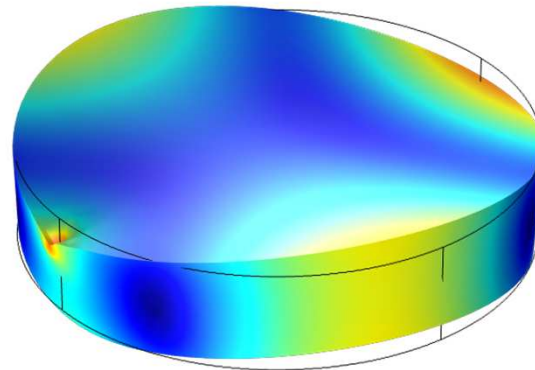


# Precision av modalanalys för styvhetsbestämning av asfalt

Metoddagen 8 februari 2018



Anders Gudmarsson  
Peab Asfalt AB

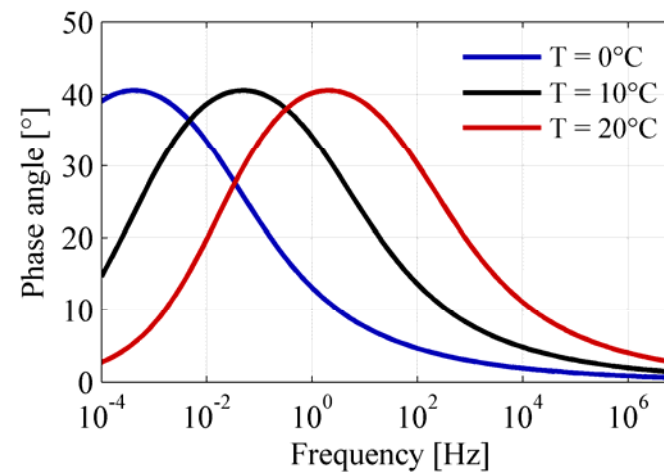
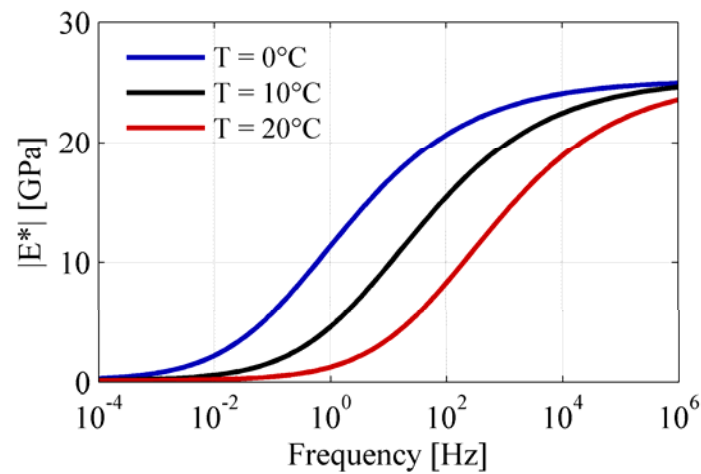


## Innehåll

- Bakgrund
- Modalanalys
- Syfte och projektplan
- Preliminära resultat

## Bakgrund

- Komplex modul  $E^* = E' + iE'' = |E^*| \cdot e^{i\Phi}$
- Temperatur och frekvensberoende



## Bakgrund

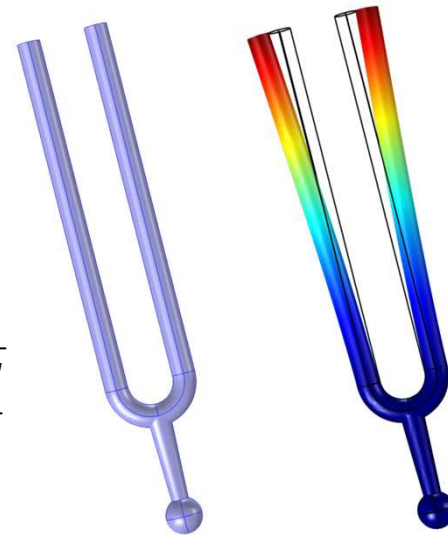
- Konventionell cyklisk belastning
  - Dyr utrustning
  - Tidskrävande
  - Dimensioner
  - Oförstörande?
- Modalanalys möjliggör ekonomisk, noggrann och oförstörande provning



## Bakgrund

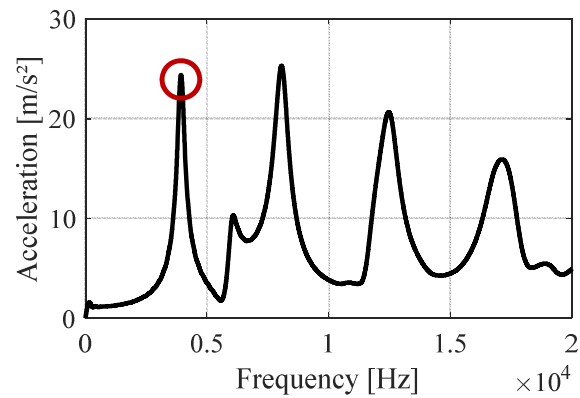
- Resonans uppstår när frekvenserna av en drivande kraft matchar systemets egenfrekvenser
- Resonansfrekvenserna beror på:
  - Randvillkor
  - Styvhet (E)
  - Densitet ( $\rho$ )
  - Dimensioner ( $l, A$ )

$$f \propto \frac{1}{l^2} \sqrt{\frac{AE}{\rho}}$$



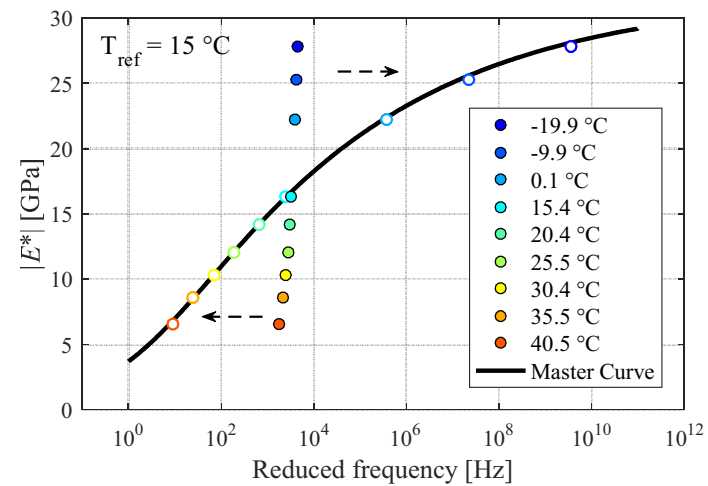
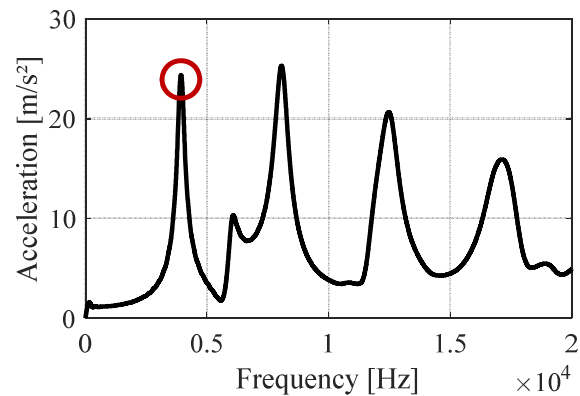
## Bakgrund

- Resonansfrekvensmätningar
  - Vanlig metod (standarder, ASTM C215)
  - Förenklade ekvationer,  $L/D > 2$

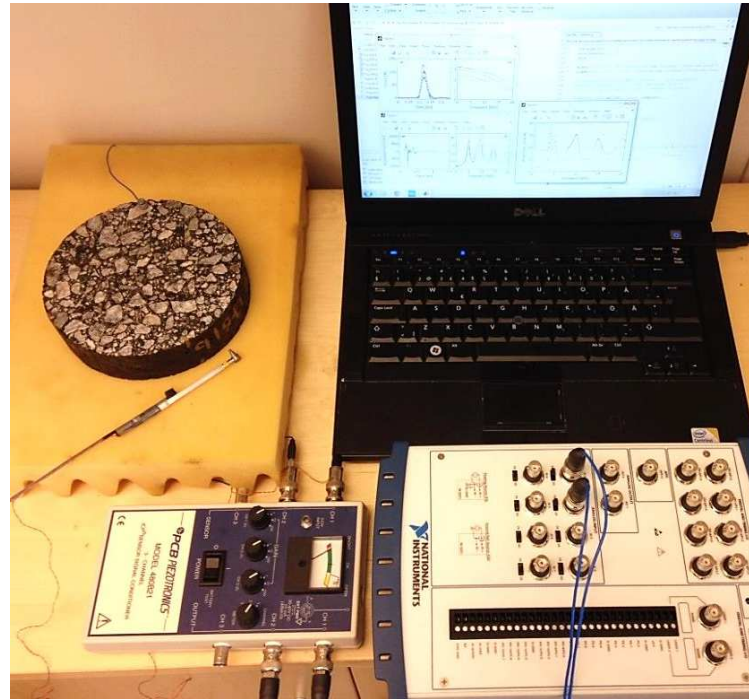


## Bakgrund

- Resonansfrekvensmätningar
  - Vanlig metod (standarder, ASTM C215)
  - Förenklade ekvationer,  $L/D > 2$



## Modalanalys





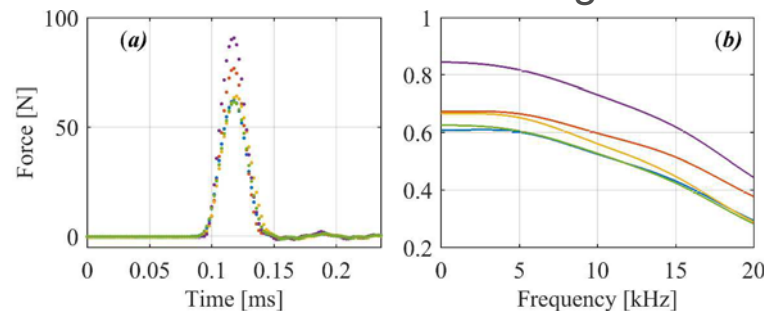
## Modalanalys

- Hammare - tillför energi över relevant frekvensintervall



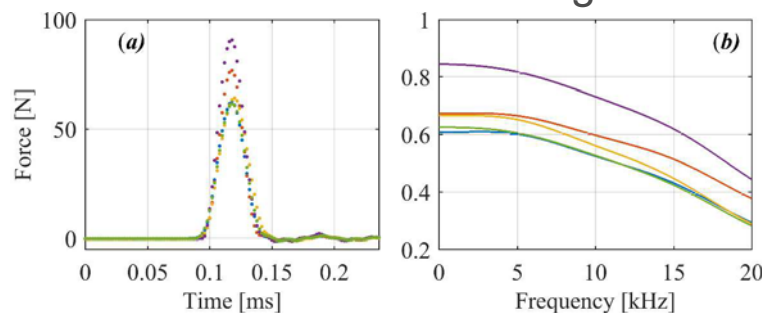
## Modalanalys

- Hammare - tillför energi över relevant frekvensintervall

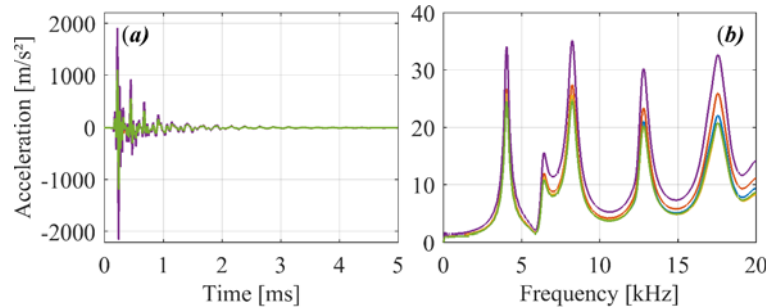


## Modalanalys

- Hammare - tillför energi över relevant frekvensintervall



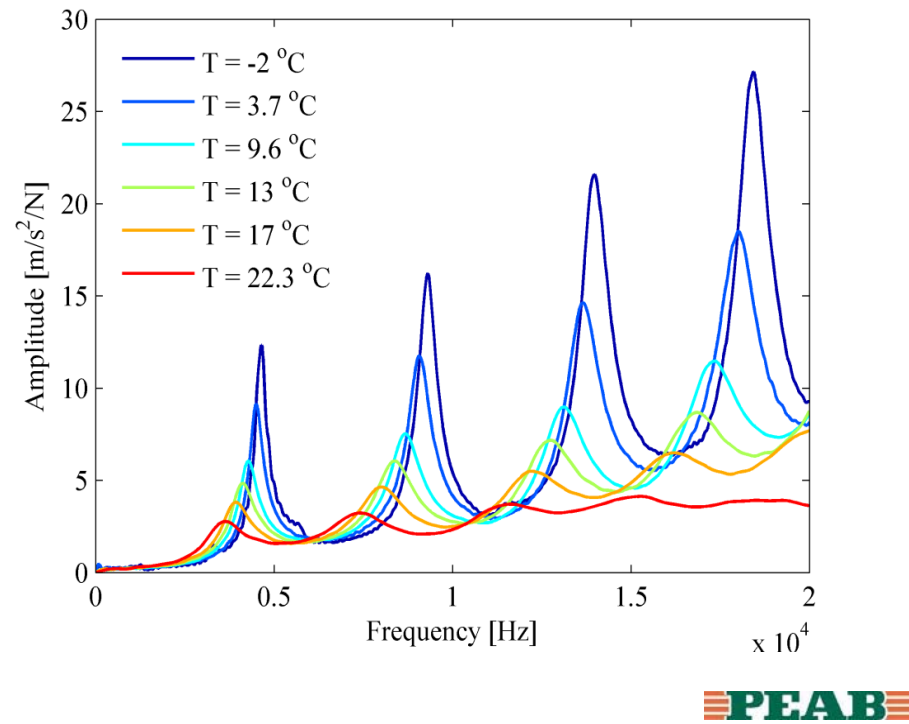
- Accelerometer –  
responsen i provkroppen



## Modalanalys

- Frekvensresponsfunktioner (FRFs)

- acceleration/kraft

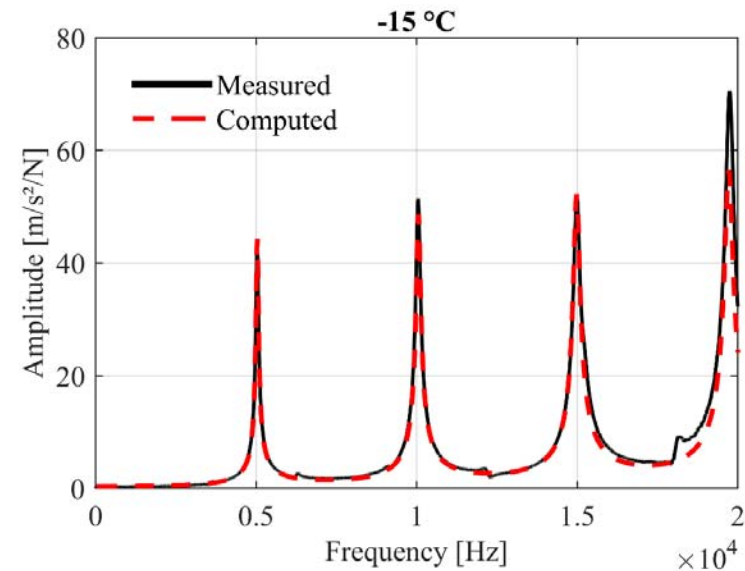
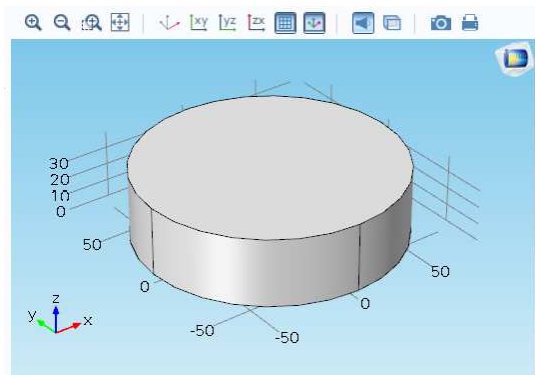


## Modalanalys

- Bestämning av  $E^*$  och  $\nu^*$  (styvhet)

- COMSOL Multiphysics (FEM)

1. Anta värden för  $E^*$  och  $\nu^*$
2. Beräkna FRF med FEM
3. Uppdatera  $E^*$  och  $\nu^*$  iterativt
4. En bra passning mellan beräknad och uppmätt FRF ger  $E^*$  och  $\nu^*$



## Syfte (SBUF projekt)

- Utvärdera precision (repeterbarhet och reproducerbarhet) av modalanalys för styvhetsbestämning av asfalt
- Utvärdera svårigheter och förbättringsmöjligheter med metodiken
- Projektet kan bidra till och möjliggöra en framtida metodstandard

## Projektplan

- Deltagare:
  - Peab
  - Skanska
  - VTI
  - ENTPE (Lyons Universitet)
  - Eiffage



## Projektplan

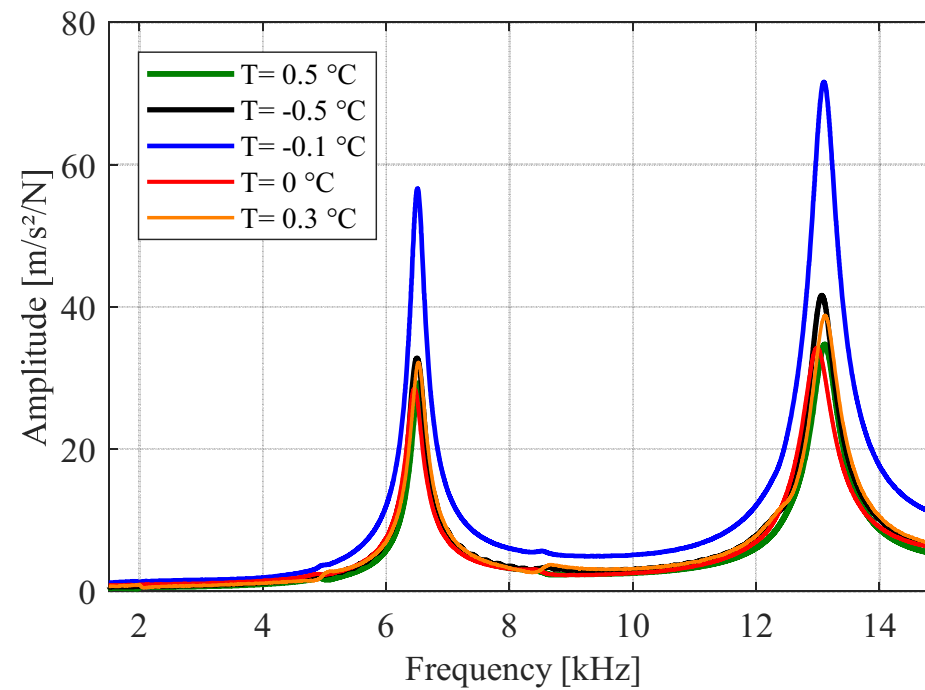
- Provning:  
Samma provkroppar mäts av respektive labb.
  - GB5 (diskar, balkar och cylindrar)
  - ABS 16 (diskar)
  
- Analyser:
  - Utvärdering av mätningar och rådata
  - Utvärdering av styvhet bestämd av respektive labb.  
(jmf. av modeller)
  - Utvärdering och jämförelse av masterkurvor



## Preliminära resultat

### GB5 - Balk

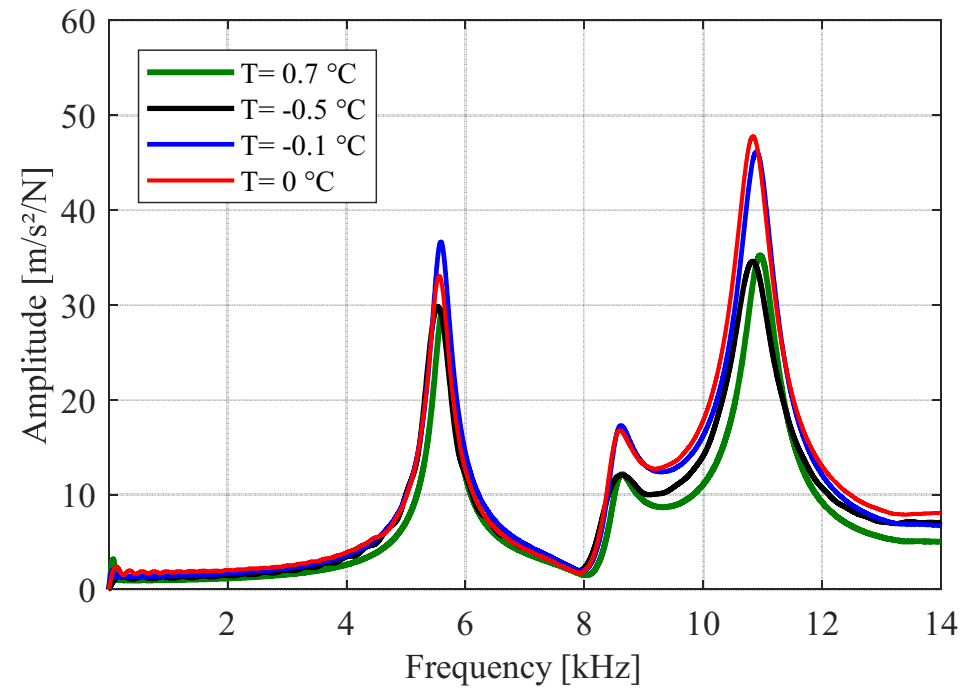
Längd = 300 mm, Bredd = 50 mm, Höjd = 50 mm



## Preliminära resultat

### ABS 16 - Disk

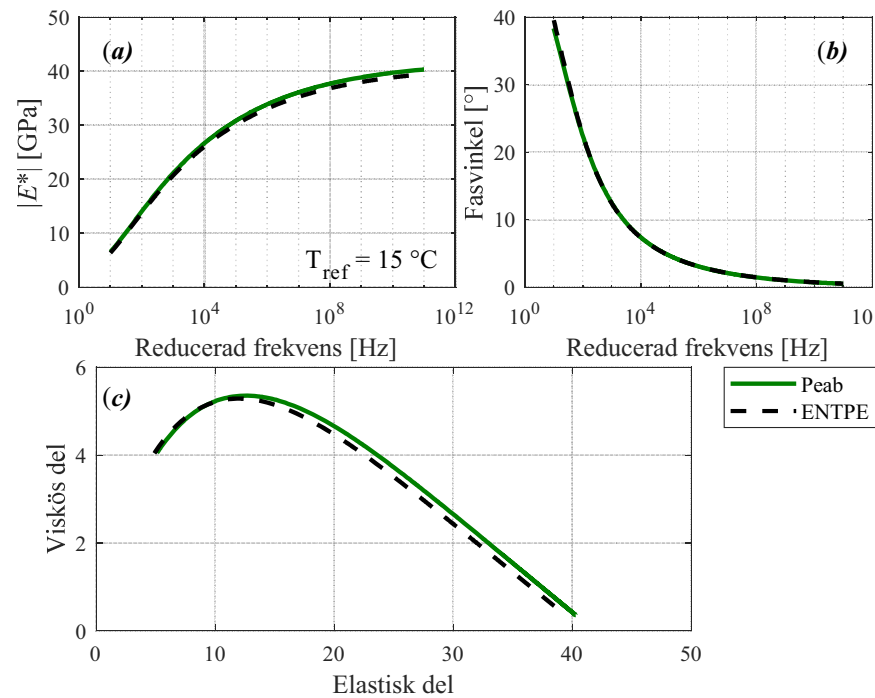
Höjd = 40 mm, Diameter = 150 mm



## Preliminära resultat

### ABS 16 - Disk

Höjd = 40 mm, Diameter = 150 mm



## Jämförelse mot EN-metoder

SS-EN 12697-26:2012

- Precision för 2-punkt provning
- Utvärderat vid **15 °C** och **10 Hz**
- Variationskoefficient (CV)  
CV = std / medelvärde = **6.4 %**
- Modalanalys
  - Max CV = **2.1 %**
  - Min CV = **1.3 %**

