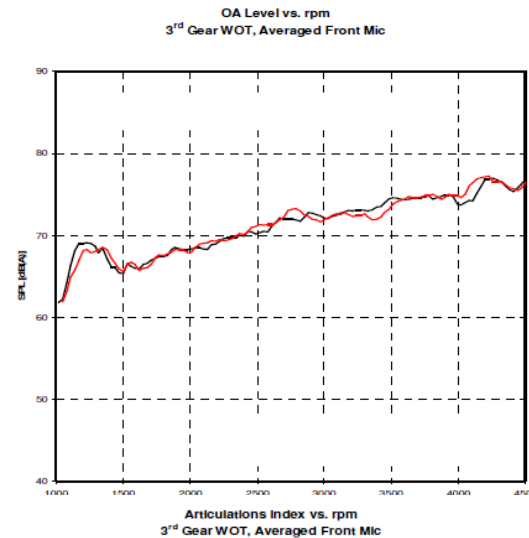
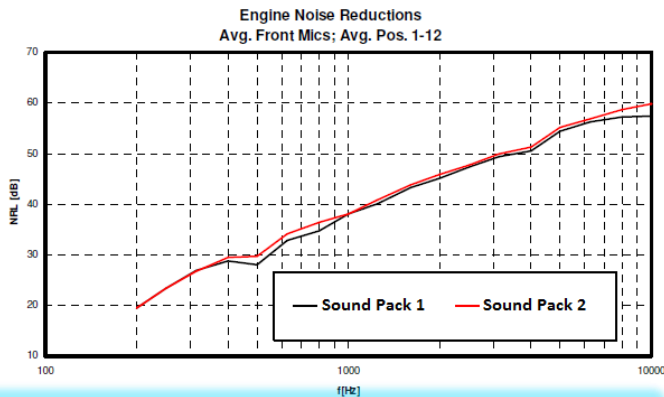
ARAÇ AKUSTİK YALITIMI VE AKUSTİK PAKET

Araçtaki lokal akustik hassasiyete göre farklı sönüm malzemelerin prototiplerde uygulanması ve sınanması



ARAÇ AKUSTİK YALITIMI VE AKUSTİK PAKET

Farklı akustik paket uygulamalarının araç ve sistem seviyesi NVH testleri ile sınanması



- ❖ Komponent seviyesi kıyaslamalar (laboratuvarlarda)
- ❖ Lokal gürültü düşümü testleri ile alt-sistem seviyesi NVH performansının gözlemlenmesi
- ❖ Araç seviyesi NVH testleri ile farklı paketlerin toplam gürültüye etkilerinin belirlenmesi.

ARAÇ RÜZGAR GÜRÜLTÜSÜ ÇALIŞMALARI

→ YOLDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

- Sürüş ekibi ile aracın sübjektif yol testlerinin yapılması
- Objektif testlerin yapılması (rüzgar tüneli gerektirecektir, yol testleri tekrarlanabilirliği düşük olabilir)

→ ATÖLYE TESTLERİ

- Kritik noktaların ultrasonik testler ile incelenmesi

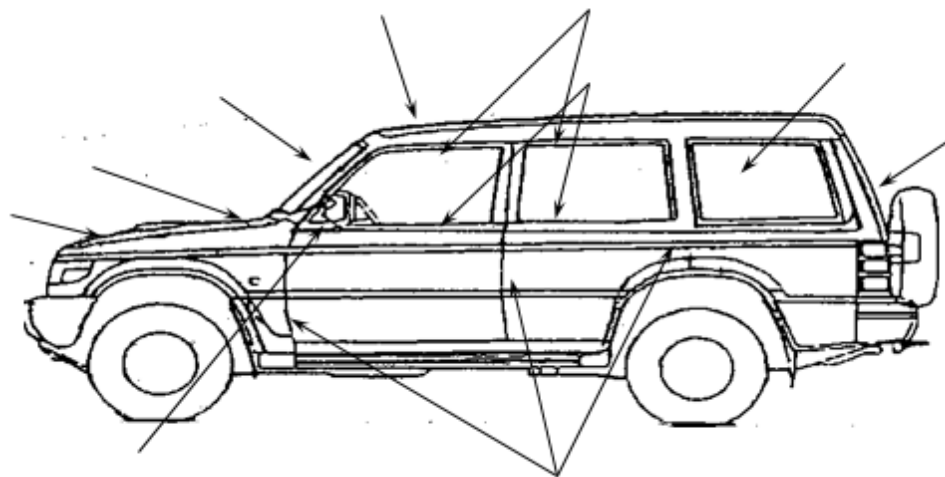
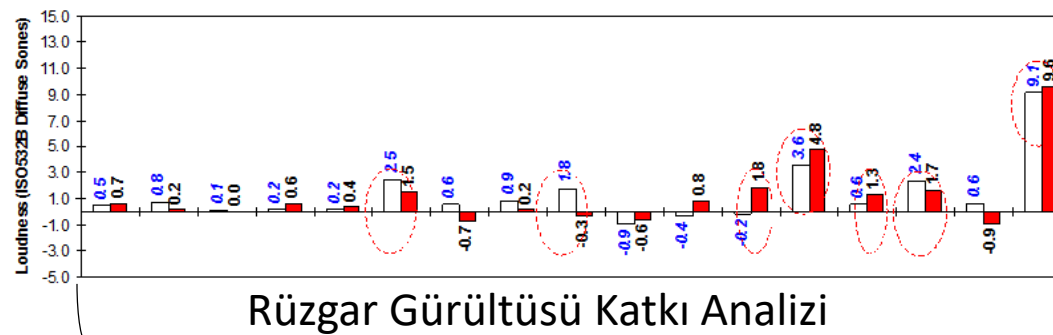
→ RÜZGAR TÜNELİ TESTLERİ (rüzgar tüneli kiralaması gerektirmektedir)

- Aracın rüzgar tüneline rüzgar gürültüsü açısından incelenmesi
- Farklı bölgelerin rüzgar gürültüsüne katkılarının incelenmesi

ARAÇ RÜZGAR GÜRÜLTÜSÜ ÇALIŞMALARI

Types of Wind Noise

Type	Noise
Flow Separation	Buffet
Shedding Vortices	Whistle (Hum, Howl)
Helmholtz Resonance	Howl, Hum, Drone
Cavity Resonance	Rustling
Reed Noise	Buzz, Hoot, Flutter
Edge Noise	Whistle
Aspiration	Hiss, Whistle, Flutter



HAT ARAÇLARININ İSTATİSTİKSEL NVH KALİTE GÖZLEMLEME TESTLERİ

HAT ARAÇLARI NVH KALİTE GÖZLEMLEME ÇALIŞMALARI:

- 1) Araç speklerinin belirlenmesi
- 2) Test metotlarının belirlenmesi ve prosedürlerin oluşturulması
- 3) NVH test periyotlarının belirlenmesi
- 4) Operatör eğitimleri
- 5) Gage R&R çalışmaları ile tekrarlanabilirliğin sınanması
- 6) Ölçülen hat araçlarının NVH performanslarının istatistiksel analizlerle incelenmesi
- 7) Belirli bir veri havuzu oluştuktan sonra üretilen her aracın istatistiksel veri ile kıyaslanması

HAT ARAÇLARININ İSTATİSTİKSEL NVH KALİTE GÖZLEMLEME TESTLERİ

HAT ARAÇLARININ NVH KALİTE GÖZLEMLEMESİ ÇALIŞMASININ GETİRİLERİ:

- 1) İmalat araçlarının NVH kalitesinin periyodik olarak takibi
- 2) İmalat hatası kaynaklı NVH'yi etkileyen durumların objektif olarak tesbiti
- 3) İmalat birimlerine kalite tedbirlerinin tanımlanması
- 4) Oluşan veri havuzunun ileride yapılacak geliştirme veya maliyet azaltma çalışmalarında kullanılması
- 5) Uzun vadede üretilen tüm araçların belirlenen NVH kalite limitleri arasında olmasının sağlanması

**Araç ve komponent gürültü & titreşim (NVH) geliştirme projeleriniz
ile ilgili görüşmek için lütfen bizimle irtibata geçiniz...**

