

TEKNİK DOKÜMAN

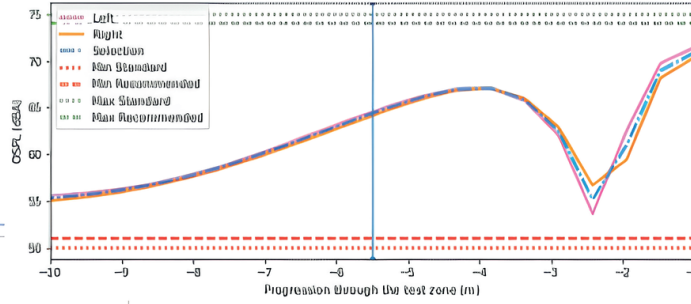


Actran

Bu dokümanda, Actran ile vibroakustik analizlerinin kurgulanmasını gösteren örnek bir analizin adımları ele alınmaktadır.

EU R138 Standard Compliance

Minimum OSPL:	PASSED
- Reverse drive (-6kmph)	- PASSED
- Forward drive (10kmph)	- PASSED
- Forward drive (20kmph)	- PASSED
Maximum OSPL:	NOT PASSED
- Forward drive (10kmph)	- PASSED
- Forward drive (20kmph)	- NOT PASSED
One-third band minimum	PASSED
Frequency shift	PASSED
Global	NOT PASSED



BIAS
MÜHENDİSLİK

 **HEXAGON**

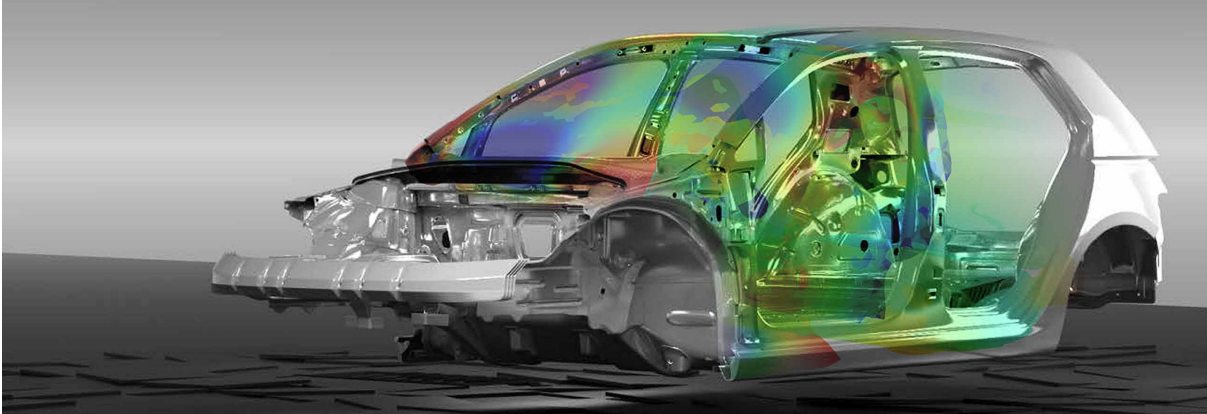
ACTRAN İLE VİBROAKUSTİK ANALİZ ÖRNEĞİ

Hazırlayan
Ömer Alan Yapısal Analiz Mühendisi

Tarih: 10/12/2025

Giriş

Gürültü kontrolü ve akustik performans analizi, günümüzde havacılık, otomotiv, beyaz eşya ve enerji sektörleri gibi pek çok mühendislik alanında kritik bir öneme sahiptir. Ürünlerin konfor, güvenlik ve çevresel gereksinimleri doğrultusunda daha sessiz ve verimli çalışması için akustik analizler artık tasarım sürecinin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Bu bağlamda, özellikle yapısal ve akışkan sistemlerin birlikte titreşim ve akustik etkileşimlerin anlaşılması, daha doğru ve etkili analiz tekniklerini gerekli kılmaktadır.



ŞEKİL 1 ARAÇ İÇİ GÜRÜLTÜ YAYILIMI ÖRNEĞİ

Vibroakustik gürültü analizleri, yapısal bileşenlerin titreşimlerinin oluşturduğu sesin, yapıyı çevreleyen akışkan ortamında (örneğin hava veya su) meydana getirdiği gürültüyü analiz etmeye olanak tanır. Bu tür analizler, yapısal titreşimlerin akustik yayılımına etkilerini hesaba kattığı için, tek başına akustik ya da yapısal analizlere göre daha gerçekçi ve güvenilir sonuçlar sunar. Bu yaklaşım özellikle kabin içi gürültü, egzoz sistemleri, HVAC kanalları ve hava taşıtlarında panel rezonanslarının neden olduğu gürültü gibi mühendislik problemlerinde oldukça etkilidir.

Actran, bu karmaşık etkileşimleri modellemek için kullanılan gelişmiş bir sonlu eleman (FEM) temelli akustik analiz programıdır. Yapısal parçalar ve akustik ortamlar arasındaki çift yönlü etkileşimi dikkate alarak ses basınç seviyelerini hesaplayabilmektedir.

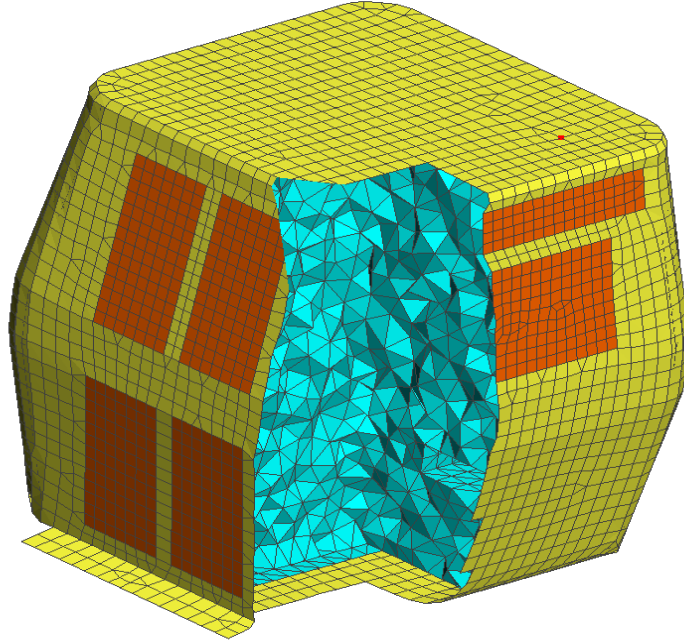
Actran'ın sunduğu vibroakustik modülleri sayesinde, bir yapının titreşiminden kaynaklanan sesin akışkan ortama nasıl yayıldığı yüksek doğrulukla analiz edilebilir. Bu yazıda Actran ile yapısal-akışkan bağlantılı gürültü analizlerini nasıl yapılabileceği, bir teleferik kabini örneği üzerinden incelenmiştir.



ŞEKİL 2 ÖRNEK TELEFERİK KABİNİ GÖRSELİ

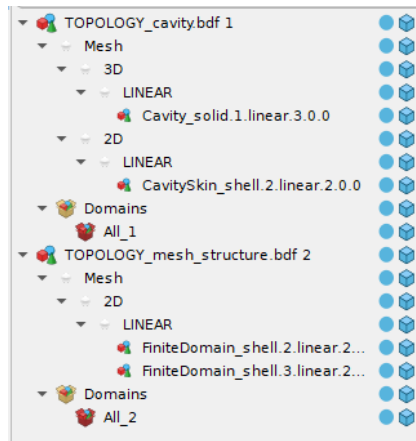
Modelleme Adımları

Öncelikle şunu belirtmek gerekir ki Actran fiziksel yapıların temsili olarak CAD geometrisini kullanmamaktadır. Analize başlanabilmesi için sonlu elemanlar modelinin doğrudan Actran'a yüklenmiş olması veya bu ağın Actran ortamında oluşturulması gerekmektedir. Bu örnekte teleferik kabini yapısını temsil eden sonlu elemanlar ağı, önceden hazırlanmıştır (Şekil 3).



ŞEKİL 3 TELEFERİK KABİNİ MODELİ SONLU ELEMANLAR AĞI

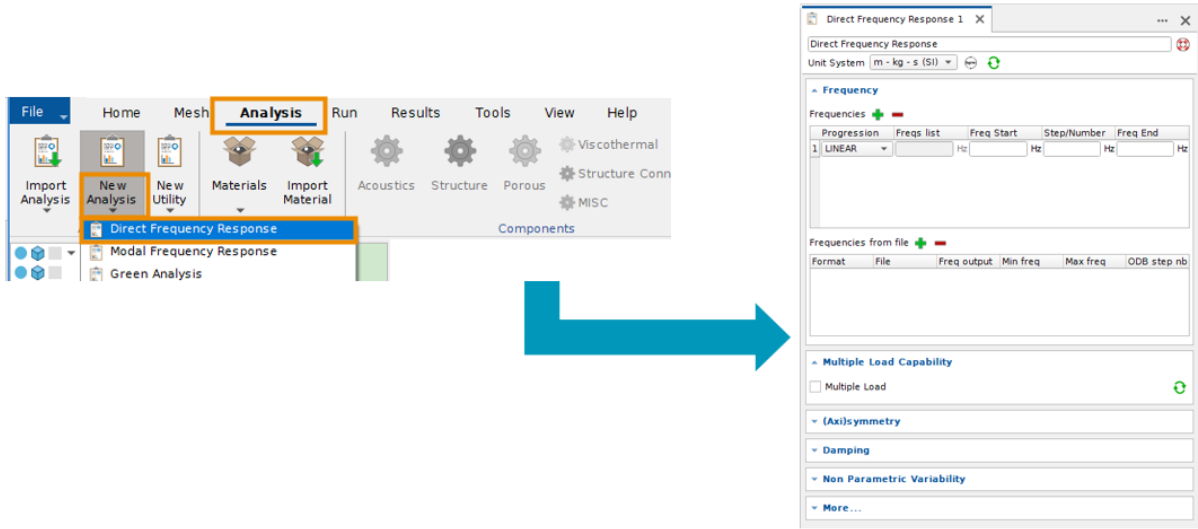
Sonlu elemanlar ağı içindeki öğelerin daha ayrıntılı görüntülenebilmesi için ürün ağacı kullanılabilmekte ve görüntüleme seçenekleri düzenlenebilmektedir (Şekil 4).



ŞEKİL 4 TELEFERİK KABİNİ MODELİ ÜRÜN AĞACI

Analiz Kurulumu

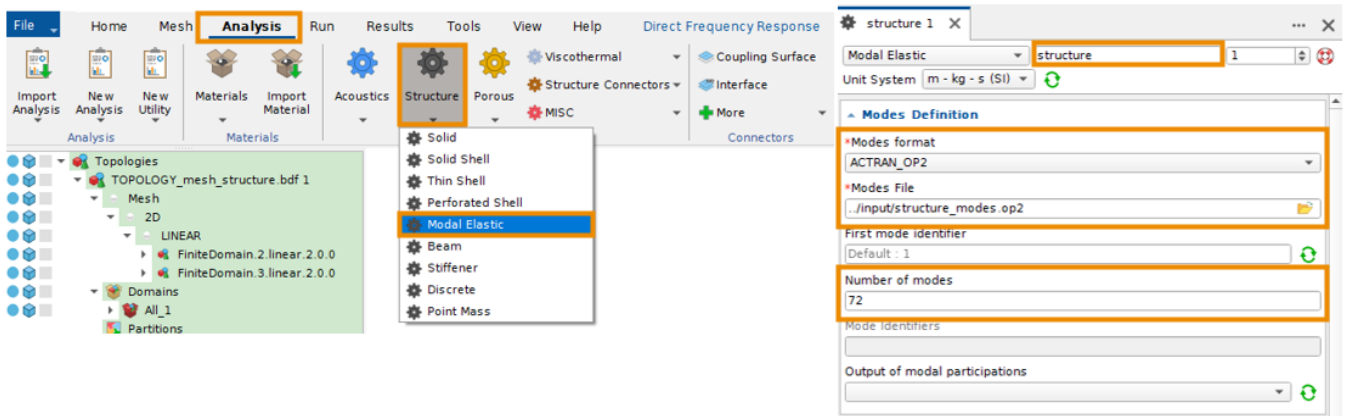
Actran arayüzü içerisinde, yapılacak analizin türünün seçilebileceği araçlar bulunmaktadır. Frekansa bağlı olarak değişebilen herhangi periyodik bir yüklemenin yapı üzerinde oluşturacağı gürültü incelenirken frekans cevap analizi seçilmelidir (Şekil 5).



ŞEKİL 5 DİREKT FREKANS CEVAP ANALİZİ ARAYÜZÜ

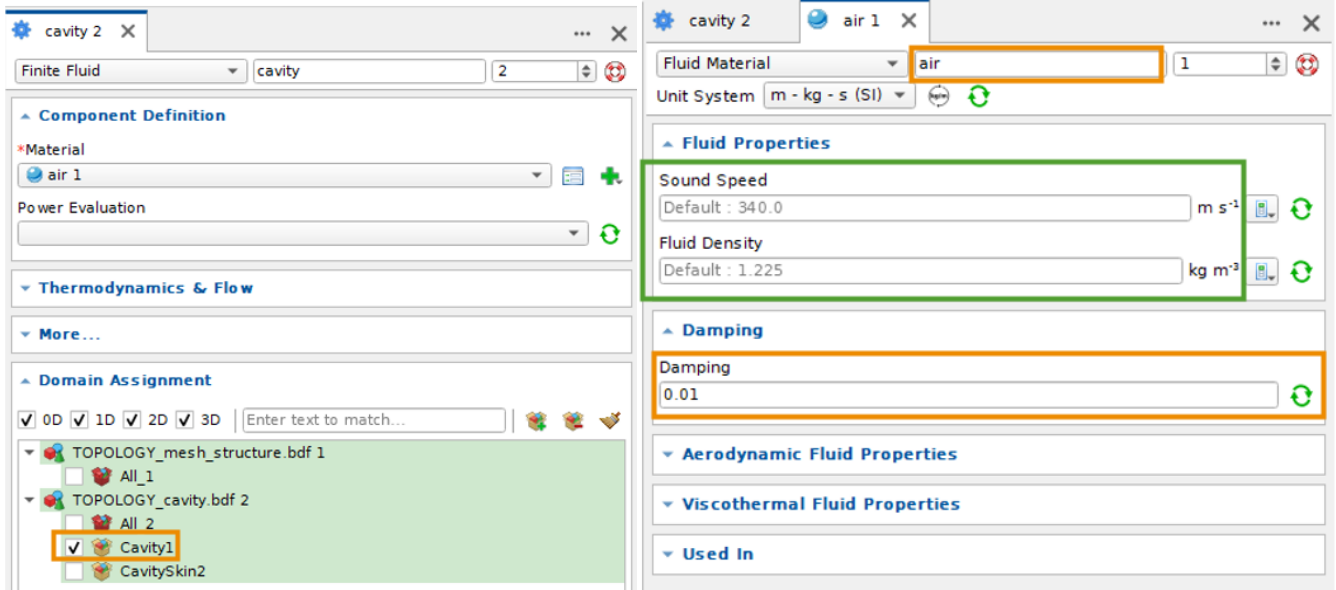
Analiz çalışmasından önce, yapının doğal frekansları taranmış olup, 105 Hz seviyesine kadar doğal frekanslar hesaplanmıştır. En yüksek frekans, 2/3 katsayısı ile çarpılarak frekans cevap analizinde kullanılacak frekans aralığı olan 70 Hz değeri elde edilmiştir.

Ek olarak Actran'ın modal elastik özellik tanımlama kabiliyeti sayesinde yapısal parçaların doğal frekanslarının ve mod şekillerinin her analiz için yeniden tanımlanma zorunluluğu yoktur. Modal elastik yapılara ait doğal frekans bilgileri, Actran arayüzüne doğrudan aktarılabilir (Şekil 6).



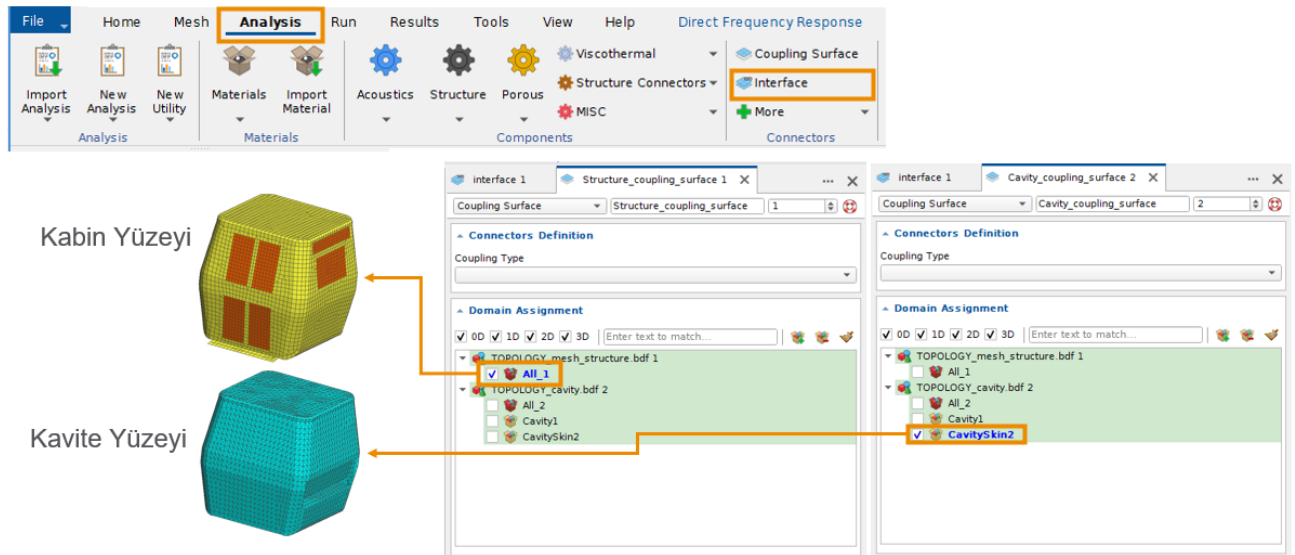
ŞEKİL 6 MODAL ELASTİK ÖZELLİK TANIMLA MENÜSÜ

Modal elastik malzemenin yanı sıra, Actran arayüzü içerisinde yapısal veya akışkan fark etmeksizin bütün akustik ortamlar tanımlanabilmektedir. Örneğin, teleferik kabini içerisinde bulunan hava Şekil 7’de gösterildiği gibi modele tanımlanmıştır. Aynı zamanda tanımlanan malzeme özellikleri kullanıcı kontrolünde değiştirilebilmektedir.



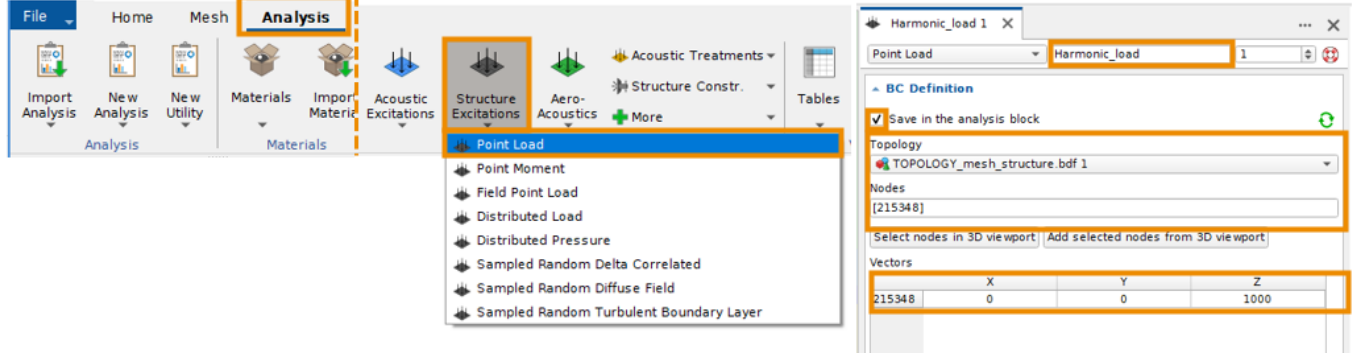
ŞEKİL 7 MALZEME TANIMLAMA ADIMLARI

Yapılar arasındaki akustik etkileşimin tanımlanabilmesi için, Actran arayüzünde “Interface” olarak adlandırılan temas tanımlarının oluşturulması gerekmektedir. Ses dalgaları ve titreşimler, “Interface” aracılığıyla bir ortamdan diğerine aktarılmaktadır. Etkileşim halinde olan yüzeyler gerek eleman bazında gerekse ürün ağacından seçilebilmekte ve bir tolerans aralığı içerisinde birbirleriyle eşleştirilmektedir (Şekil 8).



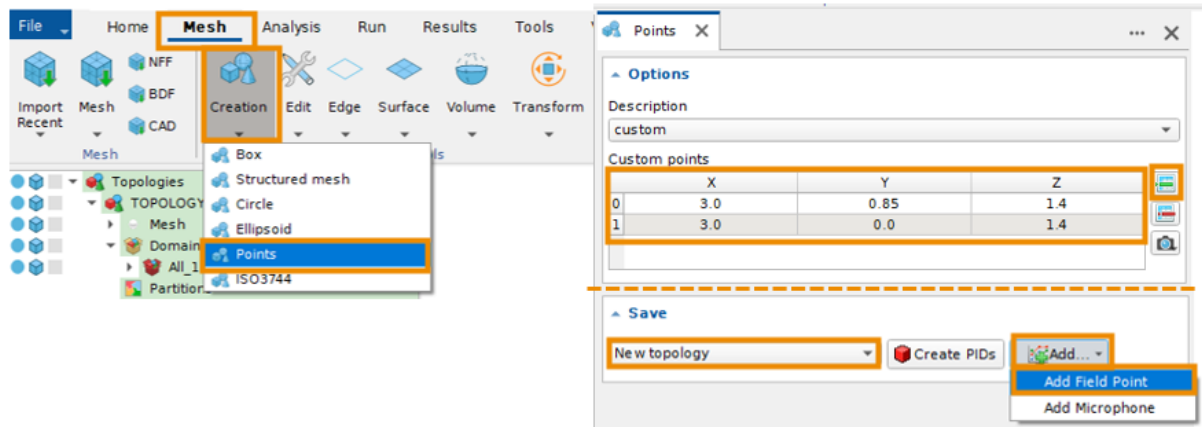
ŞEKİL 8 KONTAK BAĞLANTI ARAYÜZÜ

Bu çalışmada gürültü kaynağı, yapısal bir yük olarak tanımlanmıştır. Actran arayüzünde yapısal, akış kaynaklı veya test ile edilmiş gürültü kaynakları rahatlıkla tanımlanabilmektedir. Gürültü kaynakları zamana veya frekansa bağlı olarak bir tablo haline veya bir formülasyon halinde modele eklenebilmektedir. Şekil 9’da gösterildiği üzere yük koşulu olarak noktasal bir kuvvet oluşturulmuştur ve teleferik kabini yapısının tavan kısmında yer alan bir düğüm noktası üzerinde tanımlanmıştır.



ŞEKİL 9 NOKTASAL YÜK TANIMLAMA ADIMI

Tüm model girdileri oluşturulduktan sonra, gürültü seviyelerinin inceleneceği noktalar (field point) yapı üzerinde konumlandırılır (Şekil 10) ve analiz koşturulur. Tanımlanan noktalar bir mikrofon gibi düşünülebilir. Analiz bandı boyunca tanımlanan noktalar üzerinde oluşan gürültü seviyeleri hesaplanacak ve kaydedilecektir.

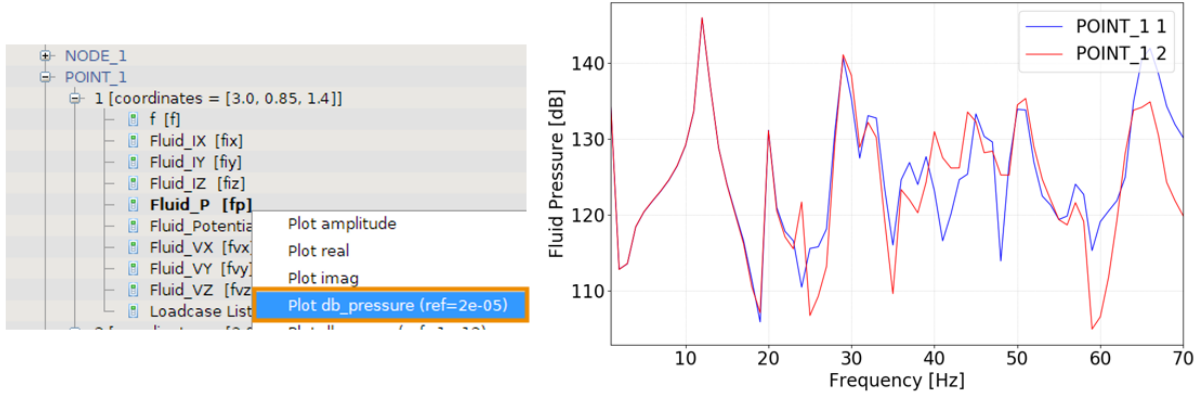


ŞEKİL 10 FIELD POINT TANIMLAMA ARAYÜZÜ

Sonuçların inceleneceği lokasyonlar seçildikten sonra modelleme işlemi tamamlanır ve analiz koşturulur. Tercihe bağlı olarak donanım üzerindeki çekirdeklerin paralel kullanımı sonuçların daha hızlı alınmasını sağlayacaktır.

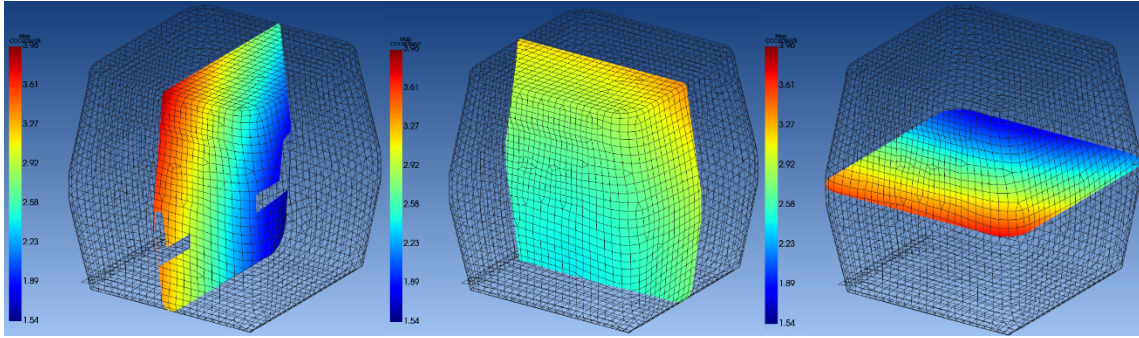
Sonuç

Analiz tamamlandıktan sonra, PLT formatında bir sonuç dosyası oluşmaktadır. Bu sonuç dosyası Actran PLTViewer programı tarafından okunabilmektedir ve analiz sonuçları tablolar halinde kullanıcıya sunulabilmektedir. Son derece kullanıcı dostu bir arayüzü bulunan PLTViewer üzerinde analiz sonuçları rahatlıkla incelenebilmektedir (Şekil 11).



ŞEKİL 11 FIELD POINTLERDEN ALINAN GÜRÜLTÜ-FREKANS SONUÇLARI

Ek olarak, kavitenin içini dolduran akışkan içerisindeki gürültü dağılımı da (dB(A)) görüntülenebilmektedir. Kavitenin tamamı üzerinde veya bir kesit oluşturarak kesit üzerinde sonuçlar incelenebilmektedir. Kesitlerin yönü ve konumu kullanıcı tarafından tanımlanabilmektedir. Şekil 12’de görüldüğü üzere kavite içerisinde oluşan gürültü, üç eksenle kesit alınarak detaylı bir şekilde görüntülenmektedir.



ŞEKİL 12 KAVİTE GÜRÜLTÜSÜNÜN KESİTLER HALİNDE İNCELENMESİ

Özet olarak bu çalışmada bir teleferik kabinine uygulanan harmonik yük sonucunda, kabinin iç gürültü seviyesini hesaplamak amacıyla bir vibroakustik analizi gerçekleştirilmiştir. Model oluşturulurken, akışkan ve modal elastik bileşenleri içeren hibrit modelleme yöntemi kullanılmıştır. Akışkan ile yapı arasındaki ayrık elemanları birleştirmek için bir kontak tanımlanması uygulanmıştır. Noktasal bir yük koşulu tanımlanmış ve iç kaviteye yerleştirilen field point’ler ile mikrofon davranışı modellenmiştir. Analiz sonuçları yine Actran arayüzünde incelenmiştir. Vibroakustik ve diğer birçok disiplindeki akustik problemler, Actran aracılığı ile kolaylıkla ve yüksek doğrulukta çözülebilmektedir.

Referanslar

1. Actran 2024.2 Release Guide
2. Actran 2024.2 User's Guide