



**TÜMOSAN**

**FORKLİFT DİKİZ AYNASININ  
TİTREŞİM KARAKTERİSTİĞİNİ  
ETKİLEYEN YAPISAL FAKTÖRLERİN  
İNCELENMESİ**

**BİAS KULLANICILAR  
KONFERANSI 2019**



**MEHMET TURGUT KAHVECİ  
TİTREŞİM VE GÜRÜLTÜ ANALİZ MÜHENDİSİ**



**TÜMOSAN**

## **İÇİNDEKİLER**

- 1. AMAÇ VE YÖNTEM**
- 2. SORUNUN TESPİTİ**
- 3. TİTREŞİM ANALİZLERİ**
- 4. MODAL TEST**
- 5. ARAÇ ÜSTÜ TESTLER**
- 6. TASARIMIN İNCELENMESİ**
- 7. YENİ TASARIMIN ANALİZİ**
- 8. ARAÇ ÜSTÜ DOĞRULAMA TESTLERİ**
- 9. DEĞERLENDİRME**





TÜMOSAN

## Amaç ve Yöntem

- Direksiyon, ayna, konsol ve benzeri kabin içi kısımlarda oluşan titreşimler araç sürücüsünü doğrudan etkiler
- Özellikle dikiz aynasındaki titreşimler ise konfor sorunlarının yanı sıra görüntü kaybına neden olarak sürüş konforu ve emniyetini de zedeler
- Bu çalışmada Tümosan 3.5 ton forklift geri görüş aynası titreşimi modal ve harmonik analizlerle incelenmiş, sonuçlar BIAS Mühendislik bünyesinde gerçekleştirilen modal testler ve aracın çalışma şartları altında İpetronik desteği ile alınan titreşim ölçümleri neticesinde doğrulanmıştır.
- Bulgular doğrultusunda yapılan tasarım değişiklikleriyle titreşim problemine çözüm sağlanmıştır.





## Sorunun Tespiti

Forkliftin ilk fonksiyon testlerinde aynadaki görüntünün farklı devir aralıklarında bulanıklaştığı göz ile tespit edildi. Araç üstü ivme ölçümleri ile görüntü kaybına neden olan ivme değerleri ve titreşim frekansları belirlendi.

## Titreşim Karakterizasyonu

Sorunun tespiti ile ayna modal ve harmonik analiz ve testlere tabi tutularak görüntü kaybına yol açan doğal frekanslar ve bu frekanslardaki harmonik cevaplar incelendi.

## Yeni Tasarım

Görüntü kaybını engellemek için sorunlu olduğu belirlenen frekans ve mod şekillerinde ortaya çıkan harmonik cevaplar yeni tasarımla azaltılmaya çalışıldı.

## Doğrulama

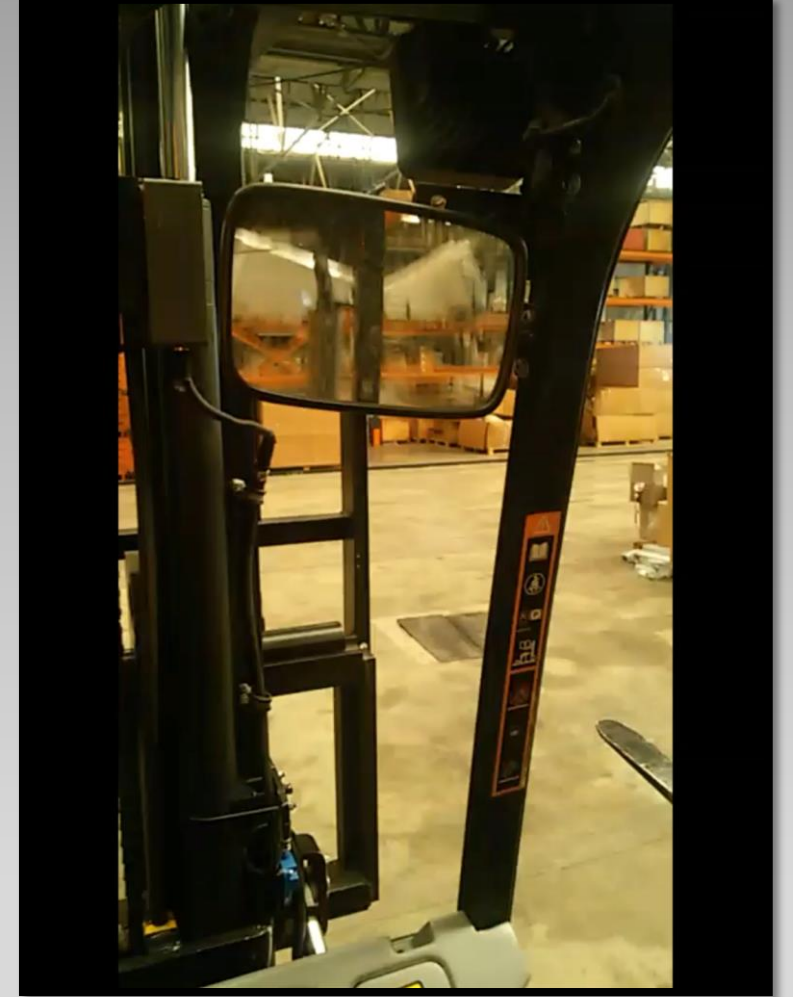
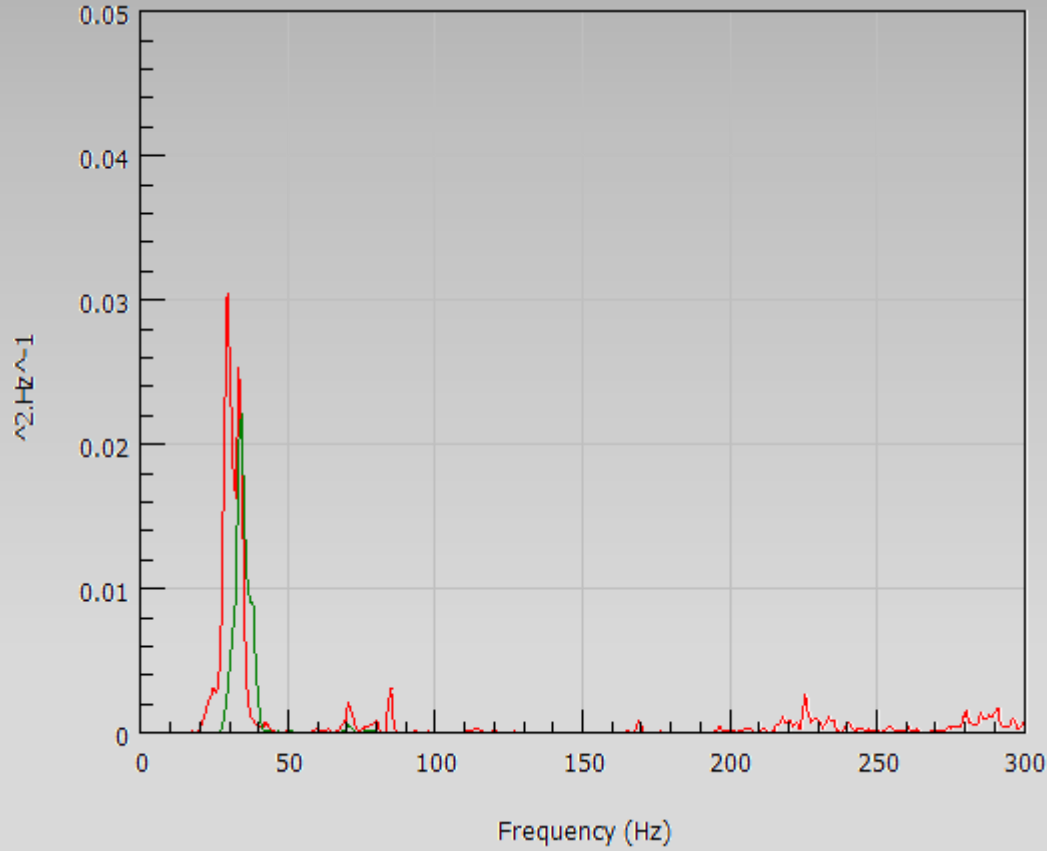
Eski ve yeni ayna prototiplerinin doğal frekans ve mod şekilleri çekiç testi ile belirlendi. Ardından yeni ayna araç üstü fonksiyon testlerinde kullanılarak ivme ölçümleri alındı.



TÜMOSAN

## Sorunun Tespiti

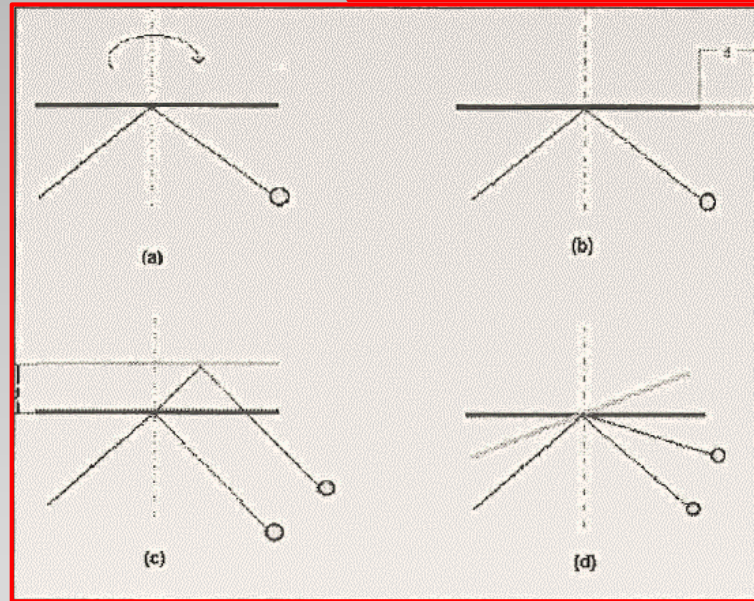
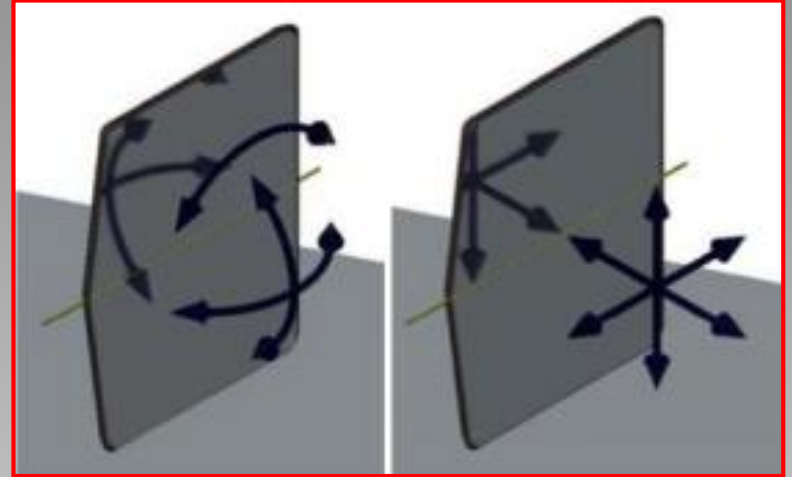
Tümosan 3.5 Ton forklift fonksiyon testleri sırasında özellikle \*\*\*\* ve \*\*\*\* rpm motor hızı civarında geri görüş aynasının görüntüye engel olacak şekilde titrediği görüldü.





## Sorunun Tespiti

- İnsan gözünün fizyolojik sınırlamalar nedeni saniye başına algılayabildiği en yüksek görüntü karesi (Frame per Second) sayısı 10-12 [fps] ile sınırlıdır.
- Dikiz aynasında odak noktasının değişmesine neden olan hareketler sürücü tarafından algılanabilecek sınırın ötesine geçtiğinde görüntü bulanıklaşmaktadır.



(a) ve (b) hareketleri görüş kaybına neden olmazken diğer 2 hareket ile görüntünün yeri değişmektedir\*

\*Larchez, A. & Naghdy, F. (2005). Real time prediction of vehicle mirror vibration. In S. Nagalingam, M. Chiu & G. Lin (Eds.), International Manufacturing Leaders Forum. South Australia: Centre for Advanced Manufacturing Research

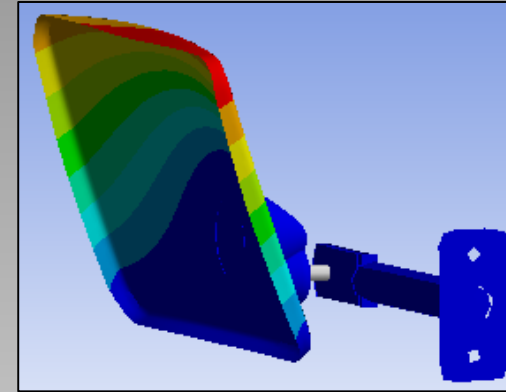


TÜMOSAN

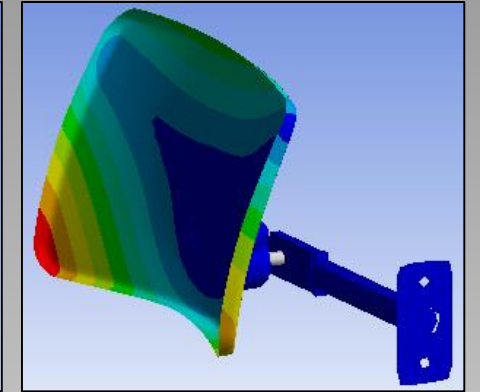
## Titreşim Analizleri

- Dikiz aynasının doğal frekansları incelendiğinde motor rölanti ve yoldan gelen yükler kaynaklı frekansların etki alanı olanı olarak kabul edebileceğimiz 0 – 80 hz civarında 3 modu tespit edildi.
- Bu frekanslar arasında araç üstü testlerde bulunan \*\* Hz değerine rastlanılmadı.

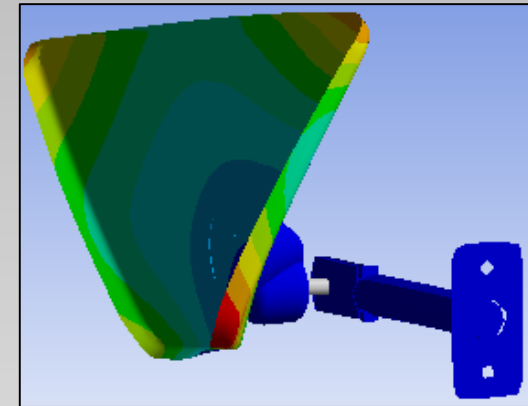
### Modal Analizler:



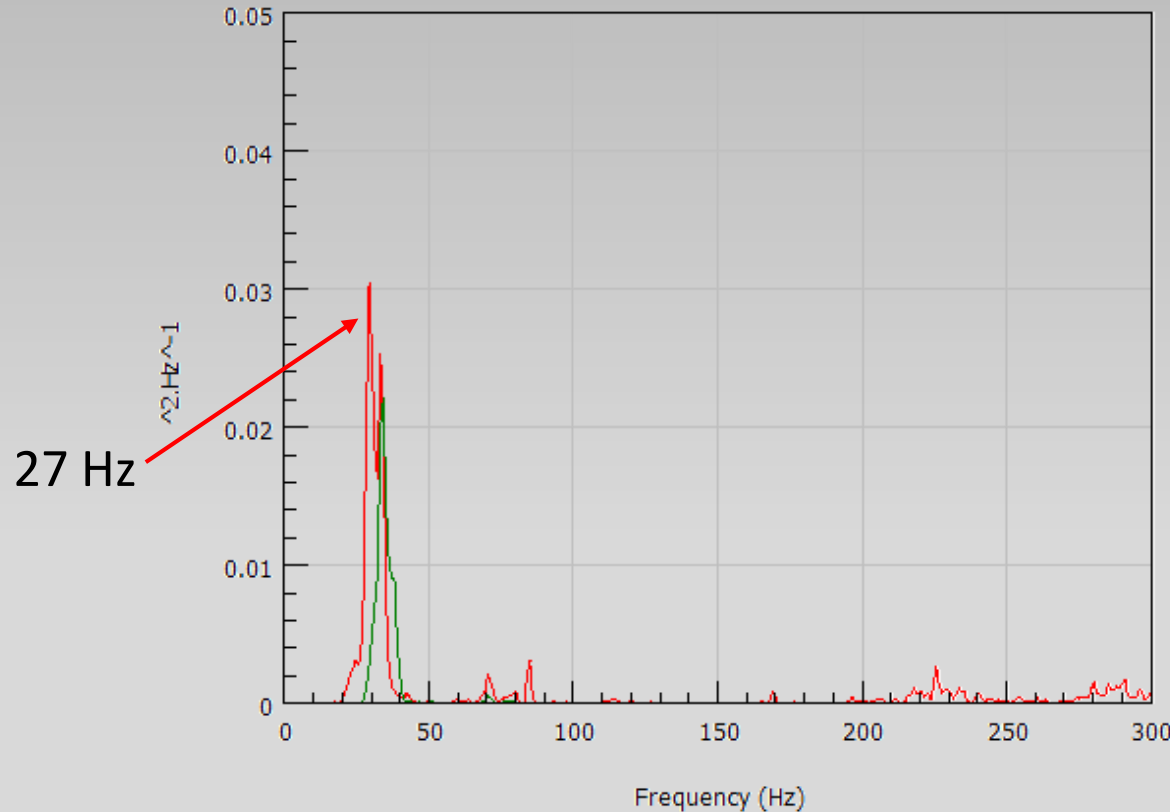
27.5 Hz



64.2 Hz



81.7 Hz



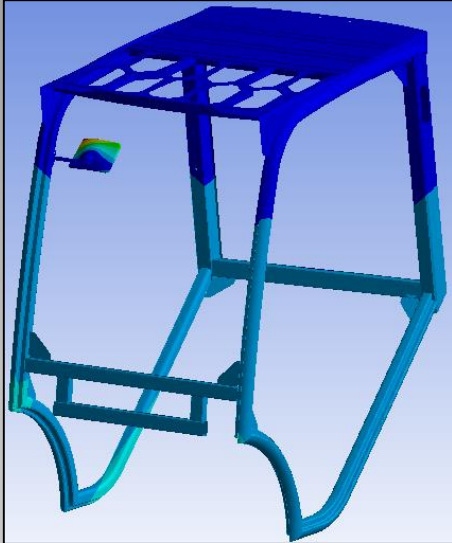




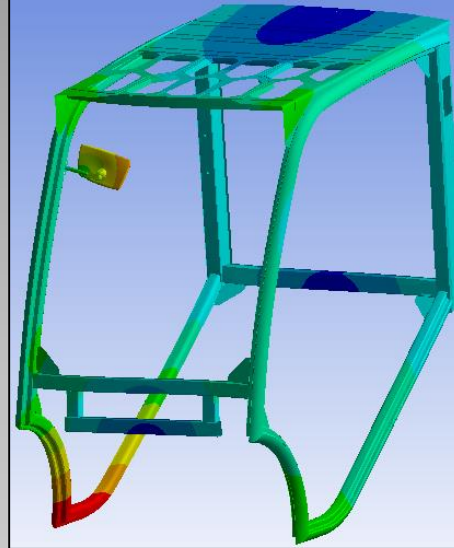
TÜMOSAN

## Titreşim Analizleri

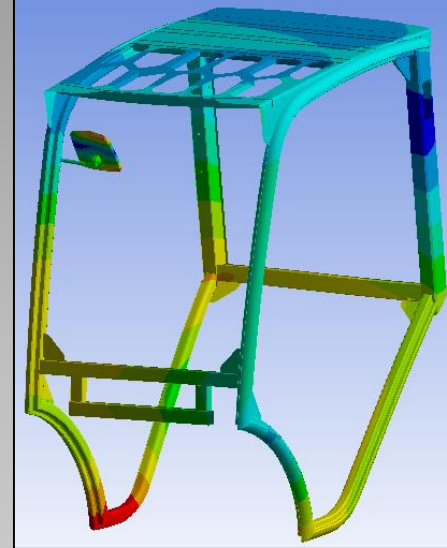
Kabin Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar:



1.Mod \* Hz



2.Mod \*\* Hz



3.Mod \*\*\* Hz

- Benzer şekilde aynanın kabin ile birlikte gerçekleştirilen modal analizlerinde de aynı aralıkta modlar tespit edilmiştir.
- Ek olarak araç üstü testlerde tespit edilen ayna modlarından kaynaklanmayan \*\* Hz frekansın da kabin titreşiminden kaynaklanabileceği görüldü.







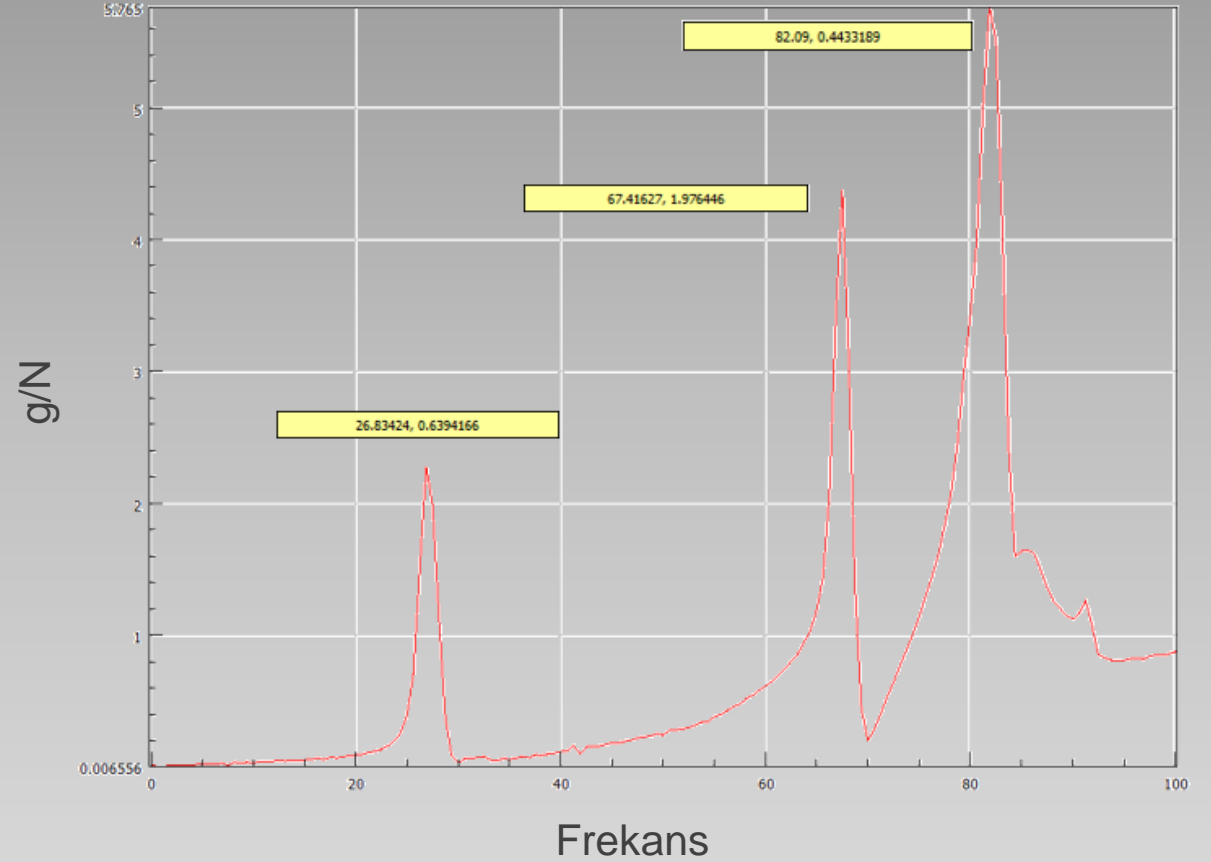
TÜMOSAN

## Modal Test

### Modal Test Sonuçları

Doğal Frekanslar		
Analiz Sonuçları	Test Sonuçları	Fark
27.5 Hz	26.8 Hz	-2.61%
64.2 Hz	67.4 Hz	4.75%
81.7Hz	82.1 Hz	0.49%

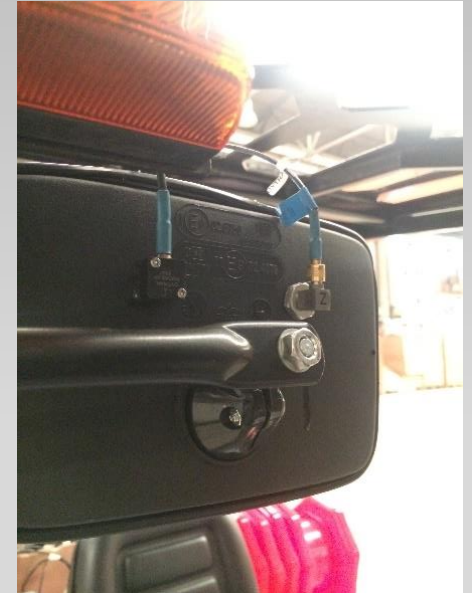
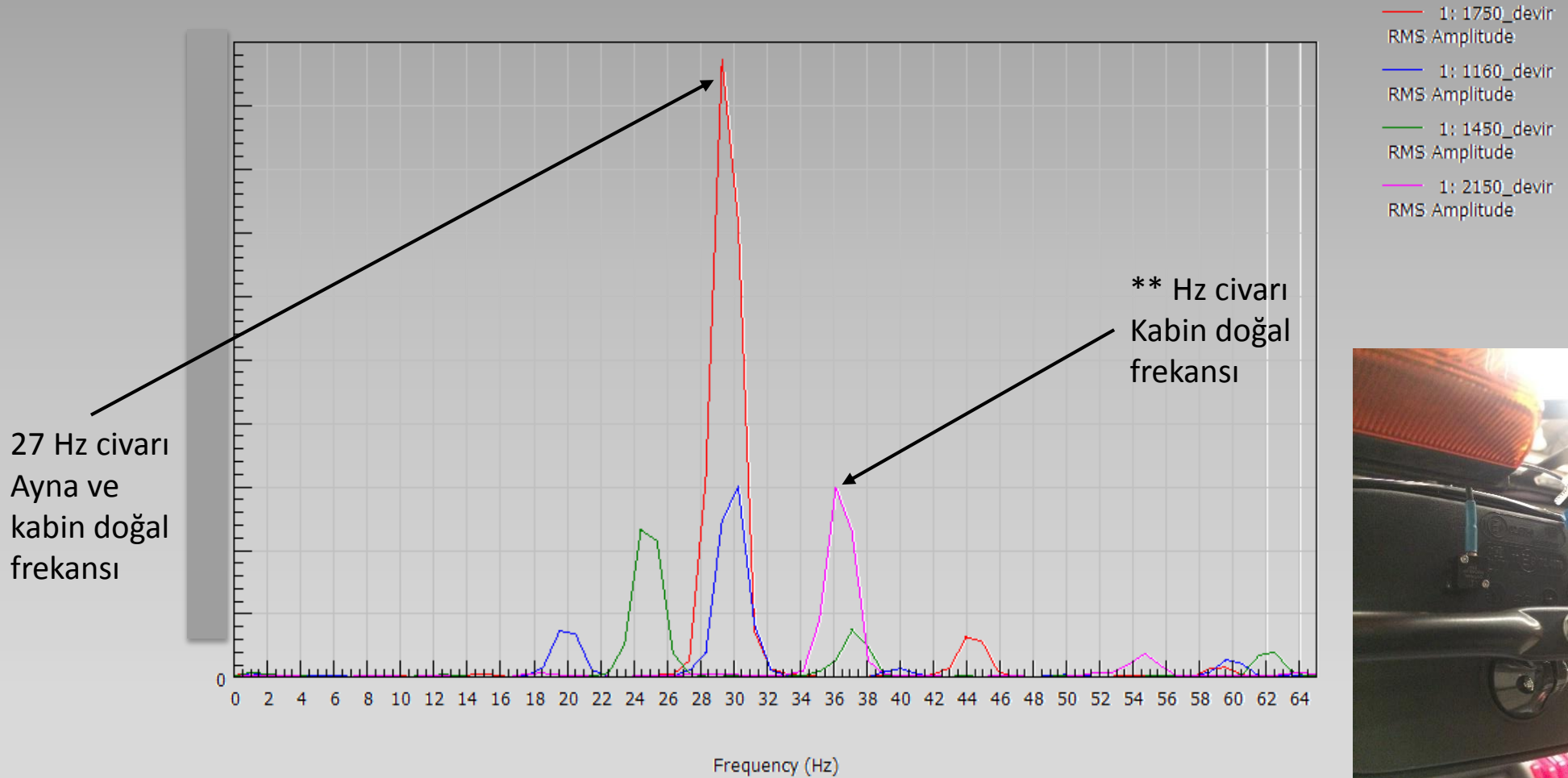
Modal testlerde analiz sonuçları ile benzer doğal frekanslar elde edilmiştir.



İvme ölçümü

Kuvvet uygulama

Grafikte motor çalışma frekanslarıyla çakışma halinde oluşan rezonans durumu görülebilir.



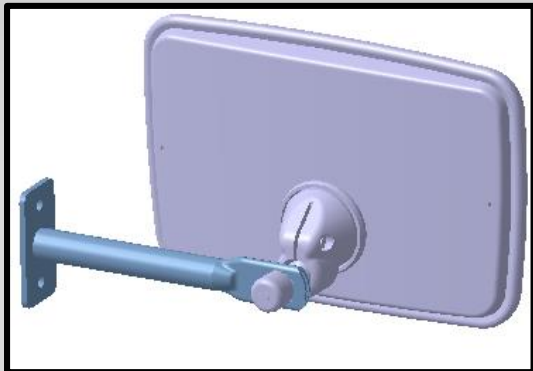
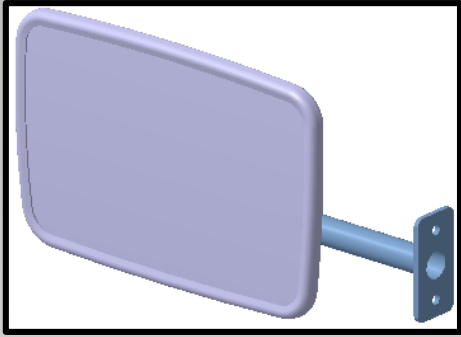


TÜMOSAN

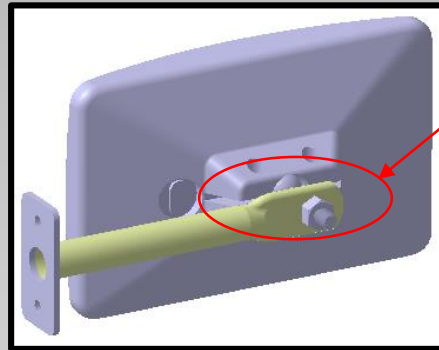
## Yeni Tasarım

- Ayna titreşimine karşı alınabilecek önlem olarak aynanın bağlantı noktası konumu ve bağlantı noktası çevresinin direngenliği görüldü.

### İlk Tasarım:

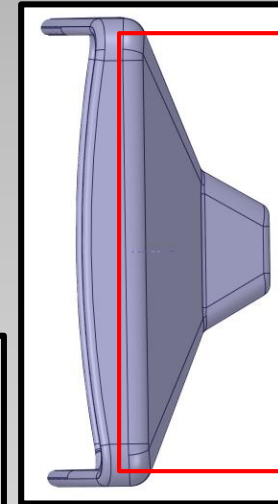
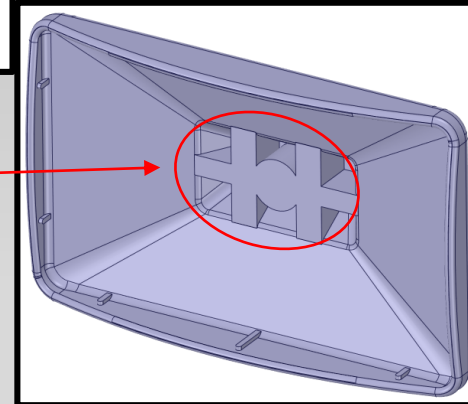


### Yenilenen Tasarım:



Bağlantı noktası  
ortaya taşındı

İç tarafta bağlantı  
noktası çevresine  
federler eklendi



Bağlantı noktası  
ile ayna arası  
geçiş  
deformasyonu  
azaltacak şekilde  
tasarlandı

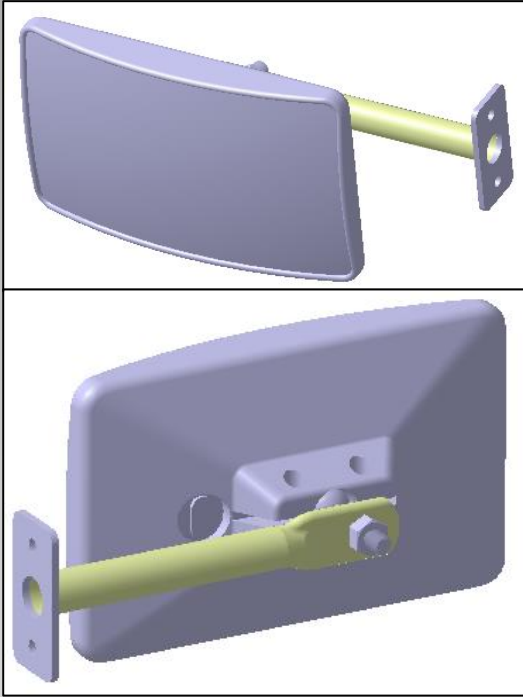




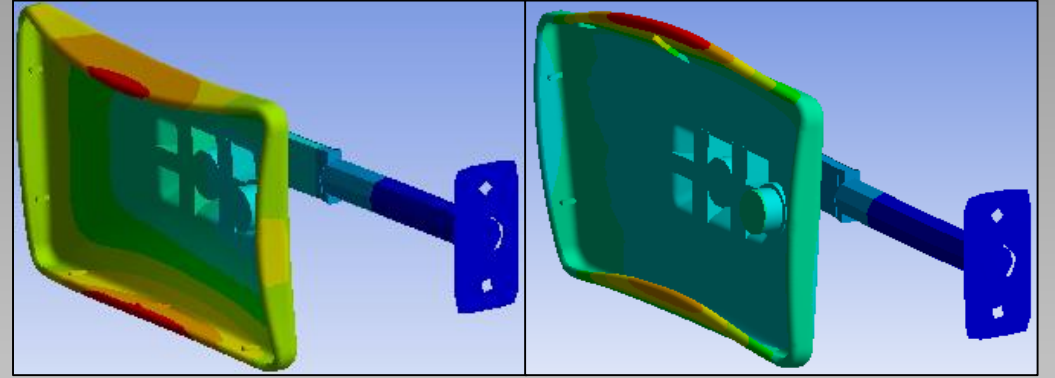
TÜMOSAN

# Titreşim Analizleri

İyileştirilen  
Tasarım:



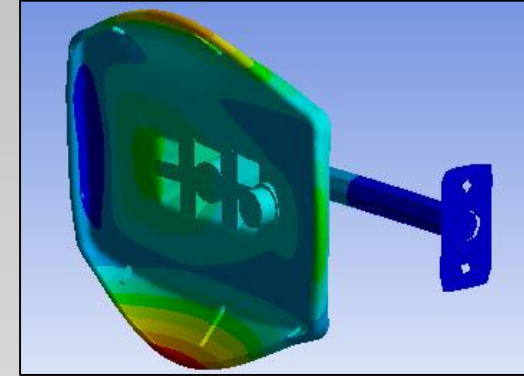
Mod Şekilleri:



90.3 Hz

123.3 Hz

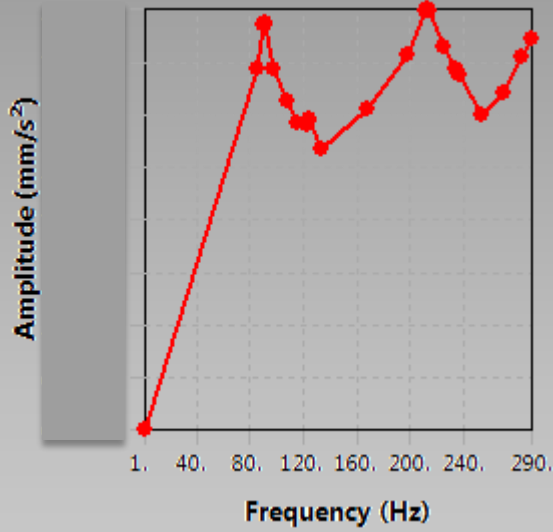
Doğal Frekanslar	
Eski Tasarım	Yeni Tasarım
27.5	90.3
64.2	123.3
81.7	212.21



212.2 Hz

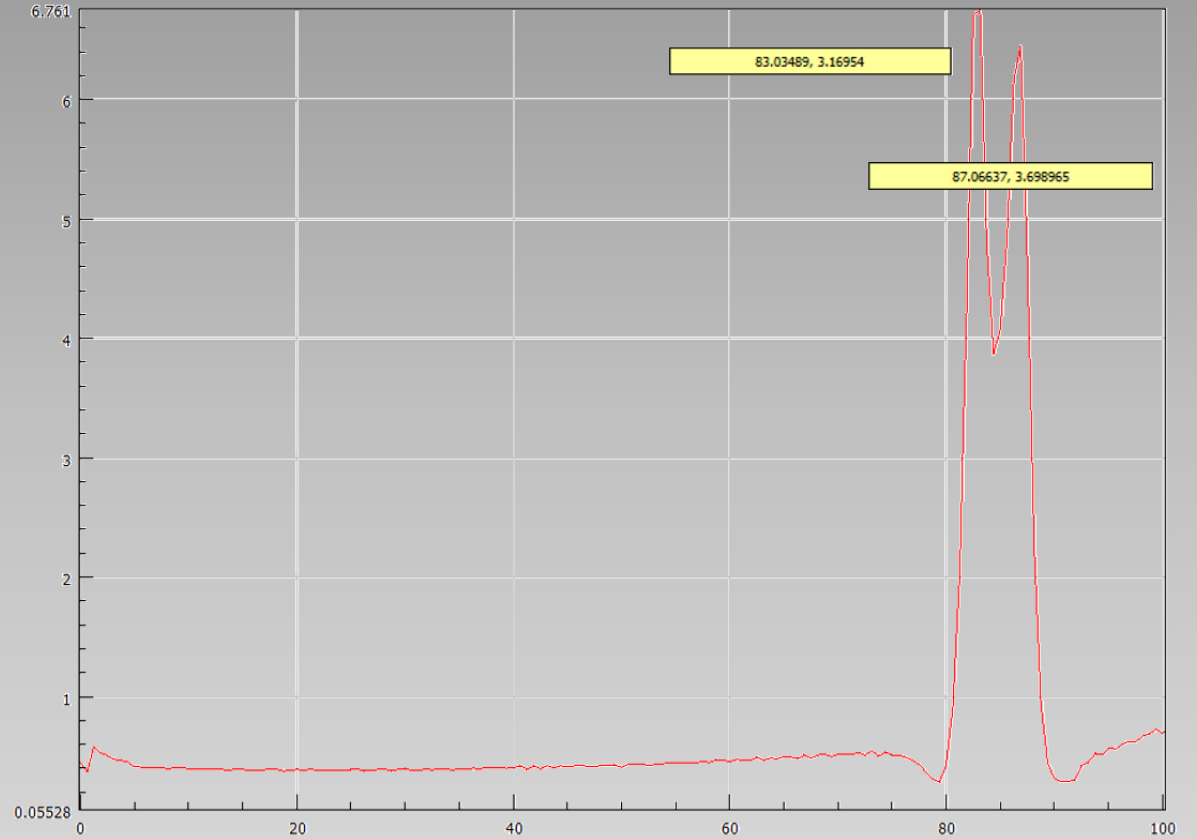


## Analiz Sonuçları:



- Tasarımda yapılan değişikliklerle en düşük doğal frekans 80 Hz'in üzerine ötelendi.

## Modal Test Sonuçları:



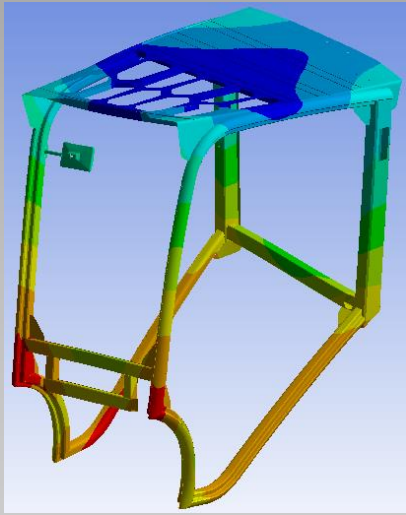
Kuvvet uygulama

İvme ölçümü



## Titreşim Analizleri

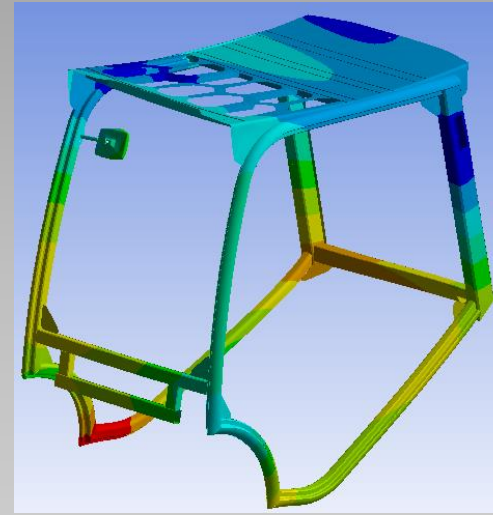
- Kabin ile birlikte analiz durumunda 27 Hz'de aynadaki rezonansın engellenmesiyle ilk duruma göre iyileşme görülmekte.



\* Hz



\*\* Hz

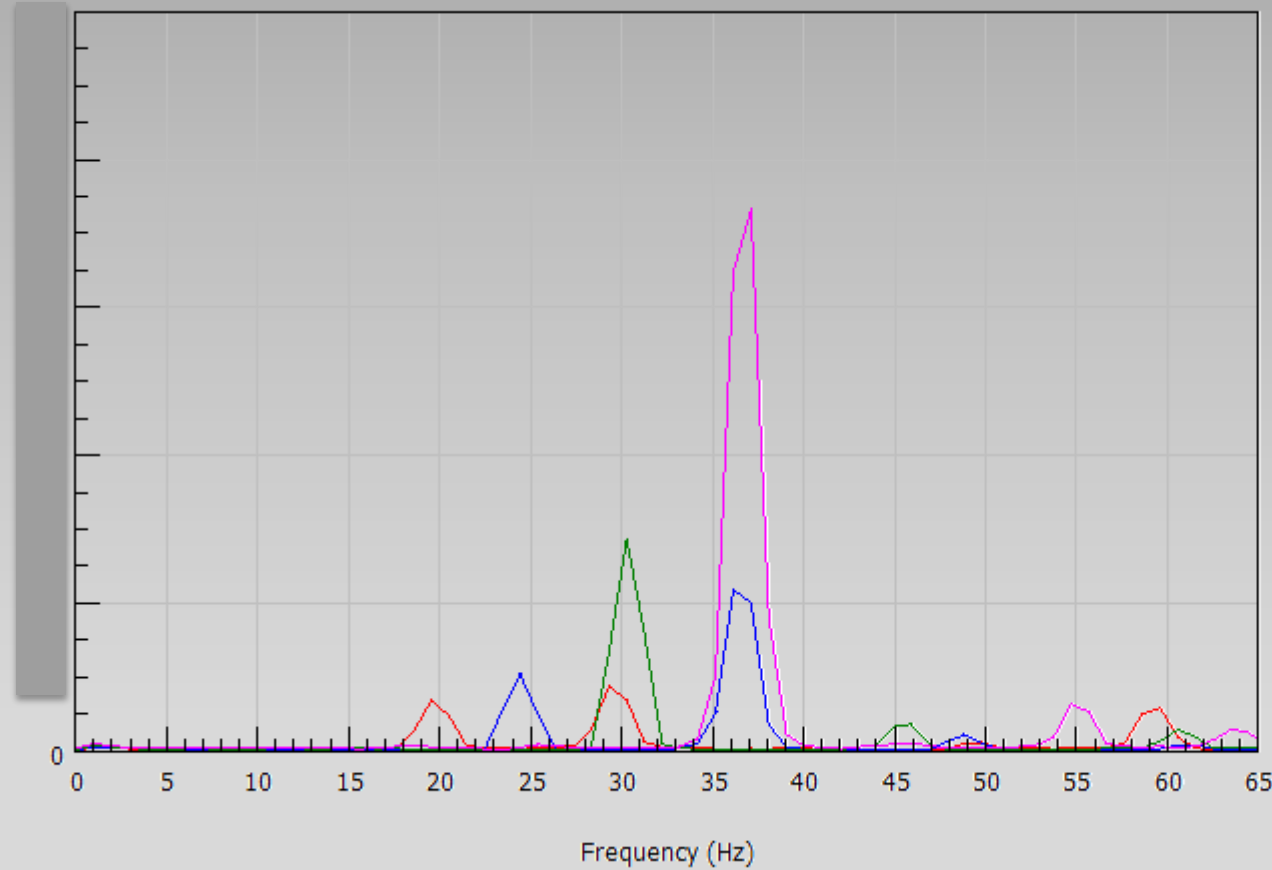


\*\*\* Hz

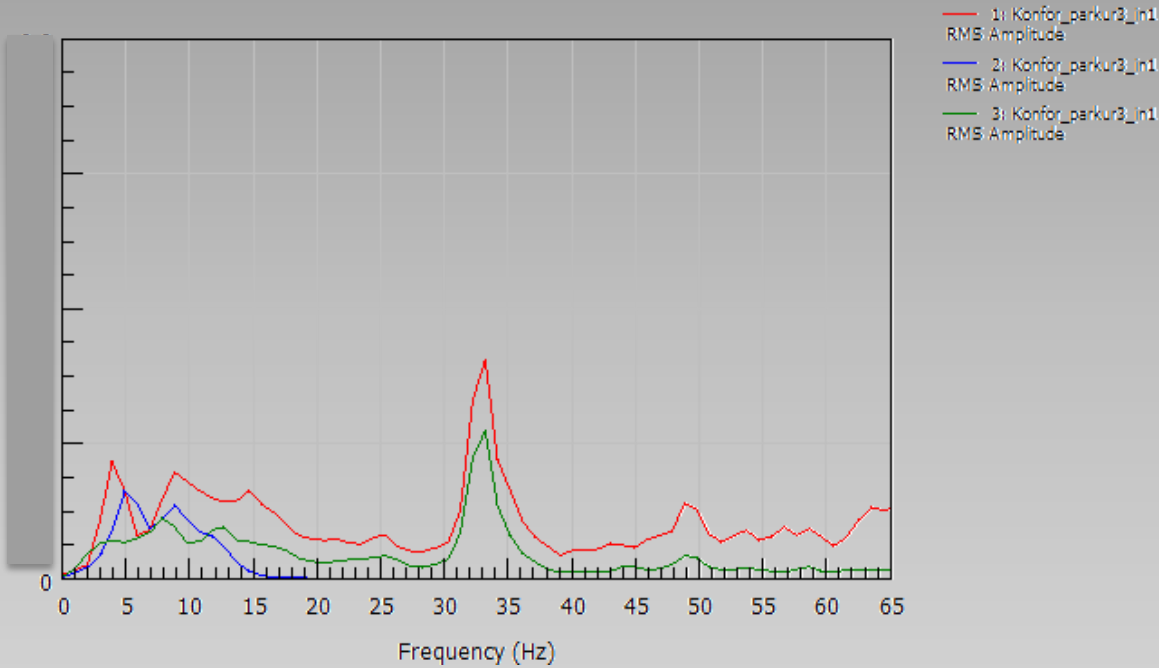
- \*\* ve \*\*\* Hz kabin modlarında da ilk duruma göre ayna hareketinin azaldığı görülebilir. ➔



- Yeni tasarlanan ayna ile ilk doğal frekansın 80 Hz üstüne ötelenmesi sayesinde testlerde ölçülen ivme değerlerinin düştüğü gözlenmiştir.
- 27 Hz'teki kabin ve ayna titreşimi büyük oranda engellenirken \*\* Hz'teki etkiler azaltılmıştır.



- Regülasyonlar çerçevesinde belirlenen konfor parkurunda da ivme büyüklüklerinin çok yukarı çıkmadığı görüldü.





- Forklift dikiz aynasındaki görüntü kaybı sorunu özellikle aynanın rezonans durumuna gözlenmekte
- Ayna titreşimi üzerinde aynanın kendi doğal frekanslarının yanı sıra kep kaynaklı titreşim etkileri de görüntü kaybına neden olabilmekte
- Yeni tasarımda bağlantı noktasının yerinin ortaya alınması ve gövde içine eklenen federler doğal frekansların yukarı çekilmesinde etkili olmuştur.
- Yeni ayna tasarımının sahip olduğu yüksek doğal frekansları ve kep kaynaklı titreşimleri sönmüleyebilmesi sayesinde görüntü kaybının önüne geçilmiştir.





**TÜMOSAN Motor ve Traktör Sanayi A.Ş.**

Merkez : Dünya Ticaret Merkezi A3 Blok Kat:8 34149 Yeşilköy / İstanbul  
Tel : +90 (212) 468 19 00  
Faks : +90 (212) 465 25 86  
Fabrika : Büyükkayacık Mah. Aksaray Çevre Yolu Cad. No:7/1 Selçuklu / Konya  
Tel : +90 (332) 239 05 40  
Faks : +90 (332) 239 11 88  
E-Mail : info@tumosan.com.tr  
Web : www.tumosan.com.tr

<https://www.facebook.com/tumosan.motortraktor>



<http://twitter.com/tumosan>

