



# **Akustik Uygulamalarda Kullanılan Yazılımlar**

**Akustik Paydaşlar Toplantısı**

**Ata Can ÇORAKÇI  
Ulusal Metroloji Enstitüsü**

23 Ocak 2013  
TÜBİTAK UME, Gebze

Hacim Akustiğinin Modellenmesi

Bina Akustiği Gürültü İletim Yollarının ve Malzemelerinin Modellenmesi

Çevresel Gürültünün Modellenmesi

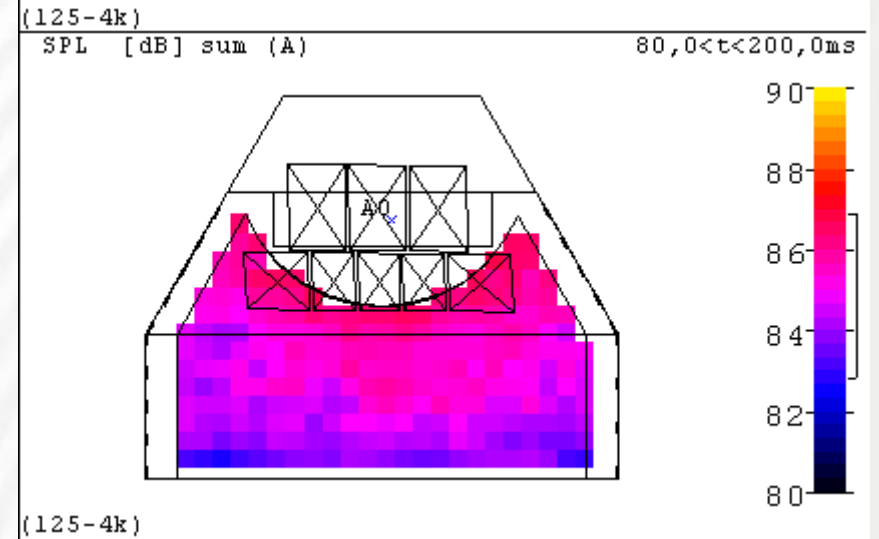
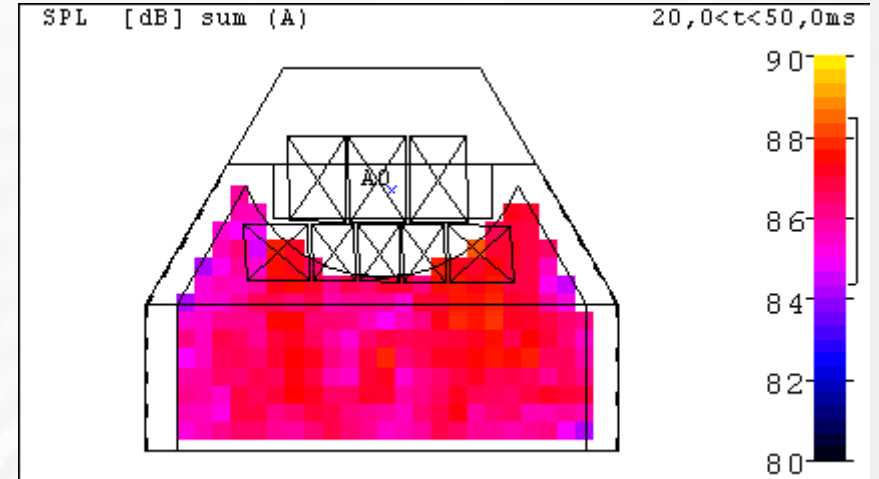
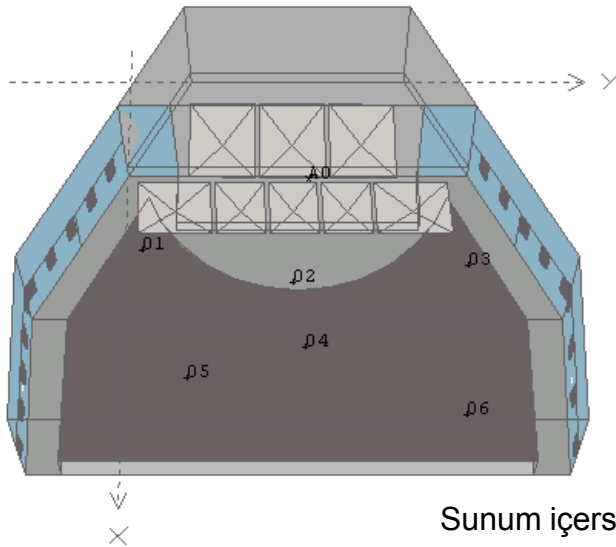
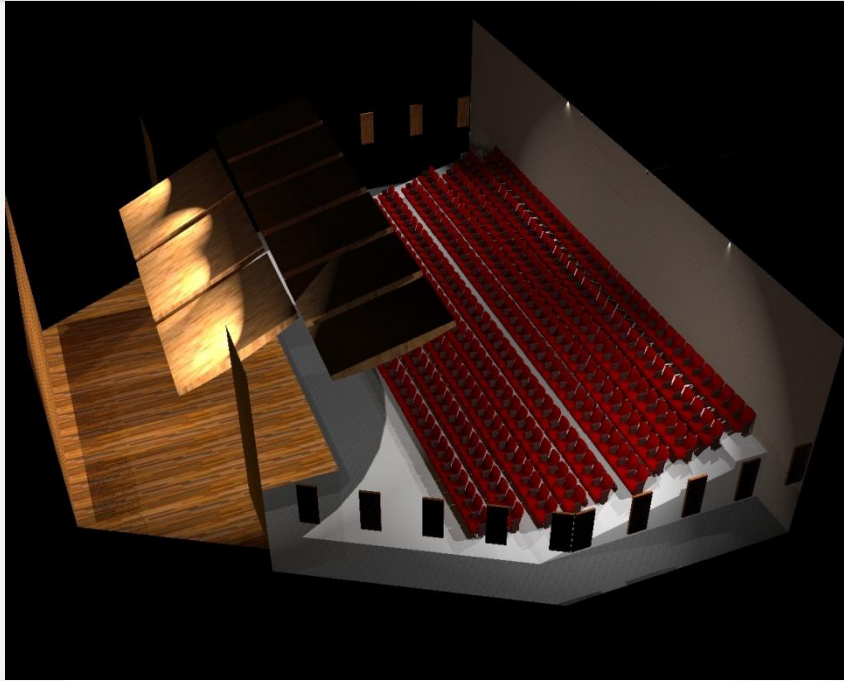
Nümerik Analiz Yöntemleri İle Akustik Modelleme

- Kullanım Amacı: Tasarım öncesi ve mevcut yapıların akustik özelliklerinin belirlenmesi, iyileştirilmesi ve geliştirilmesi.
- Kullanılan Method: Işın İzleme (Ray Tracing) ve Kaynak İmajı (Image Source) Hibrit Yöntemi
- Kullanım Alanları:
  - ✓ Konser, tiyatro, konferans vb salonları
  - ✓ Stadyum, Spor Kompleksleri ve Açık Hava Amfi Tiyatroları
  - ✓ Fabrika ve üretim alanları
  - ✓ İbadethaneler
  - ✓ Kütüphaneler
  - ✓ TV ve radio stüdyoları
  - ✓ Sinemalar
  - ✓ Okul ve sınıflar
  - ✓ .
  - ✓ ..
  - ✓ ...

- +/- Faktörler:

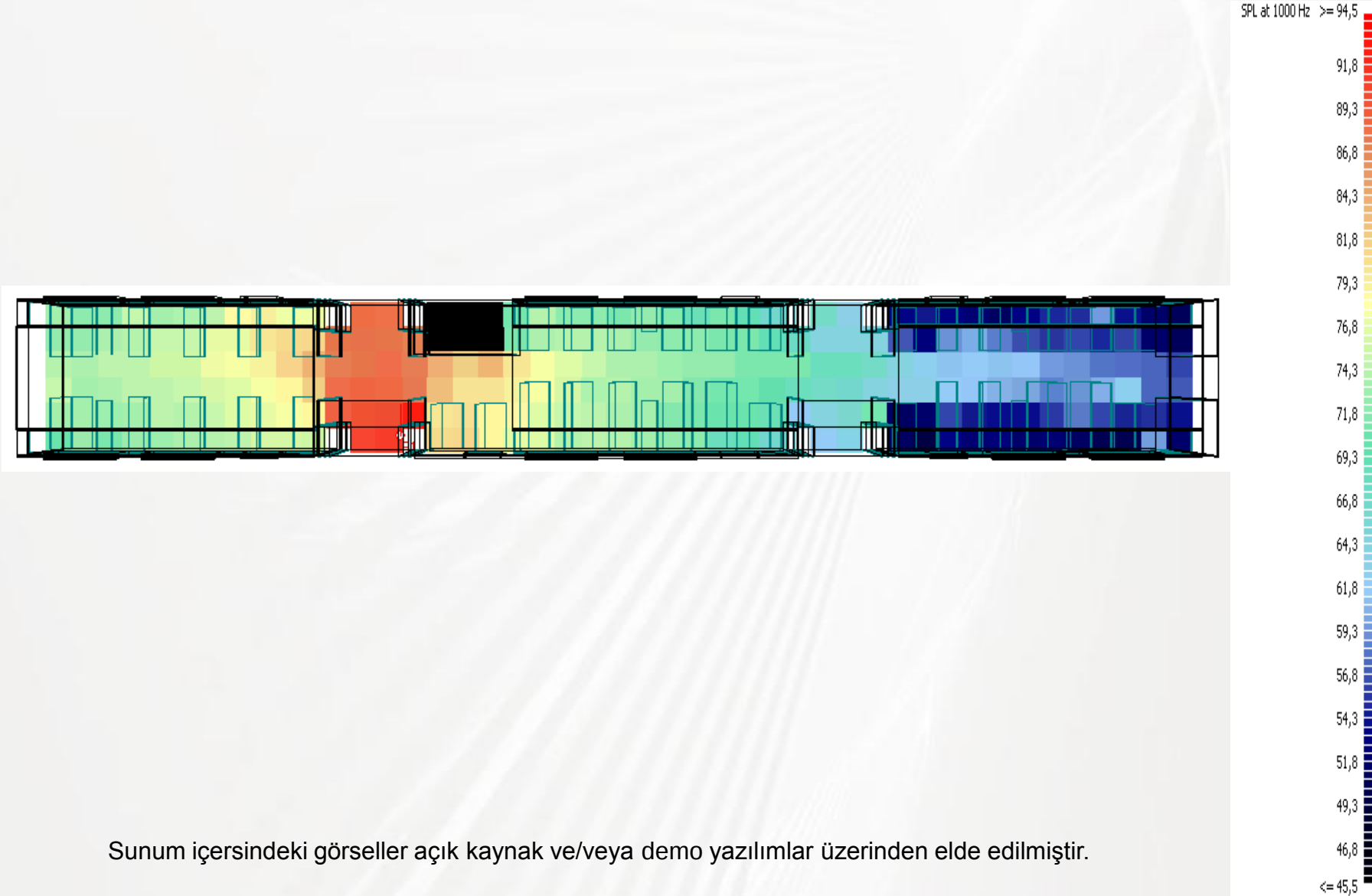
- + Tasarım aşamasında kişiye yapının akustik yeterliliği hakkında fikir sahibi olunması yönünde yardımcı olur.
- + İstenilen akustik parametrelerin elde edilebilmesi için hacmin ihtiyaç duyacağı fiziksel özelliklerin ve malzemelerin belirlenmesinde faydalı olacaktır.
- + İnşaat sonrası yapılacak olan ölçümler ile modelleme sonucu elde edilecek verinin karşılaştırma imkanının bulunması.
- 3 boyutlu modelin oluşturulması vakit almaktadır.
- Malzeme kütüphaneleri genelde belli başlı yapı malzemeleri için oluşturulmuş olup, özel yapı malzemelerinin laboratuvar ortamında karakterize edilerek kütüphaneye eklenmesi gerekmektedir.

# Hacim Akustiğinin Modellenmesi ve Analizi



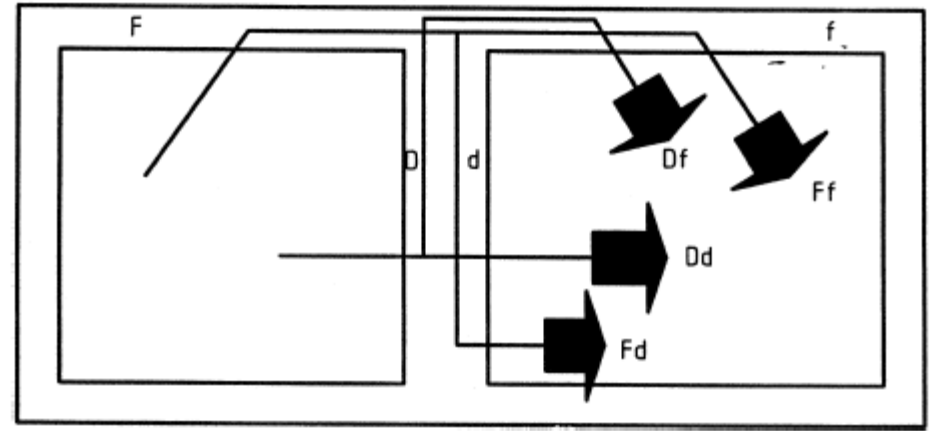
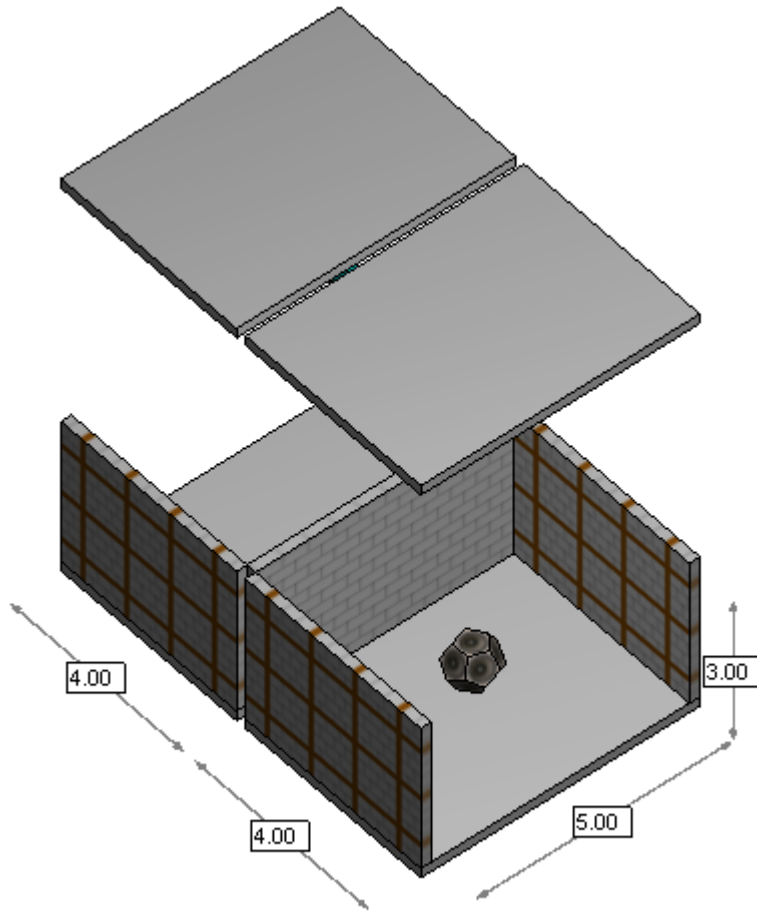
Sunum içersindeki görseller açık kaynak ve/veya demo yazılımlar üzerinden elde edilmiştir.

# Hacim Akustiğının Modellenmesi ve Analizi

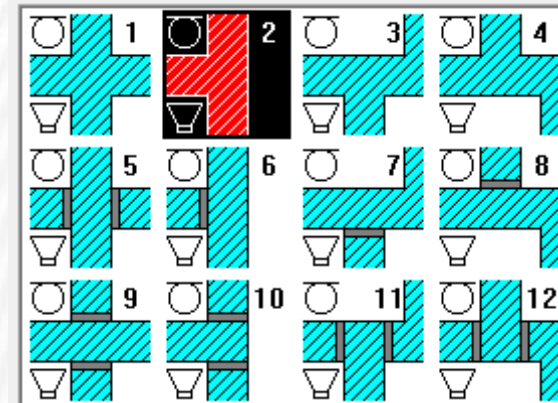


- Kullanım Amacı: Hacimler arası havadan ve/veya yapıdan iletilen gürültünün modellenmesi üzerine kullanılmaktadır. Ayrıca yapı malzemelerinin akustik performansı değerlendirilebilir.
- Kullanılan Standartlar:
  - ✓ Odalar arası gürültü ve darbe izolasyonu modellemesi (EN 12354-1,2,3)
  - ✓ Binalardaki ses izolasyonunun ve akustik elemanların sınıflandırılması (ISO 717-1,2)
  - ✓ Sound Transmission Index (STC) ve Impact Insulation Class (IIC) hesaplanması (ASTM E 413-87 ve ASTM E 989-89)
- Kullanım Alanları:
  - ✓ Gürültü yalıtımının modellenmesi
  - ✓ Malzeme sınıflandırılması ve performans değerleri

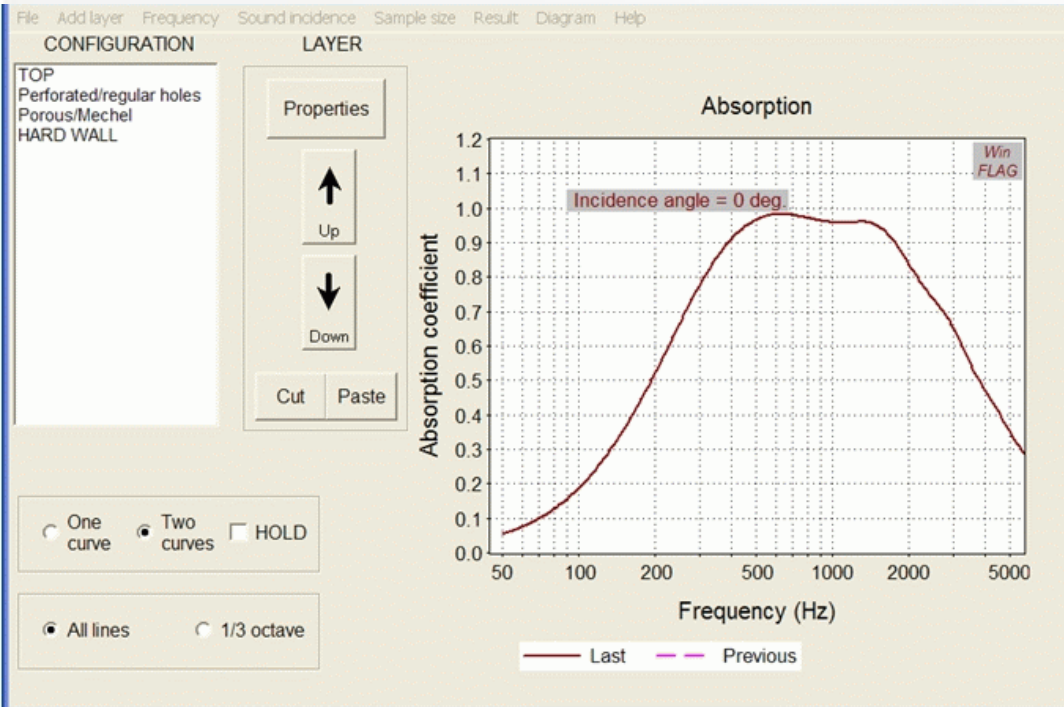
- +/- Faktörler:
  - + Hesaplamaların ilgili standartlara göre yapılması.
  - + Gelişmiş ürün kütüphaneleri.
  - Yapı elemanlarının karmaşıklığının (detayların yetersiz kalması)
  - Ölçümlerin daha güvenilir olması.



Odalar Arası Muhtemel Ses İletim Yolları

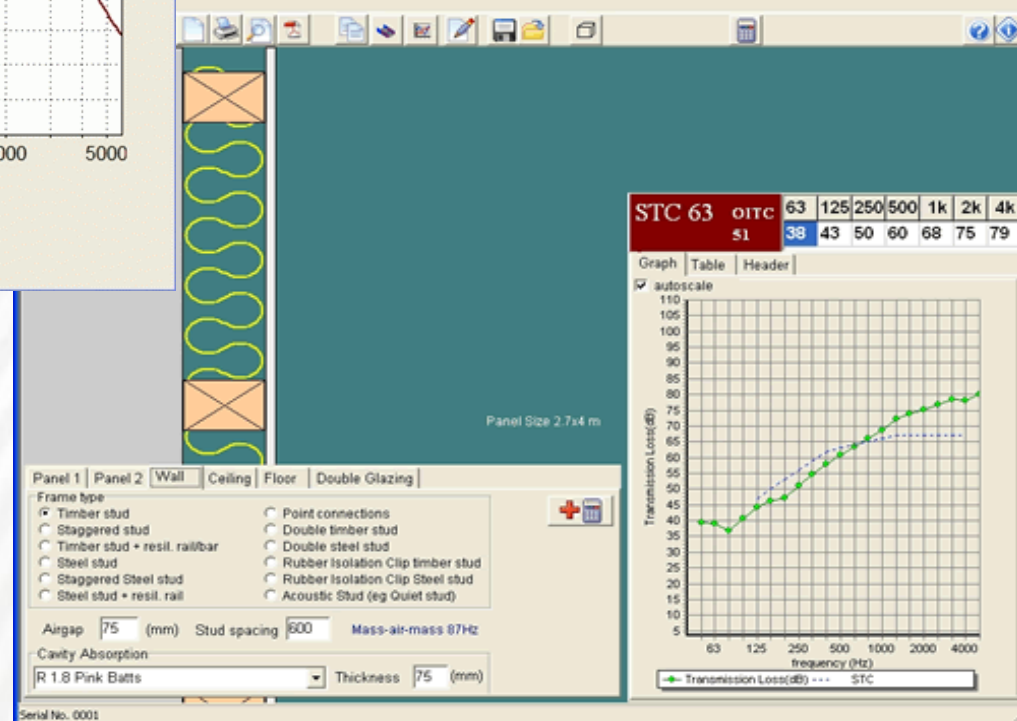


| Sending Room |    |                                                 |                  | Junction | Receiving Room                                  |                  |  |  | R'w  |     | L'n,w |   |
|--------------|----|-------------------------------------------------|------------------|----------|-------------------------------------------------|------------------|--|--|------|-----|-------|---|
| M            | t  | Basic Element                                   | Additional Layer | Type-No. | Basic Element                                   | Additional Layer |  |  | dB   | %   | dB    | % |
| X            | d  | concrete (2400 kg/m <sup>3</sup> ) 100 mm       |                  |          |                                                 |                  |  |  | 53.2 | 64  |       |   |
| X            | f1 | gypsum brd. 12.5 mm, P 6 40 mm, s               |                  | 2        | gypsum brd. 12.5 mm, P 6 40 mm, s               |                  |  |  | 69.4 | 2   |       |   |
| X            | f2 | gypsum brd. 12.5 mm, P 6 40 mm, s               |                  | 2        | gypsum brd. 12.5 mm, P 6 40 mm, s               |                  |  |  | 69.4 | 2   |       |   |
| X            | f3 | concrete floor (2400 kg/m <sup>3</sup> ) 100 mm |                  | 2        | concrete floor (2400 kg/m <sup>3</sup> ) 100 mm |                  |  |  | 59.1 | 16  |       |   |
| X            | f4 | concrete floor (2400 kg/m <sup>3</sup> ) 100 mm |                  | 2        | concrete floor (2400 kg/m <sup>3</sup> ) 100 mm |                  |  |  | 59.1 | 16  |       |   |
| Total:       |    |                                                 |                  |          |                                                 |                  |  |  | 51.2 | 100 |       |   |



Akustik bir duvar elemanının STC spektrumu

Akustik bir duvar elemanının ses yutma katsayısı spektrumu



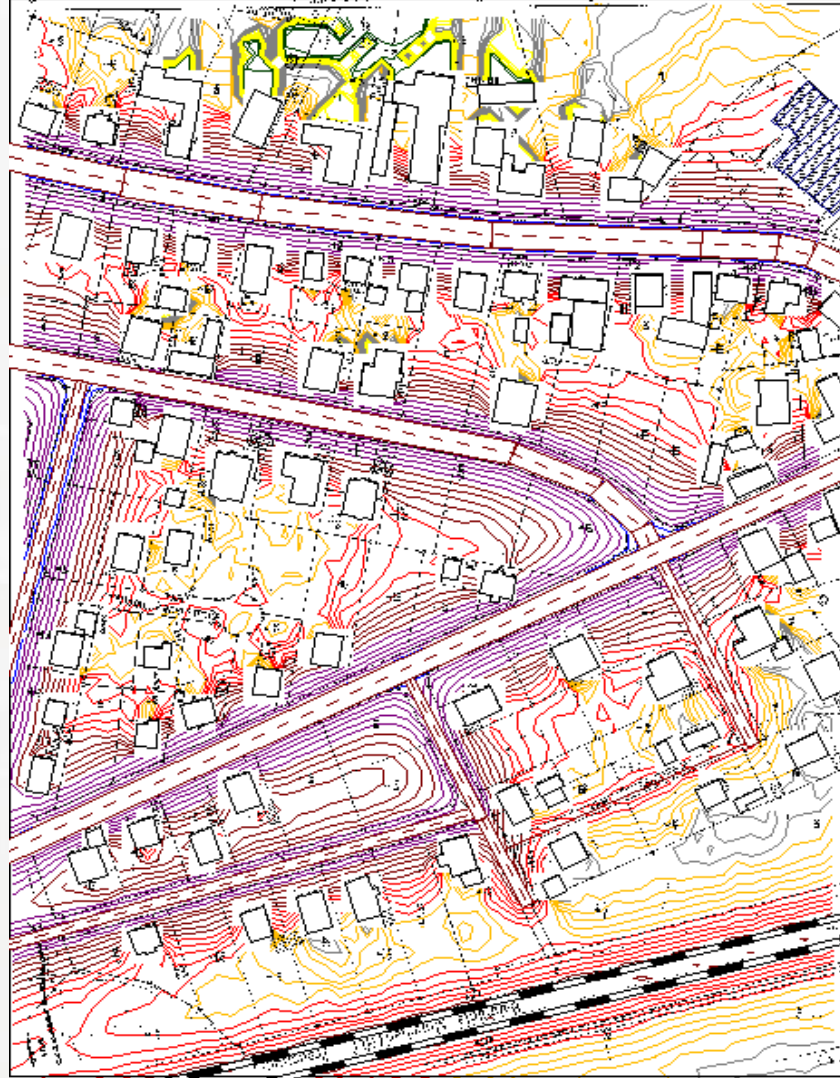
- Kullanım Amacı: Çevresel gürültünün modellenmesi, hesaplanması, değerlendirilmesi ve görselleştirilmesi.
  - ✓ Endüstriyel Gürültü
  - ✓ Kara Yolu Gürültüsü
  - ✓ Demir Yolu Gürültüsü
  - ✓ Hava Yolu Gürültüsü
- Kullanılan Standartlar:

| Endüstriyel Gürültü                        | Kara Yolu Gürültüsü                    | Demir Yolu Gürültüsü                             | Hava Yolu Gürültüsü                                           |
|--------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| ISO 9613<br>(International, EC-Interim)    | NMPB-Routes-96<br>(France, EC-Interim) | RMR, SRM II<br>(Netherlands, EC-Interim)         | ECAC Doc. 29, 2nd edition<br>1997 (International, EC-Interim) |
| VDI 2714, VDI 2720<br>(Germany)            | RLS-90, VBUS<br>(Germany)              | Schall03, Schall Transrapid,<br>VBUSch (Germany) | DIN 45684<br>(Germany)                                        |
| DIN 18005<br>(Germany)                     | DIN 18005<br>(Germany)                 | ONR 305011<br>(Austria)                          | AzB-MIL<br>(Germany)                                          |
| ÖAL Richtlinie Nr. 28<br>(Austria)         | RVS 04.02.11<br>(Austria)              | Semibel<br>(Switzerland)                         | LAI-Landeplatzleitlinie<br>(Germany)                          |
| BS 5228<br>(United Kingdom)                | STL 86<br>(Switzerland)                | NMPB-Fer<br>(France)                             | AzB 2007<br>draft (Germany)                                   |
| General Prediction Method<br>(Scandinavia) | TemaNord 1996:525<br>(Scandinavia)     | TemaNord 1996:524<br>(Scandinavia)               | AzB<br>(Germany)                                              |

- +/- Faktörler:

- + Şehir ve bölge planlama açısından akustik gürültünün modellenmesi ve analizi.
- + Avrupa birliği üyesi ülkeler için oluşturulmuş norm ve standartlara uygun analiz ve raporlama imkanı.
- + Analiz sonuçlarının, ölçüm sonuçlarına yakın değerler vermesi.

- .
- ..
- ...

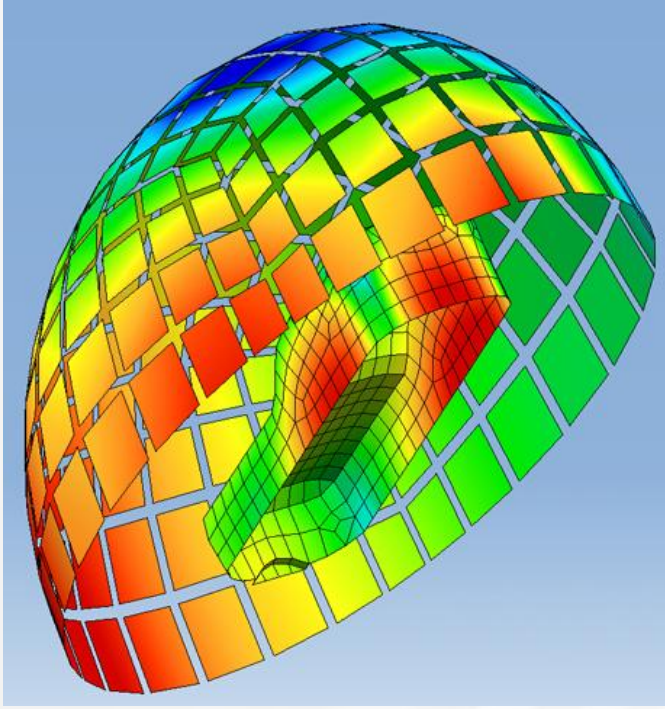


Küçük Ölçekli Bir Yerleşim  
Alanının Gürültü Haritası

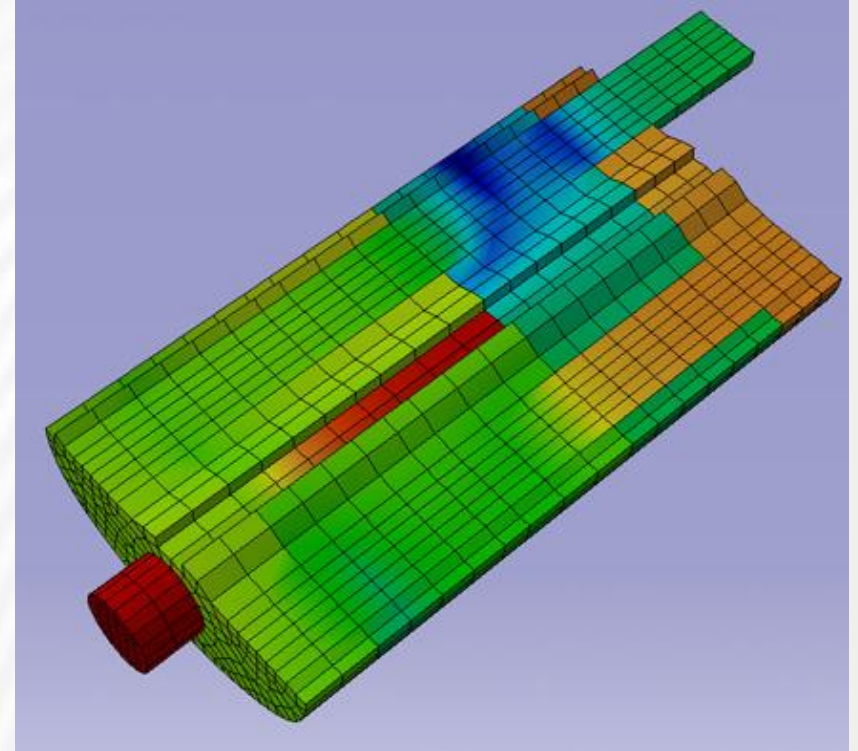
Sunum içersindeki görseller açık kaynak ve/veya demo yazılımlar üzerinden elde edilmiştir.

- Kullanım Amacı: Kompleks sistemlerdeki akustik dalgaların modellenmesi.
- Kullanılan Method: Bu tür yazılımlarda genel olarak iki yöntem kullanılmaktadır.
  - ✓ FEM (Finite Element Method)
  - ✓ BEM (Boundary Element Method)
- Kullanım Alanları:
  - ✓ Elektro akustik dönüştürücü ve hoparlörler
  - ✓ İşitme cihazları
  - ✓ MEMS akustik dönüştürücüler
  - ✓ Gürültü izolasyon malzemelerin etkileri
  - ✓ Sistemlerin gürültü ve titreşim analizleri
  - ✓ Sonar
  - ✓ Yapısal Titreşim
  - ✓ .
  - ✓ ..

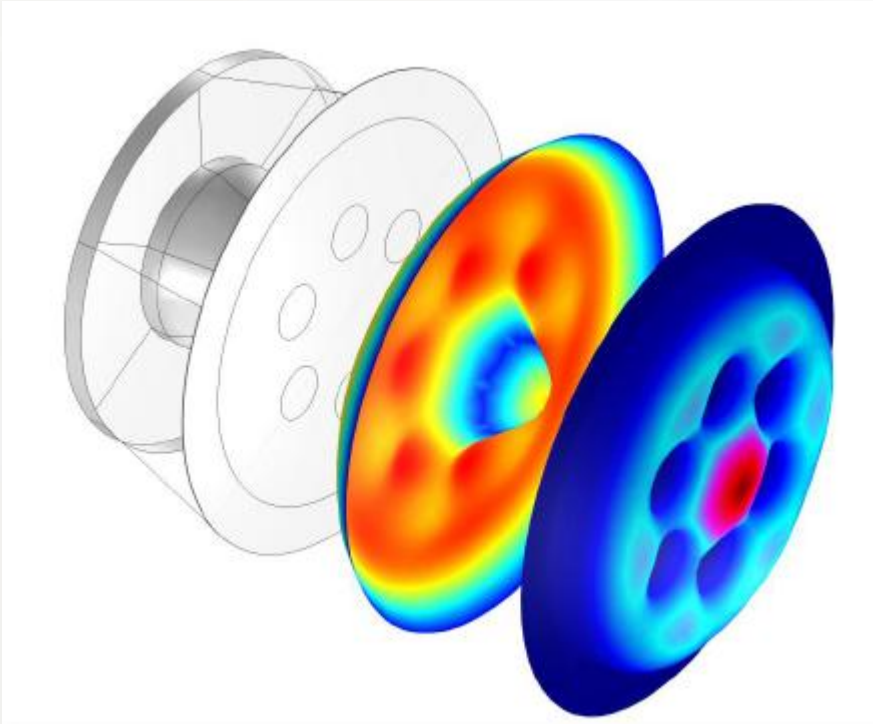
- BEM (Boundary Element Method)
  - ✓ 2 boyutlu sonlu eleman (Malzeme yüzeyi sadece)
  - ✓ Model kurulumu ve revizyonu FEM'e göre daha hızlı
  - ✓ Yapı dışındaki bir noktada analiz yapma imkanı
  - ✓ Frekans Aralığı 10 – 500 Hz
- FEM (Finite Element Method)
  - ✓ 3 boyutlu sonlu eleman (Malzeme yüzeyi ve hacmi)
  - ✓ Yüksek Hassasiyet
  - ✓ Frekans Aralığı 10 – 150 Hz
  - ✓ Model kurulumu ve revizyonu uzun süreçler alıyor
  - ✓ Lineer olmayan sistemlerin çözümünde daha iyi sonuçlar veriyor
- Hibrit FEM/BEM
  - ✓ Frekans Aralığı 10 – 10 kHz



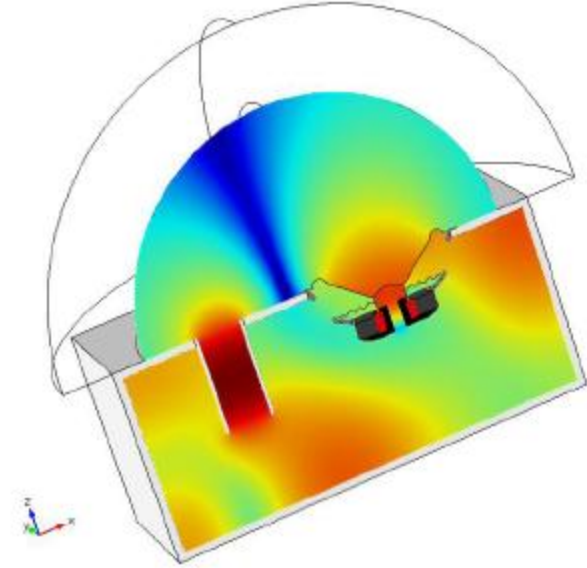
Yağ karterinin belirli bir bölge üzerinde yaratmış olduğu akustik gürültü (BEM)



Egzost sisteminden geçen gazın yaratmış olduğu gürültü (FEM)



Brüel & Kjaer 4134 Kapasitif Mikrofon  
Diyafram Modellenmesi



Hoparlör Sürücüsünün Modellenmesi

**Teşekkürler...**