



**ARAÇ GÜRÜLTÜ VE TİTREŞİM (NVH) MÜHENDİSLİĞİ**  
**EĞİTİM İÇERİĞİ**

## **GÜRÜLTÜ VE TITREŞİM (NVH) GİRİŞ**

- ❖ Araç Gürültü ve Titreşim Terminolojisi
- ❖ Sesin Tanımı ve Ses Dalgalarının Temel Özellikleri
- ❖ Ses – Ölçülen Temel Büyüklükler
  - Ses Basıncı, Ses Basınç Seviyesi, Ses Şiddeti (Sound Intensity)
- ❖ Farklı Akustik Ortamların Özellikleri ve Kullanım Yerleri
  - Free-Field, Diffuse Field
- ❖ Temel Titreşim Kavramlarının İncelenmesi
- ❖ Doğal Frekans
- ❖ Frekans Tepki Fonksiyonlarının İncelenmesi (Mobility, Inertance)
  - Gürültü Transfer Fonksiyonu Testleri (NTF)
  - Titreşim Transfer Fonksiyonu Testleri (VTF)
  - Noktasal Taşınım Testleri (IPM)
- ❖ Araçlarda Gürültü ve Titreşim Kaynaklarının İncelenmesi
- ❖ Frekanslara Göre Araç Gürültü ve Titreşimlerinin İncelenmesi
- ❖ Gürültü ve Titreşim Geliştirme Fazlarının İncelenmesi ve Aksiyonlar
- ❖ Sinyal Durumu (Signal State) ve Hata Durumu (Error State) nedir?
- ❖ Araç NVH Geliştirmede Analiz (CAE) ve Testin Kullanım Yerleri
- ❖ NVH Benchmark Çalışmaları Nasıl Yapılır? Çıktıları Neler Olabilir?
- ❖ Araç Subjektif NVH Değerlendirmesi ve Puanlaması Nasıl Yapılır?
- ❖ Rakiplere Kıyasla Hedef Belirleme, Hedef İndirgeme Nasıl Yapılır?

## **AKUSTİK MALZEME SEÇİMİ, AKUSTİK MALZEME TESTLERİ VE İZOLASYON**

- ❖ Temel Kavramlar
- ❖ Araçlarda Havasal-taşınımlı ve Yapısal-taşınımlı Gürültü Nedir?
- ❖ Panellerden Ses Yayılımı
- ❖ Sönüm Faktörü
- ❖ Yayılan Ses Gücü
- ❖ Panel Yüzey Hızları
- ❖ Ses İletim Kaybı (Sound Transmission Loss)
- ❖ Ses İletim Kaybı Ölçüm Metotları ve Farkları
- ❖ Ses Yutumu
- ❖ Araç Seviyesi Durağan Testler ile Akustik Paket ve İzolasyon Performansının Gözlemlenmesi

## PSIKO-AKUSTİK

- ❖ Tanım
- ❖ Psiko-Akustik Yaklaşım Neden Gereklidir?
- ❖ İnsan Kulağının Yapısı
- ❖ Kulak Duyma Mekanizması Temel Kavramlar
- ❖ İnsan Kulağı Duyma Limitleri ve Hassasiyetleri
- ❖ Frekans Ağırlıklandırmaları (dB, dB(A), dB(B), dB(C) farkları ve kullanım alanları)
- ❖ Araç NVH Geliştirme Çalışmalarında Kullanılan Temel Psiko-Akustik Analizler
  - Loudness (Ses Şiddeti)
  - Articulation Index (İletişim Indexi)
- ❖ İki Kulaklı Duyum (Binaural Hearing) Testleri Nedir? Nerelerde Kullanılır?

## ARAÇ GÜRÜLTÜ VE TİTREŞİM TESTLERİ ve DİJİTAL SİNYAL İŞLEME (DSP)

- ❖ Analog ve Dijital Sinyallerin Tanınması
- ❖ Farklı Testlere Yönelik Sensör Seçimlerinde Nelere Dikkat Edilmelidir?
- ❖ Gürültü ve Titreşim Testlerinde Kullanılan Sensörler ve Uygulama Alanları
- ❖ Veri Toplama Sistemi Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Parametreler
- ❖ Sinyallerin Sınıflandırılması (Periodic, Transient, Stationary, Non-Stationary vb.)
- ❖ Dijital Sinyal İşlemede Önemli Kavramlar
  - Toprak Gürültüsü ve Toplanan Sinyallere Olan Etkisinin Tesbiti
  - Dijital Filtreler (low-pass, high-pass, band-stop, band-pass, notch)
  - Veri Toplamada Örnekleme Frekansının Seçimi ve Nyquist Sampling Teoremi
  - Dijital Sinyal İşlemede Aliasing (Yanılma)
    - İkiz Yanılma (Aliasing in Time) Nedir ve Nasıl Önlenir?
    - Uzaysal Yanılma (Aliasing in Space/Spatial Aliasing) Nedir ve Nasıl Önlenir?
    - Anti-Aliasing
- ❖ Zaman Domaini ve Frekans Domaini'nde Sinyallerin İncelenmesi
- ❖ Araç Gürültü ve Titreşim Çalışmalarında Sık Kullanılan Analizler
  - Toplam Seviye Analizi (Overall Level)
  - Oktav Analizleri (Octave Band Analysis)
  - Mertebe Analizleri (Order Tracking Analysis)
- ❖ Dijital Sinyal İşlemede "Windowing" Nedir? Neden Kullanılır?
- ❖ Hangi "Window" Hangi Tür Sinyallerde Kullanılır?

## TRANSFER PATH ANALYSIS (TPA)

- ❖ Transfer Path Analysis (TPA) Nedir?
- ❖ TPA Araç NVH Geliştirme Çalışmalarında Ne Zaman ve Nasıl Kullanılır?
- ❖ TPA Çalışması İçin Ne Tür Sensörler ve Ortam Koşulları Gereklidir?
- ❖ Operasyonel Test Koşulları Seçilirken Nelere Dikkat Edilmelidir?
- ❖ Yapısal-Taşınımli Gürültü Katkıları
  - Yapısal-Taşınımli Gürültü Katkıları Hesaplanırken Hangi Testler Yapılır?
  - Yapısal-Taşınımli Gürültü Katkıları Nasıl Hesaplanır?
  - Hangi Tahrik Kaynakları Yapısal-Taşınımli Gürültü Katkısında Önemlidir?
  - Ölçüm Noktaları Neler Olmalıdır?
- ❖ Havasal-Taşınımli Gürültü Katkıları
  - Havasal-Taşınımli Gürültü Katkıları Hesaplanırken Hangi Testler Yapılır?
  - Yapısal-Taşınımli Gürültü Katkıları Nasıl Hesaplanır?
  - Hangi Tahrik Kaynakları Yapısal-Taşınımli Gürültü Katkısında Önemlidir?
  - Ölçüm Noktaları Neler Olmalıdır?
  - Araç Lokal Gürültü Geçirgenlik Faktörü Nedir ve Nasıl Ölçülür?
  - Hacim İvmelenmesi ve Hacim İvmelenmesi Transfer Fonksiyonu Nedir?  
(Volume Acceleration & Volume Acceleration Transfer Function)
- ❖ TPA Metodu İle Örnek Bir Gürültü Problemine Yaklaşım ve Kök Sebebin Belirlenmesi

## ARAÇ GÜRÜLTÜ VE TİTREŞİM UYGULAMALARI VE ÖRNEKLER

- ❖ Sık Karşılaşılan Araç Gürültü ve Titreşim Problemlerine Örnekler
- ❖ Emme Sistemi Orifisinden Yayılan Gürültünün Ölçülmesi
- ❖ Egzoz Sistemi Orifisinden Yayılan Gürültünün Ölçülmesi
- ❖ Motor Takozu Titreşim İzolasyon Performansının Araç Seviyesinde Ölçülmesi
- ❖ Dönel Tahrik Kaynaklarının Toplam Seviyelere Katkılarının İncelenmesi
- ❖ Aks İnitisi (Axle Whine/Gear Whine) Problemi İncelenmesi
- ❖ Kazıntı (Grinding) Gürültüsü İncelenmesi
- ❖ Modülasyon (Heterodyne) Gürültüsü Nedir? Nasıl Oluşur?
- ❖ Turbo Kaynaklı gürültüler Nelerdir? Araç Seviyesi Korelasyon Nasıl Yapılır?
- ❖ NVH'e Yönelik Temel Tasarım Kriterleri Nelerdir?
- ❖ Araç İçi Titreşimlerin Tahrik Kaynaklarına Göre Korelasyonuna Bakılması
- ❖ Örnek Araç Gürültüsü Kayıtlarının Dinlenmesi

## ❖ PRATİK UYGULAMALAR

- ❖ Firmanız Bünyesindeki veya Novomec Tarafından Sağlanacak Veri Toplama Sistemi ile Temel Bir Sistem Üzerinde Modal Test ve Analiz Yapılması
- ❖ Araç Üzerinde Operasyonel Araç Gürültü ve Titreşim Testleri Yapılması ve Verilerin Analiz Edilmesi
  - Overall Level Analizi
  - Oktav ve FFT Analizleri
  - Mertebe (Order) Analizleri
- ❖ Araç Üzerinde Temel Frekans Tepki Fonksiyonlarının Ölçülmesi
- ❖ Talebe Bağlı Uygulamalar

