

Seismik

Nils Rydén, Peab / Lunds Tekniska Högskola

MetodgruppenVTI 091015



LUND
UNIVERSITY

PEAB

Disposition VTI 091015

- **Bakgrund ljudvågor och styvhetsmodul**
- **Mätning i fält**
- **Mätning i laboratorium**
- **Profilerande kontaktlösa mätningar**
- **Sammanfattning och frågeställningar**

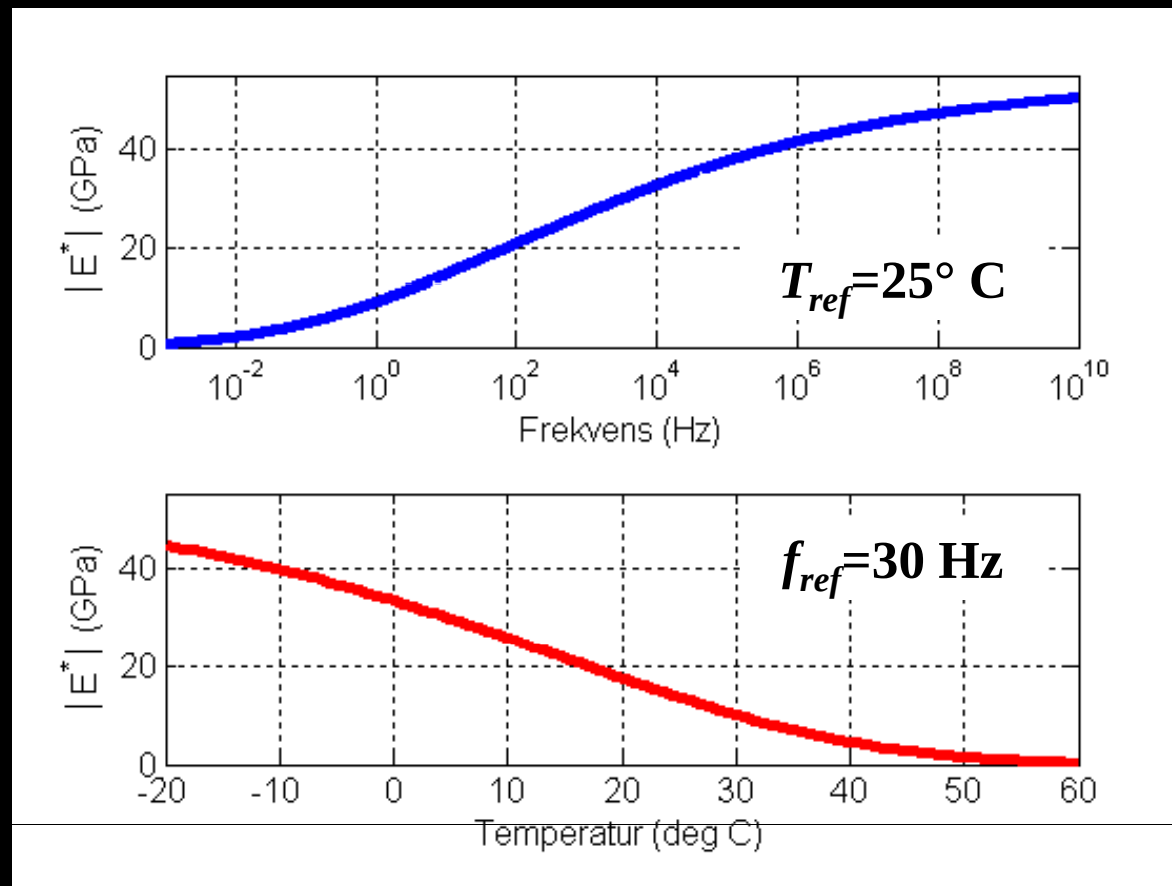
Bakgrund

- Dynamisk E-modul och tjocklek är avgörande parametrar vid dimensionering för utmattning och permanenta deformationer



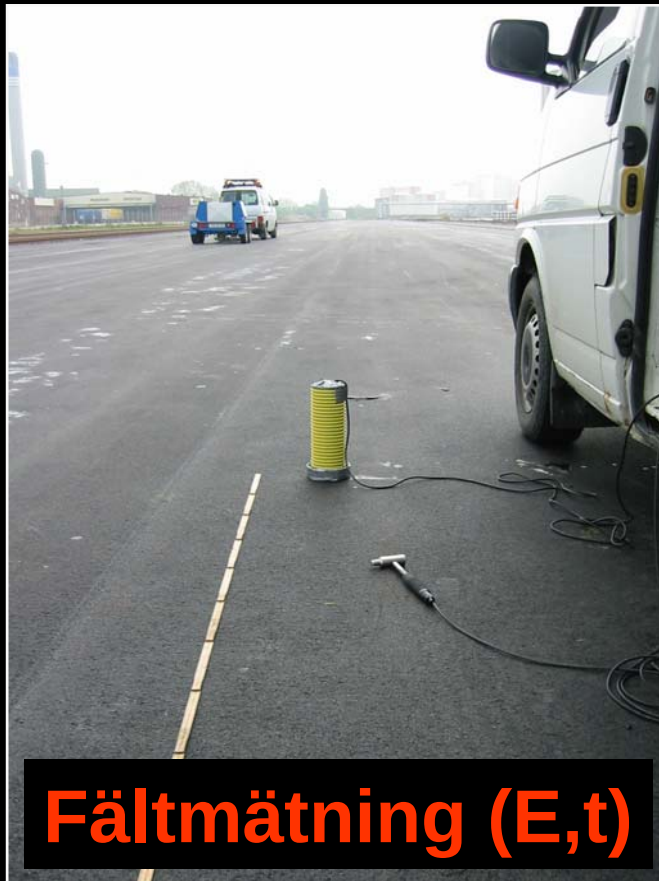
E-modul i asfalt

- Den dynamiska styvhetsmodulens temperatur och frekvensberoende kan beskrivas med en masterkurva.

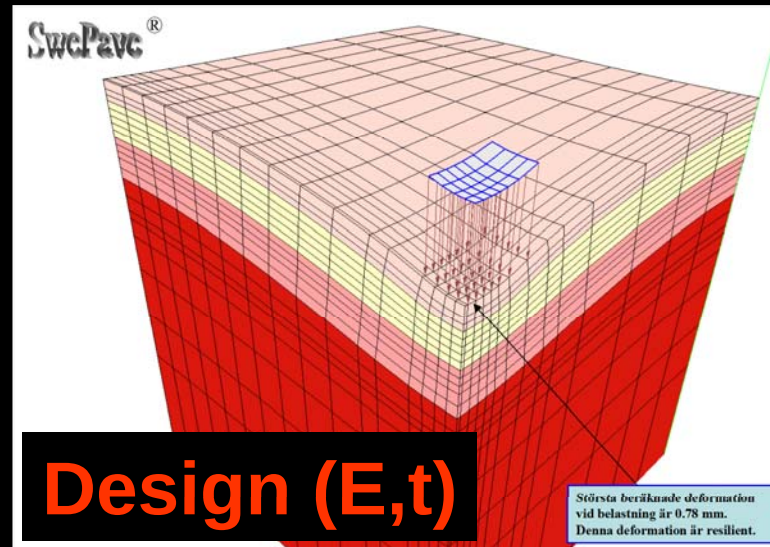


Seismik! Länken mellan Design-Fält-Lab

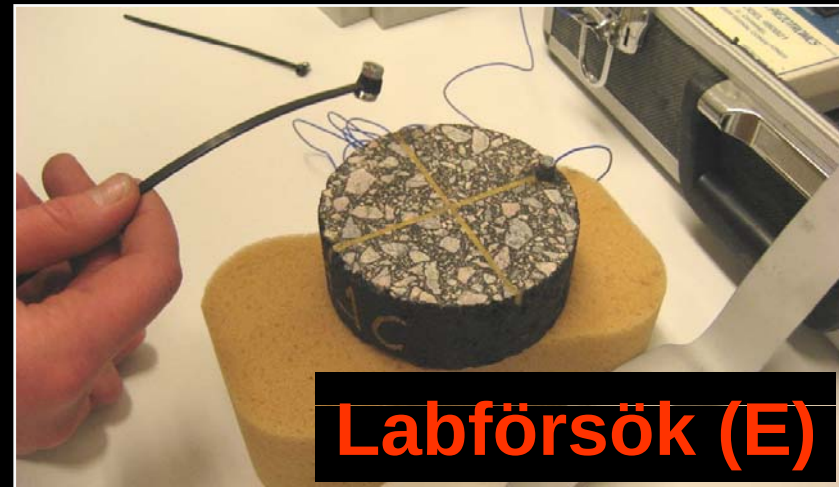
**Styvhetsmodul (E)
Tjocklek (t)**



Fältnätning (E,t)



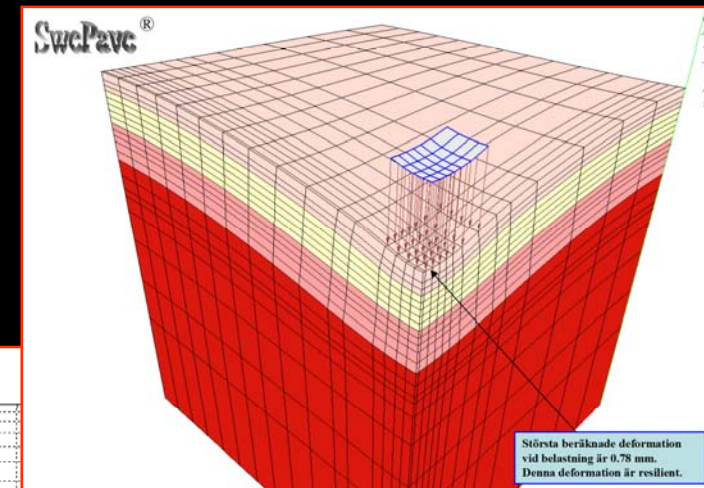
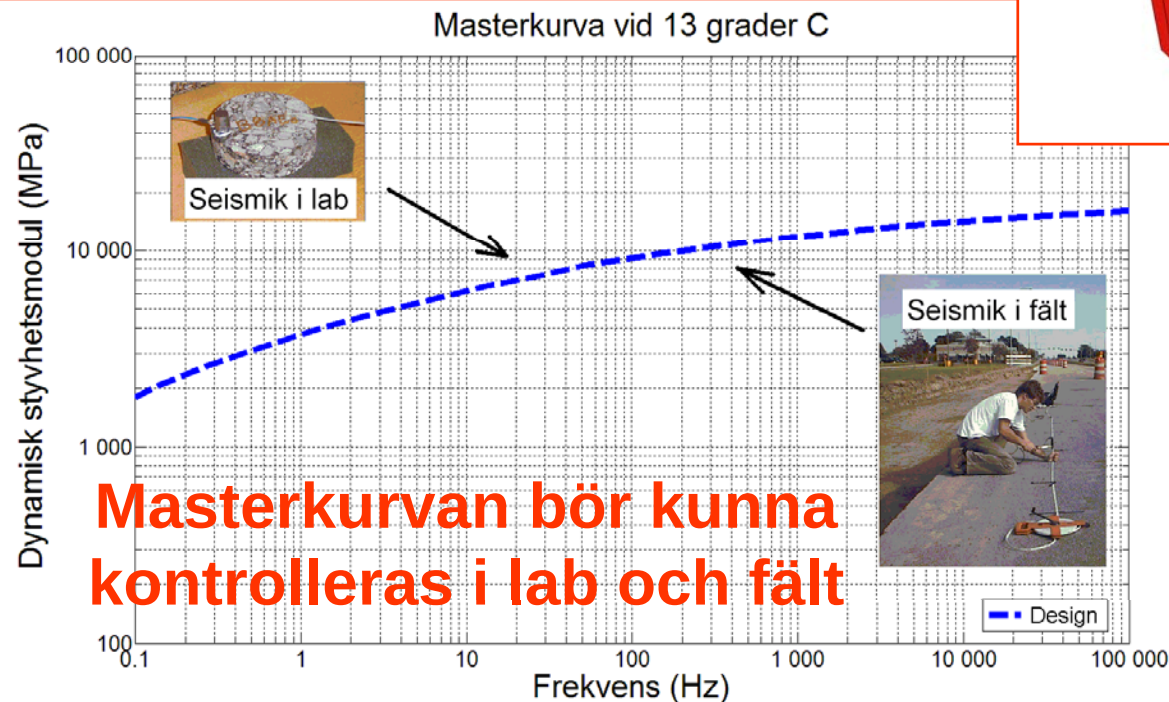
Design (E,t)



Labförsök (E)

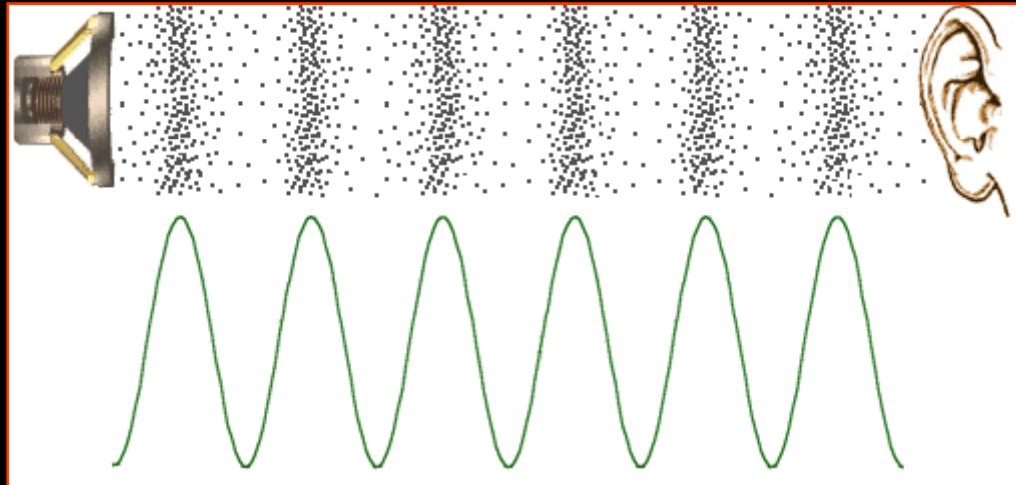
Ljudvågor - länk mellan dimensionering och kontroll i lab och fält

Masterkurvan används vid dimensionering



Teknik - Ljudvågor (seismik)

Kompressionsvågshastighet (V_p) i luft = 344 m/s



Sand: $V_p = 400$ m/s

Vatten: $V_p = 1497$ m/s

Asfalt: $V_p \sim 1000$ -3500 m/s

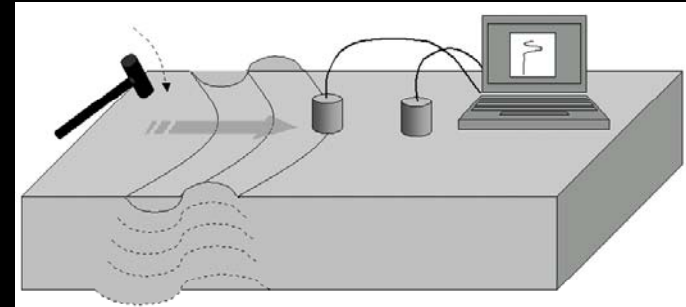
Betong: $V_p = 4500$ m/s

Styvhetsmodul (E)

$$E = V_p^2 \rho \quad (1D)$$

Seismik / Akustik

Fördelar / Möjligheter ☺



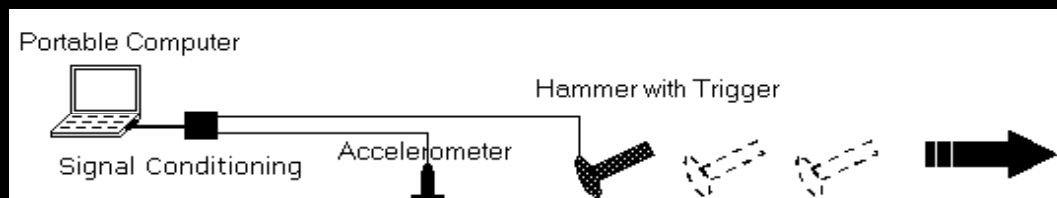
- Vågornas utbredning är direkt beroende av materialets strukturella uppbyggnad. Vågorna bär därför på information om styvhet (E-modul), tjocklekar, vidhäftning mellan lager, sprickor osv.

Nackdelar / Svårigheter ☹

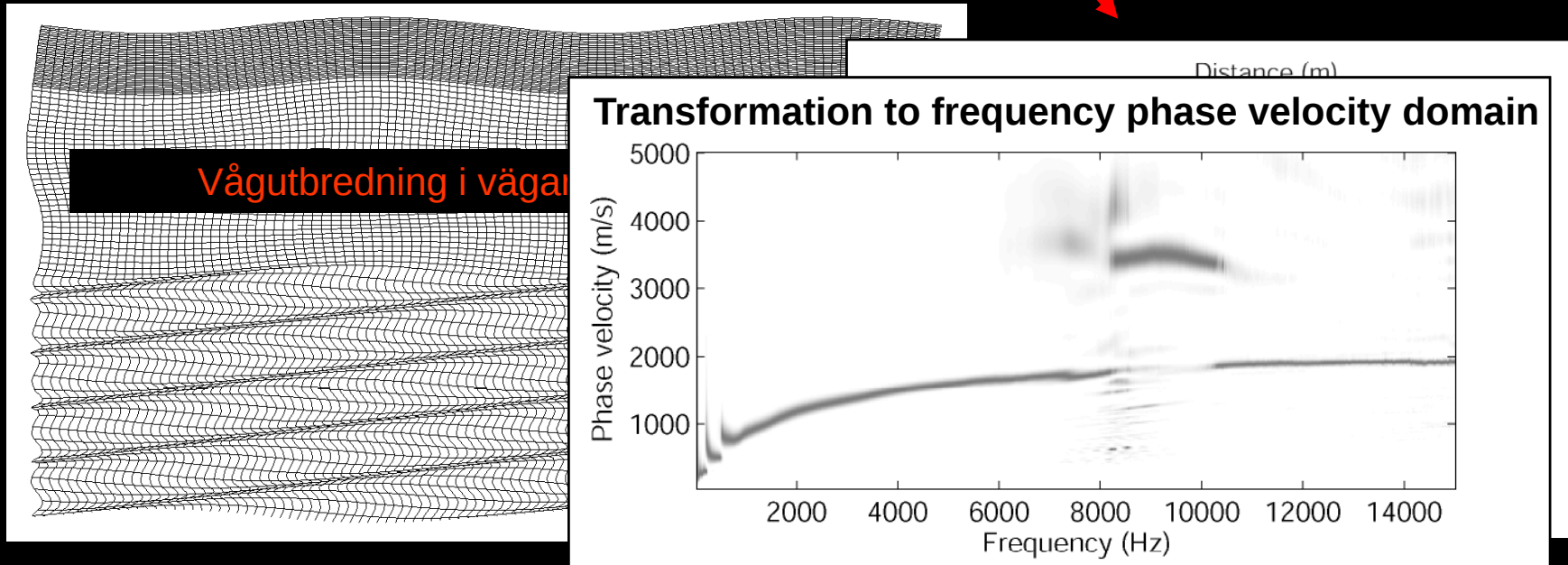
- Vågornas utbredning blir ofta komplex och svårtolkad i verkliga konstruktioner.

Mätning i fält

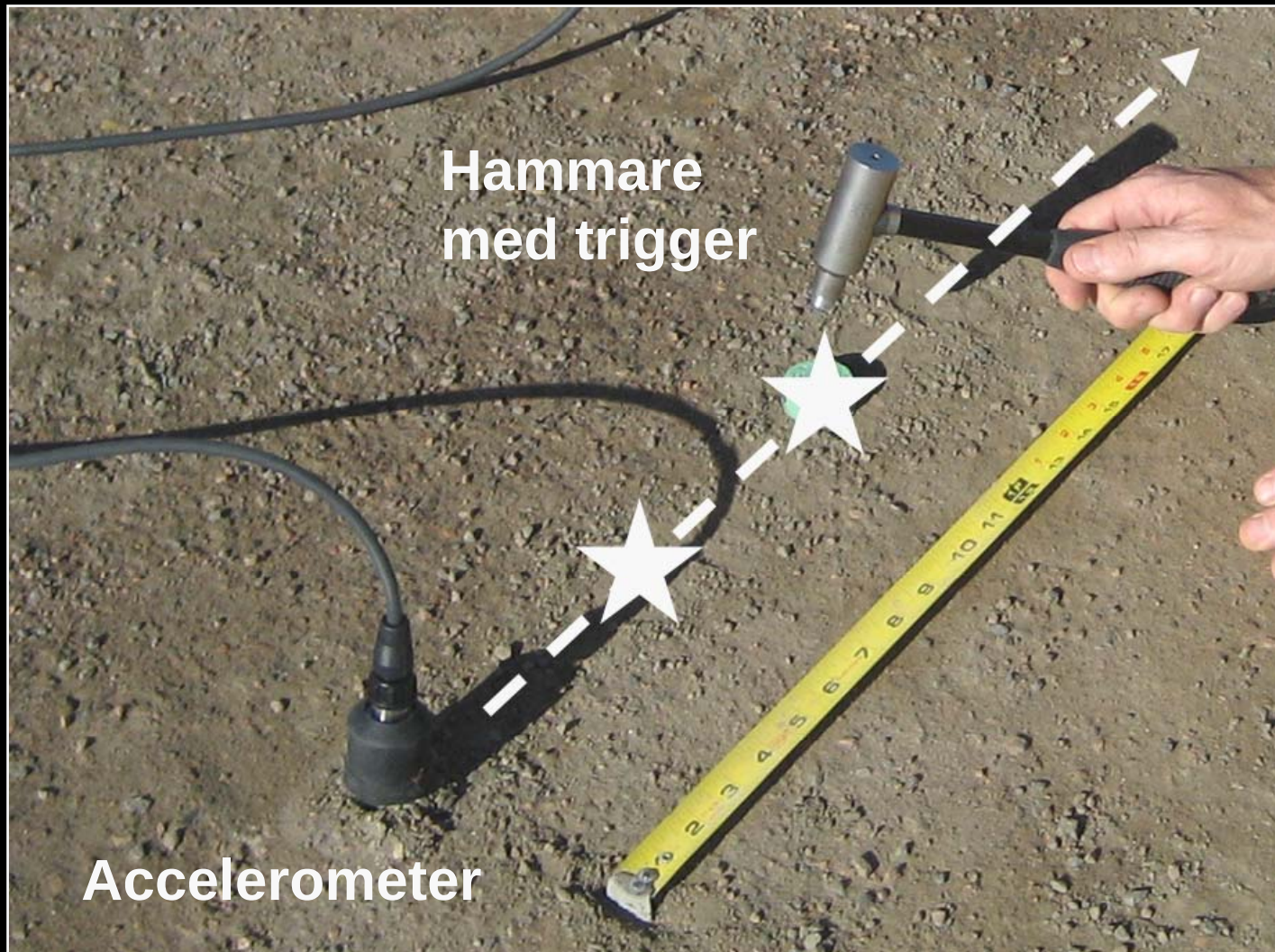
Datainsamling med en givare och flera slagpunkter



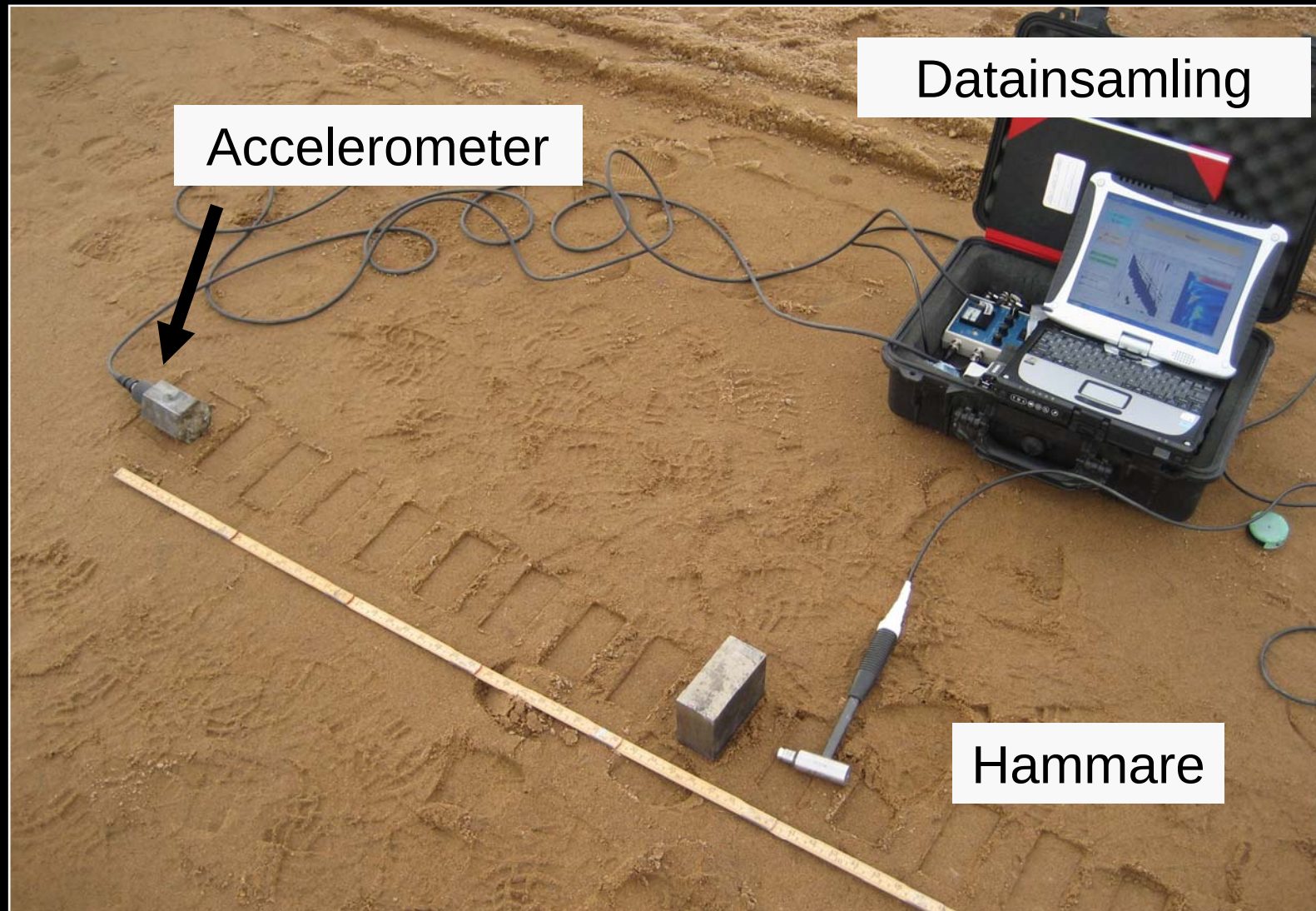
Mätdata



Mätning i fält

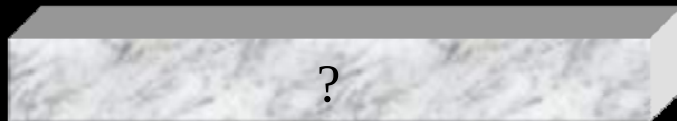


Mätning i fält

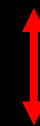
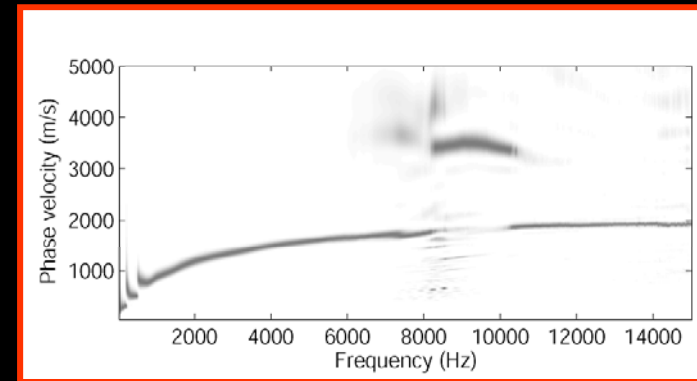


Utvärdering översta lagret

Okänd platta

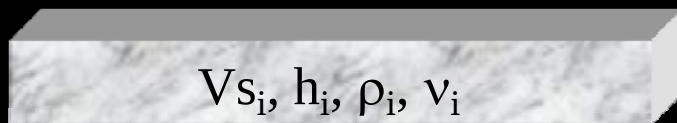


Mätning

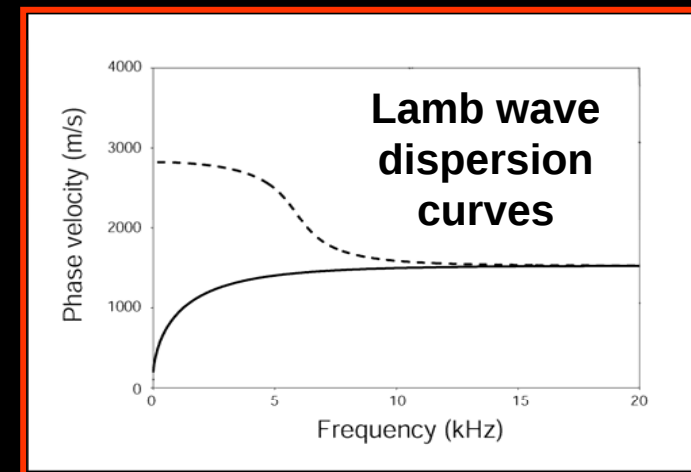


Passning

Känd platta

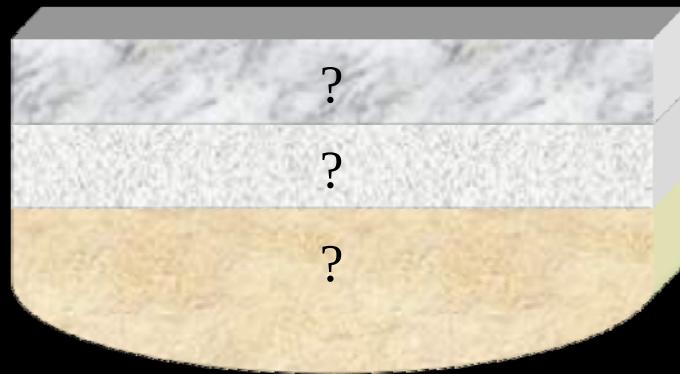


Beräkning

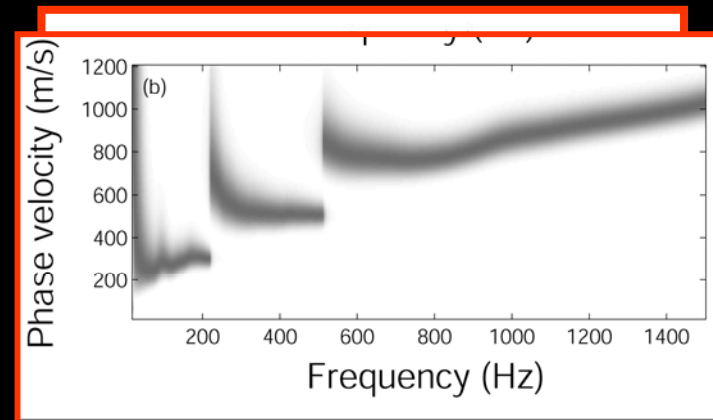


Utvärdering flera lager

Okänd konstruktion

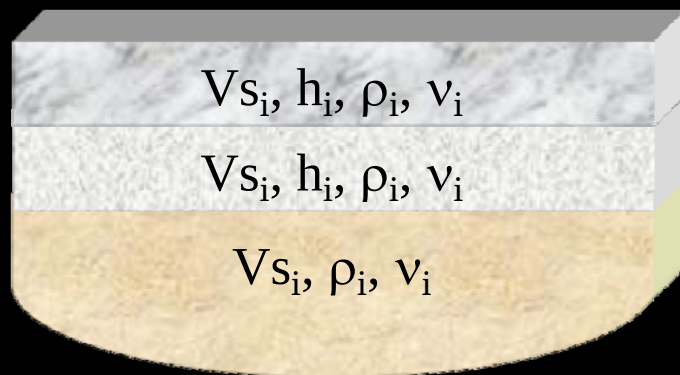


Mätning

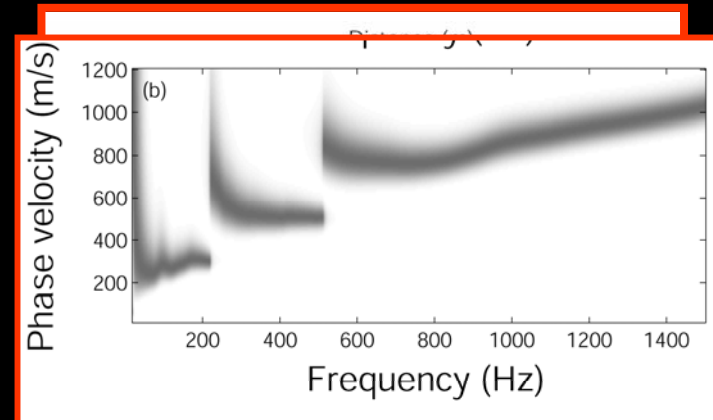


Passning

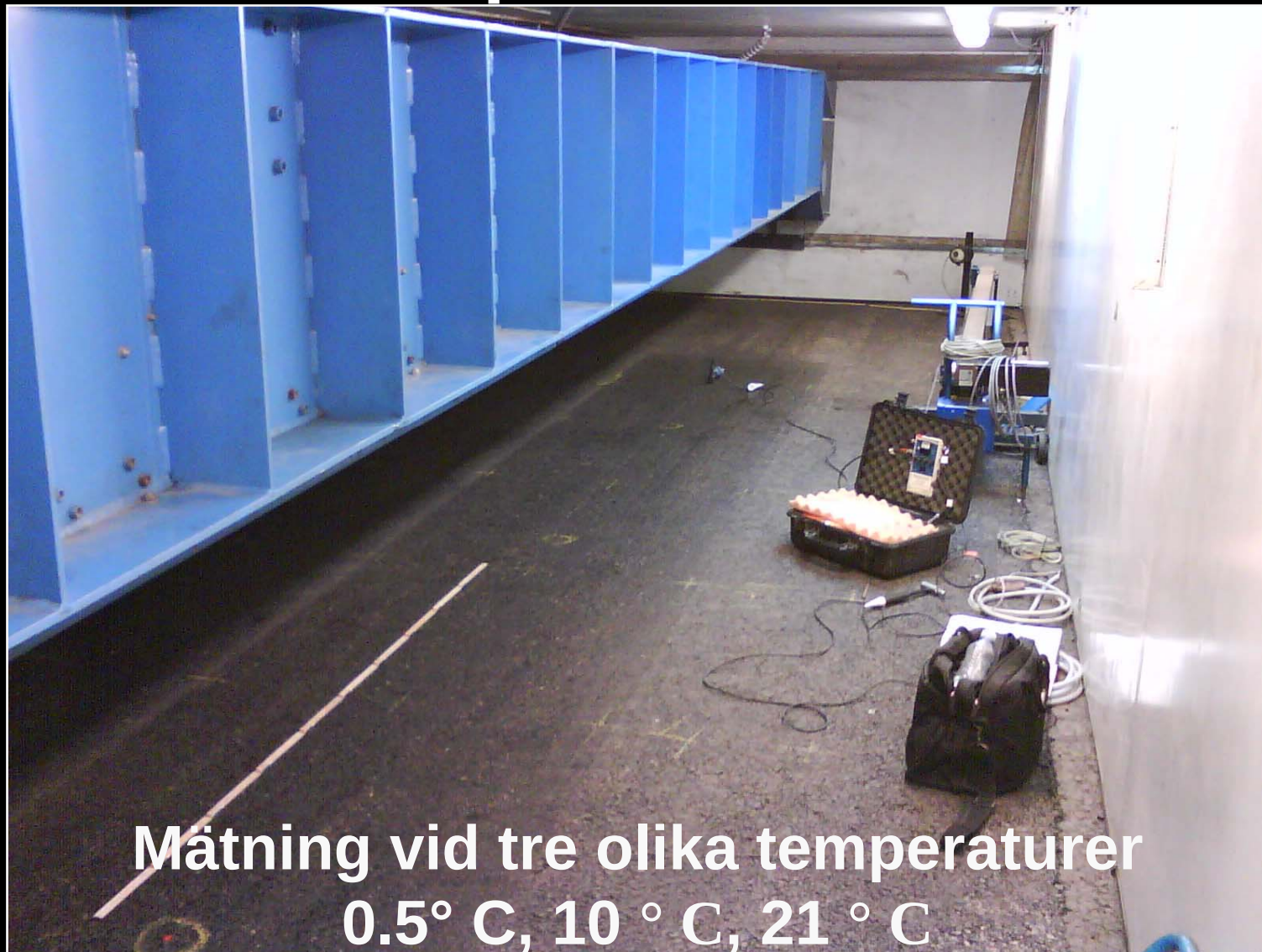
Känd konstruktion



Beräkning



Exempel VTI SE11



Mätning vid tre olika temperaturer
 0.5°C , 10°C , 21°C

Exempel VTI SE11

0.12 m Asfalt (40+80)



0.50 m Obundet material (80+420)

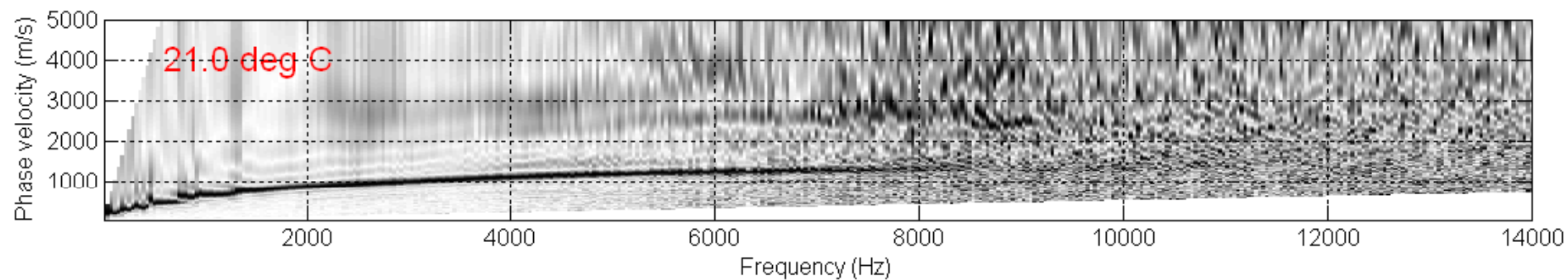
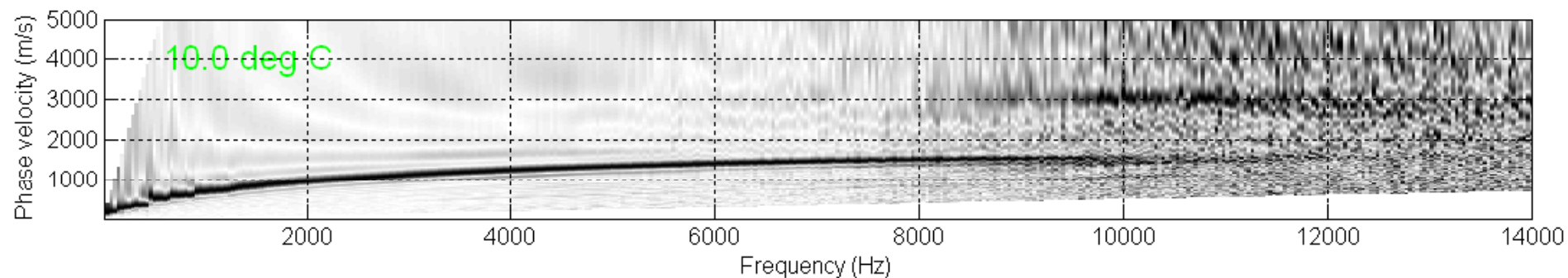
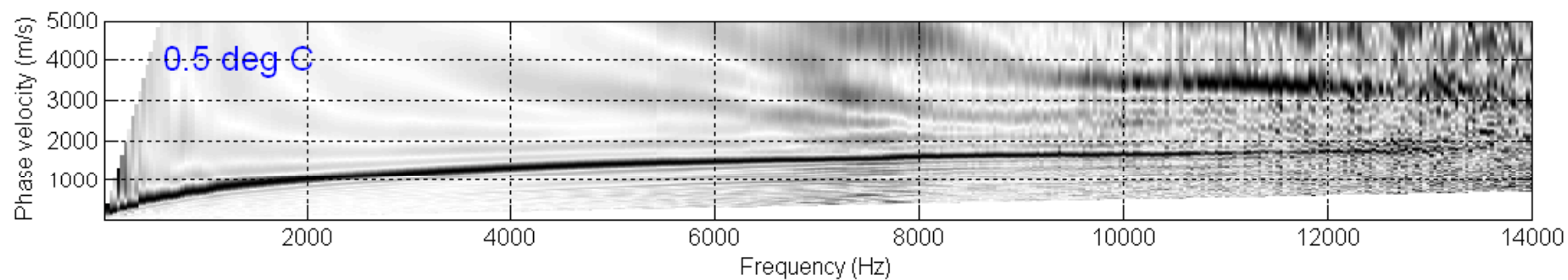


~2.40 m underground (siltig sand)



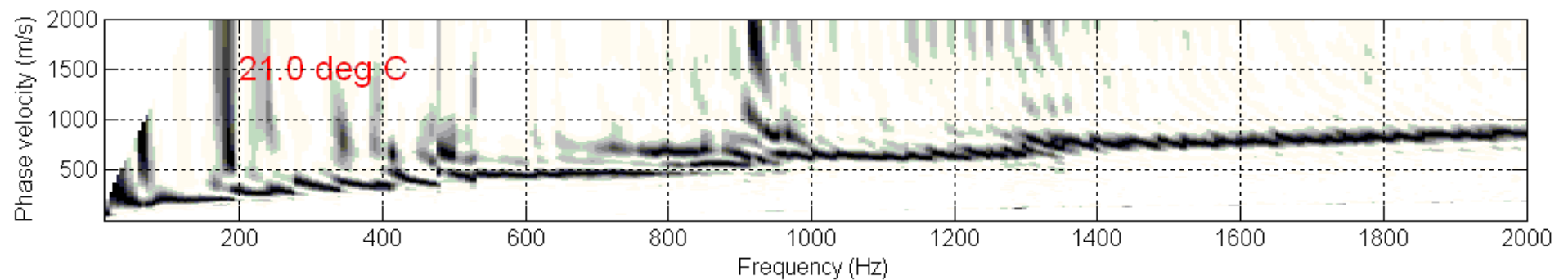
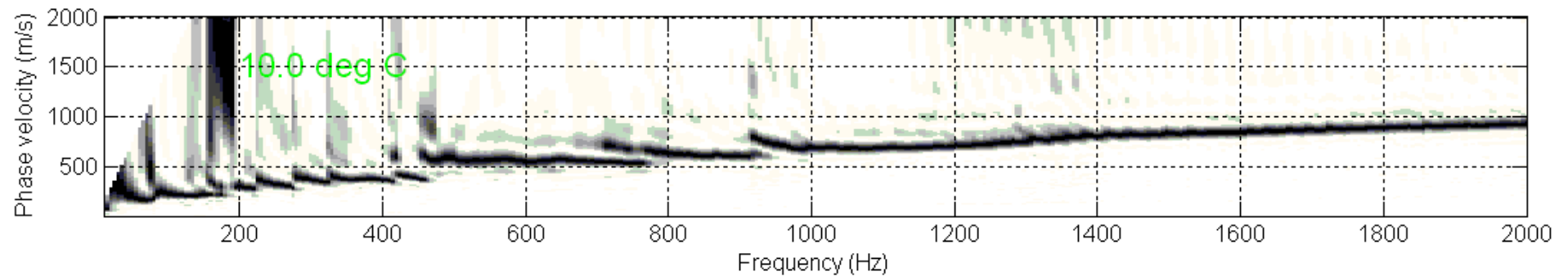
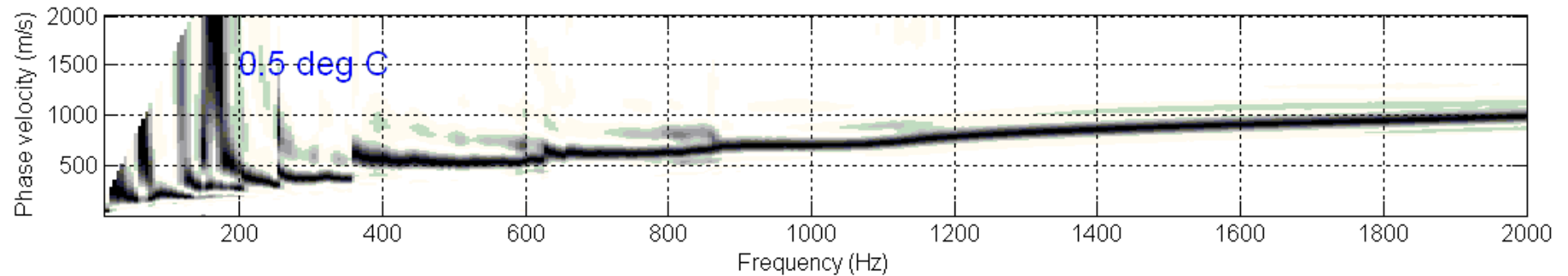
Exempel VTI SE11

Section A: 090203a1 090127a1 090209a1



Exempel VTI SE11

Section D: 090203a4 090127a2 090209a4

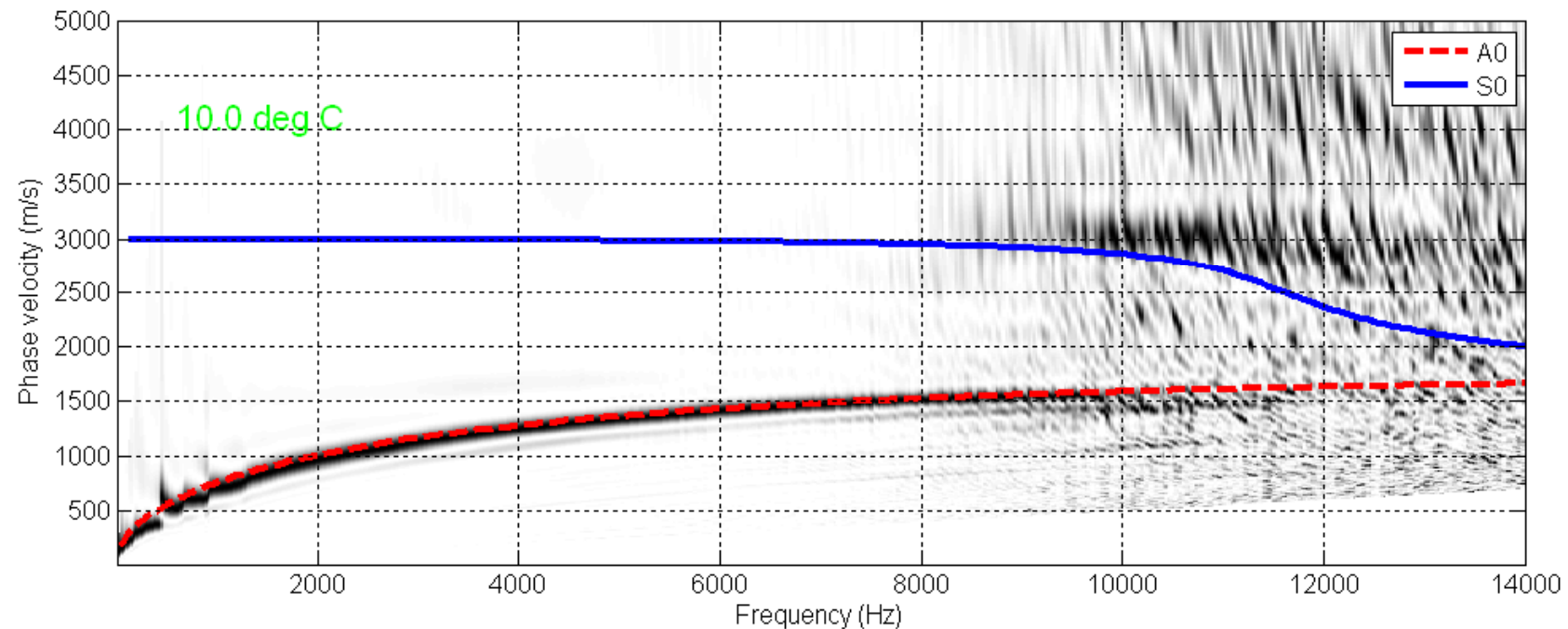


Exempel VTI SE11

Enkel utvärdering av översta lagret (A0 och S0 Lamb waves)

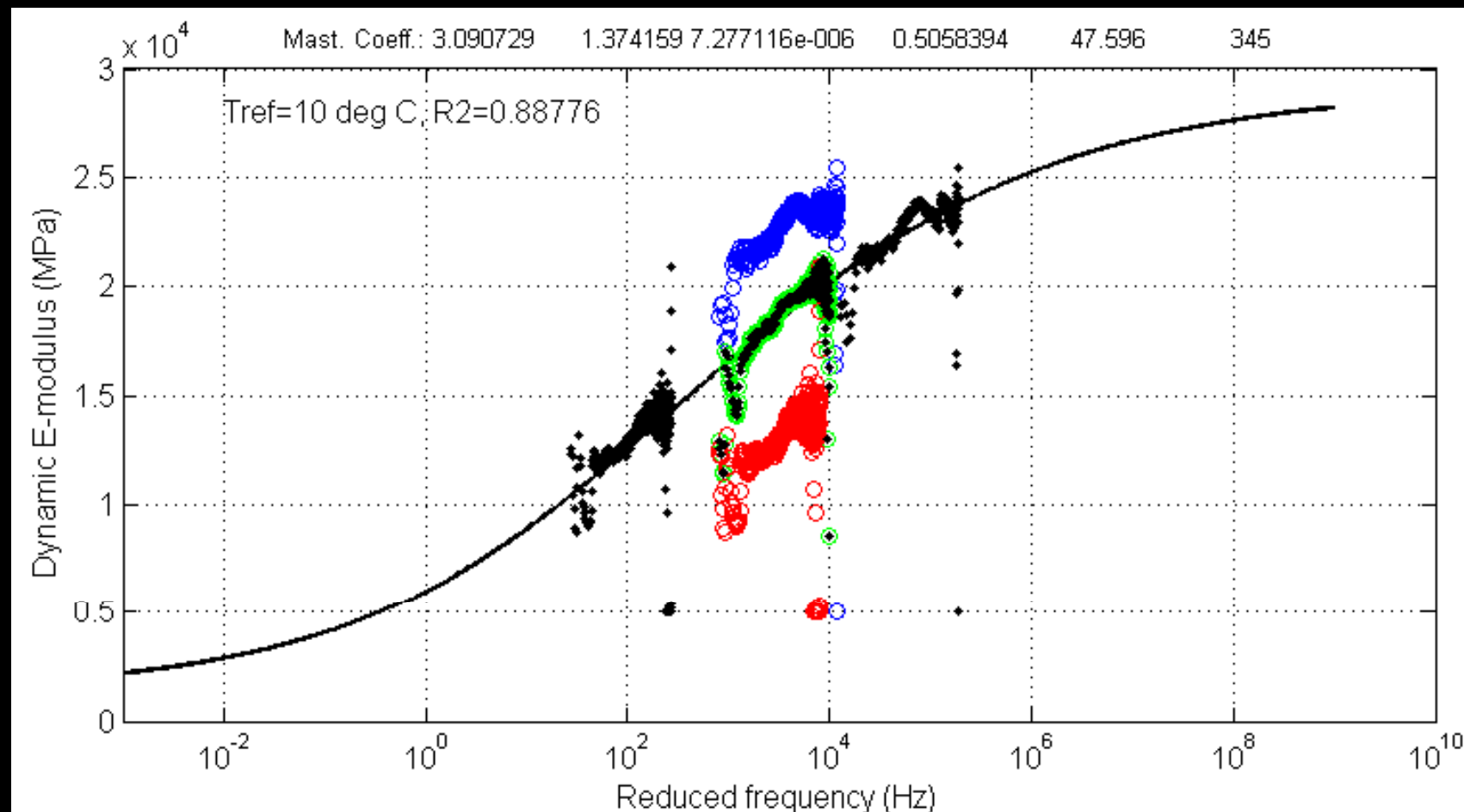
$E \sim 20\,000$ MPa vid $T = 10^\circ$ C och $f \sim 7000$ Hz

($V_s = 1920$ m/s, Poisson's tal = 0.18)

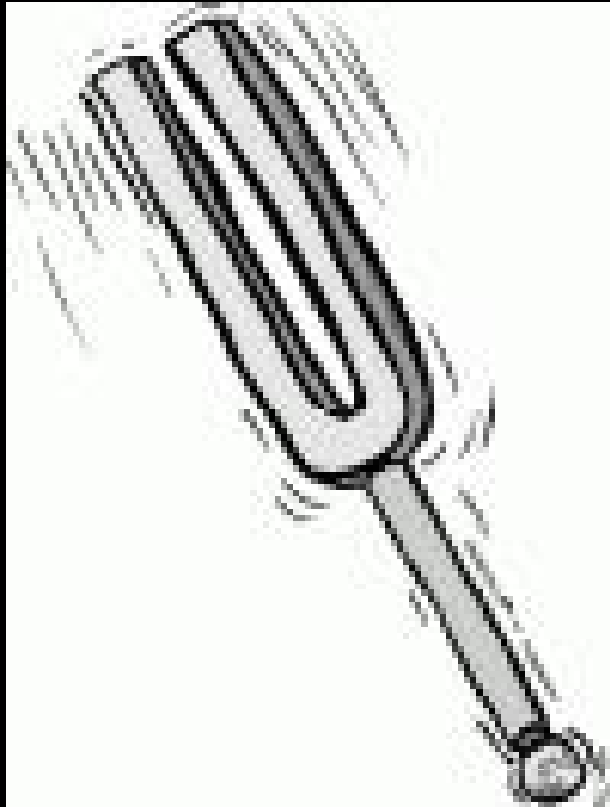


Exempel VTI SE11

Preliminär utvärdering av masterkurva



Mätning i laboratorium



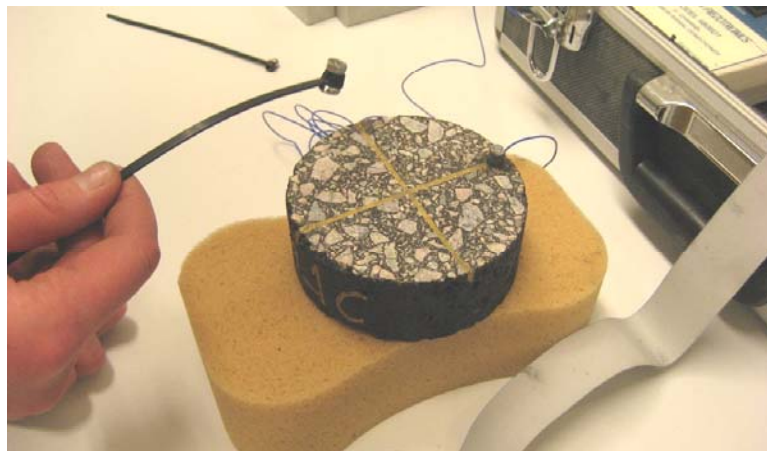
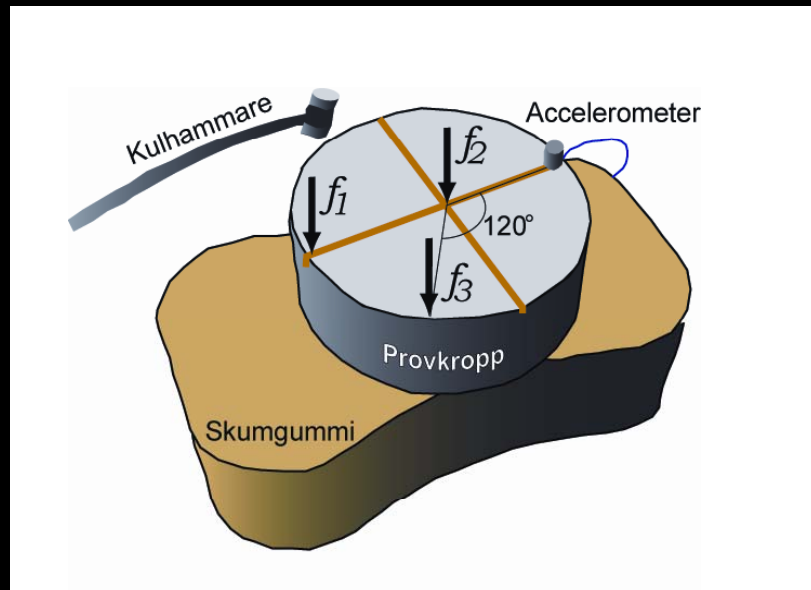
Aaaaa = 440 Hz

- *Styvhetsmodul (E)*
- *Dimension (L,D)*
- *Massa (m)*
- *Resonansfrekvens (f_r)*

Exempel stämgaffel

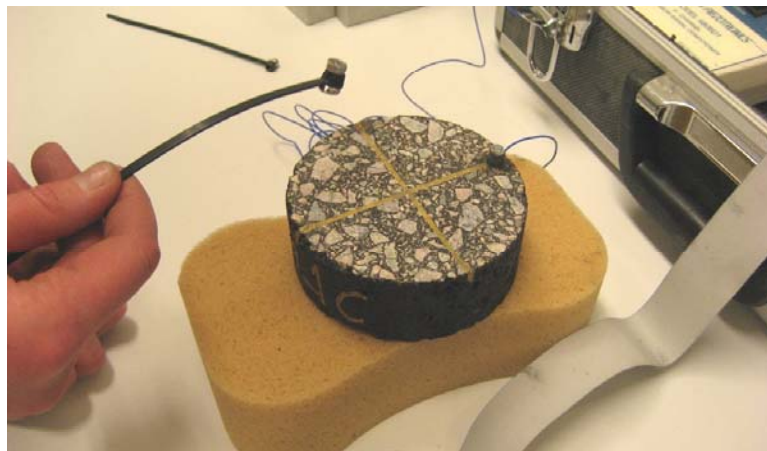
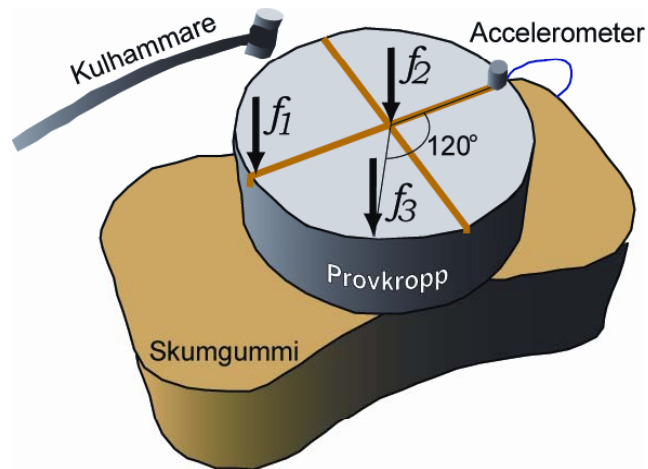
$$f \propto \frac{1}{l^2} \sqrt{\frac{AE}{\rho}}$$

Resonansfrekvens ger styvhetsmodul



- **Styvhetsmodul (E^*)**
- **Dimension (L, D)**
- **Massa (m)**
- ➔ **Resonansfrekvens (f_r)**

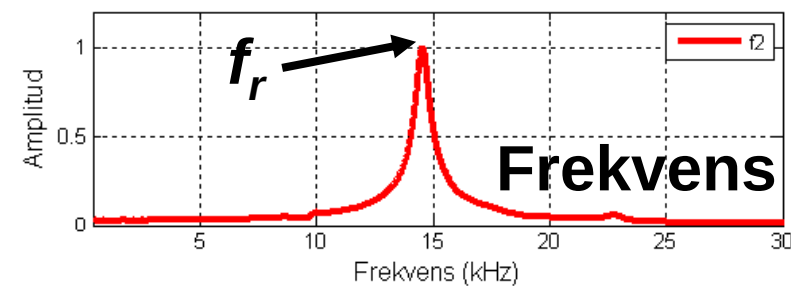
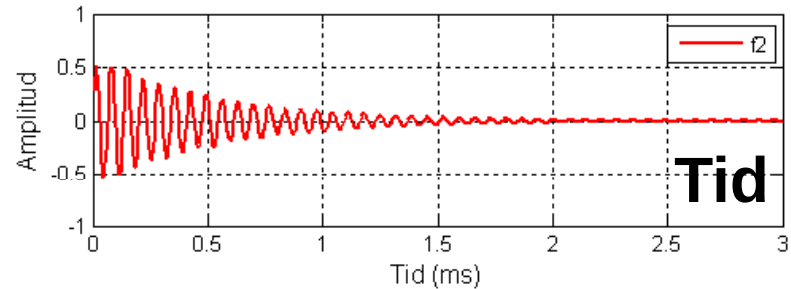
Mätmetod och repeterbarhet



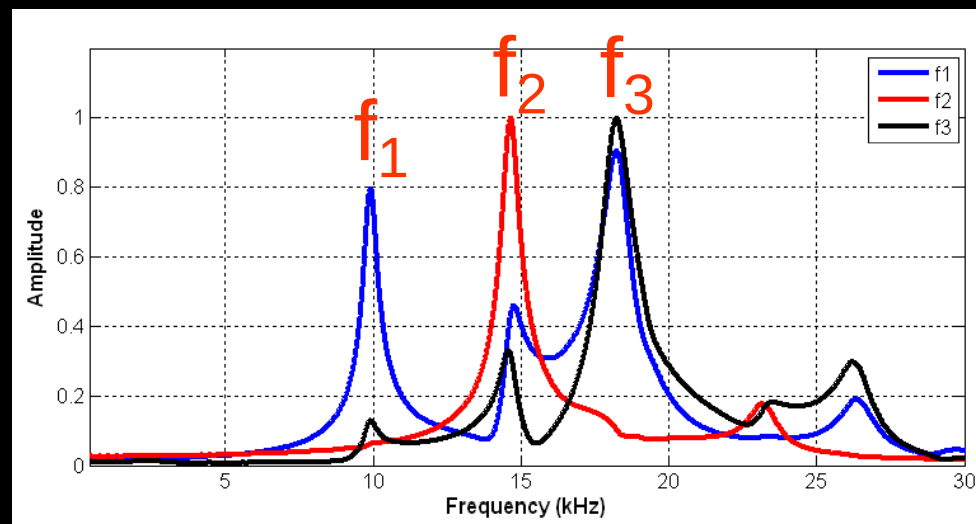
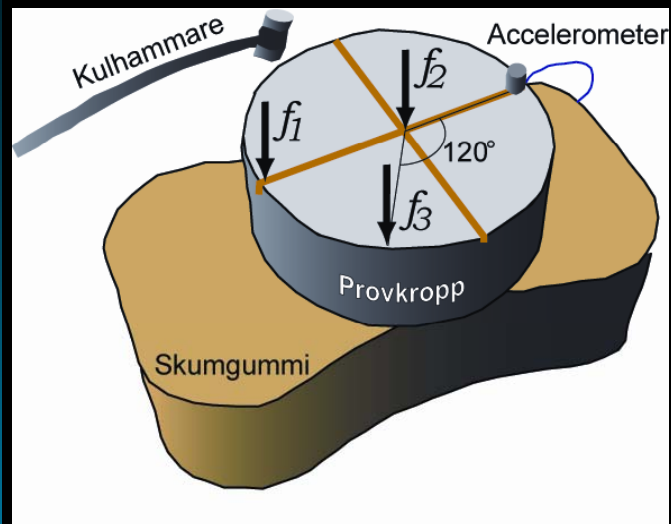
Mätning: dimension, massa, resonansfrekvens

Ger: styvhetsmodul (E^*)

Exempel från ett slag i mitten



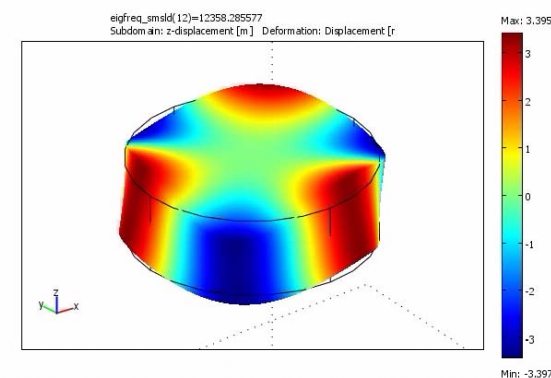
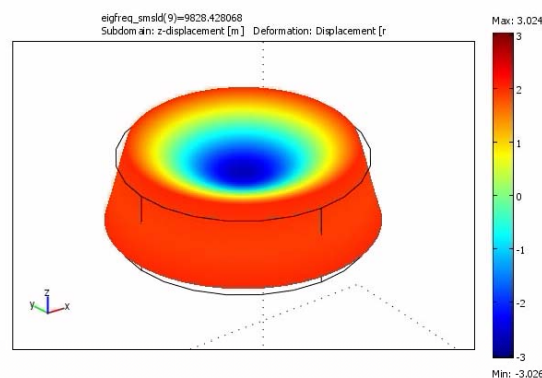
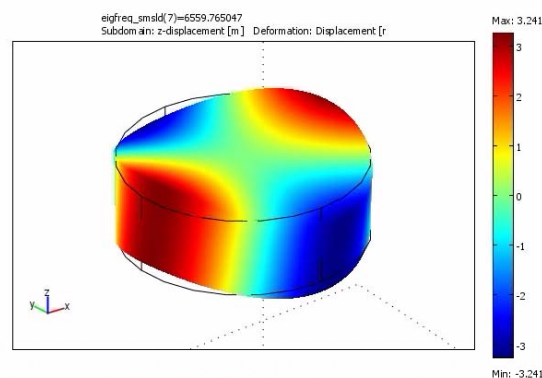
Mätmetod och repeterbarhet



f_1

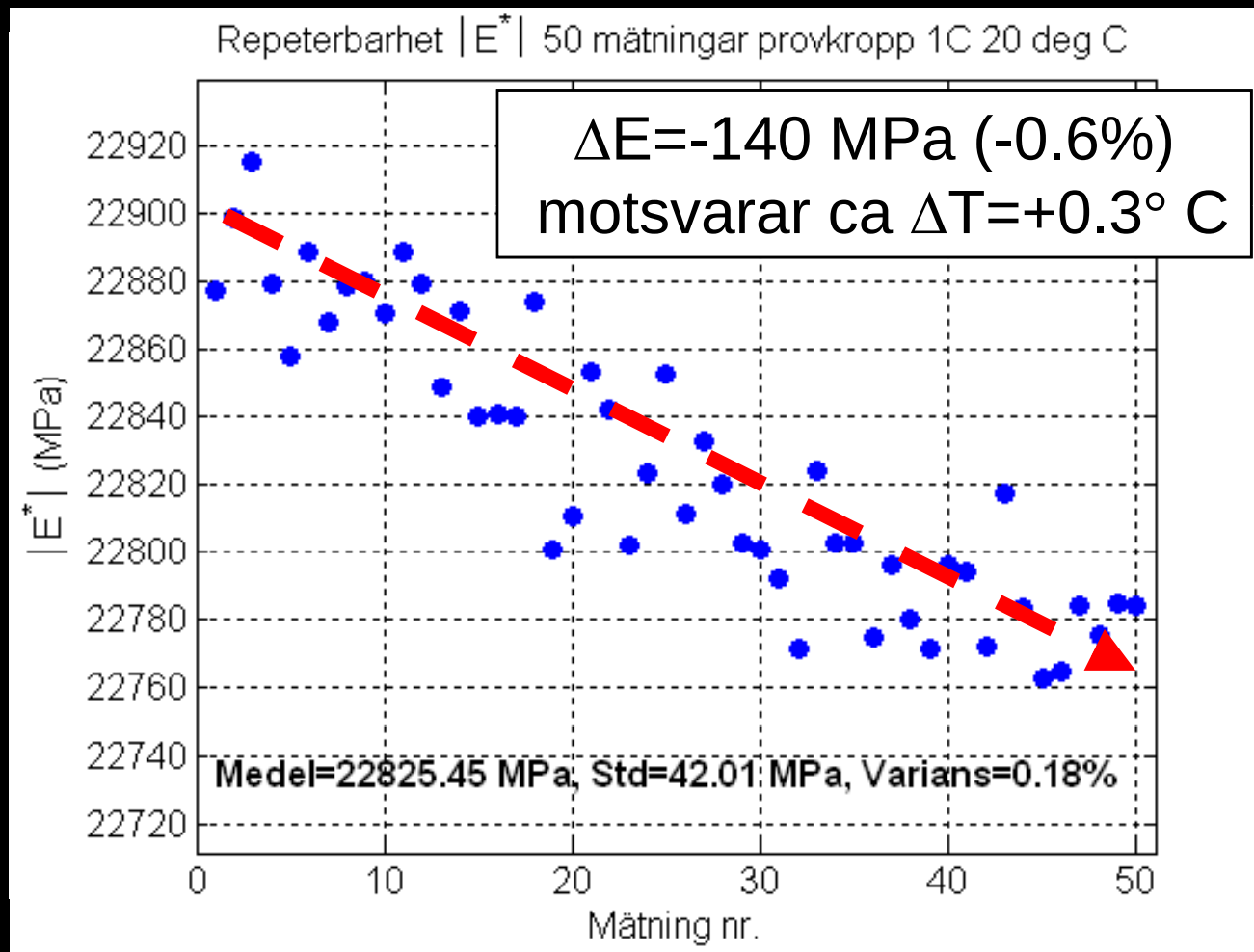
f_2

f_3



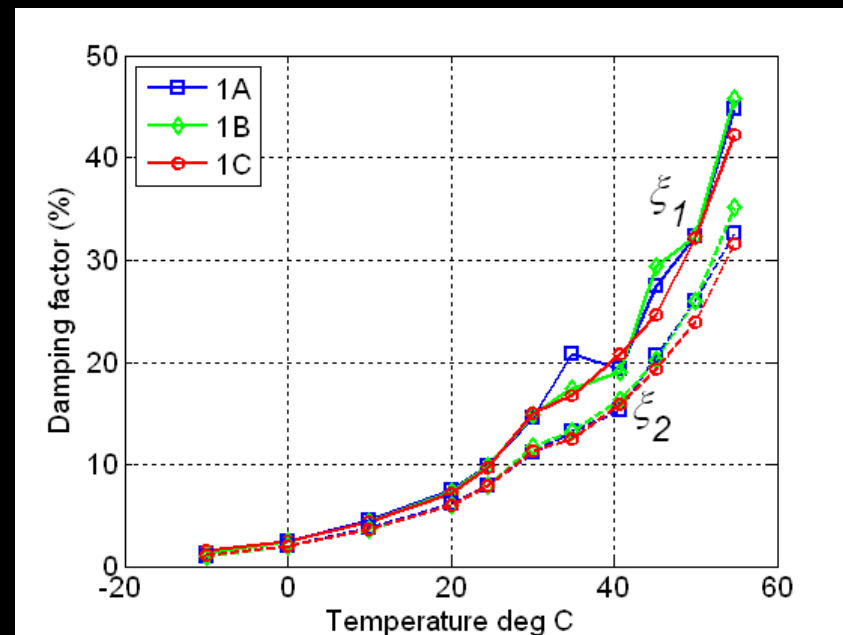
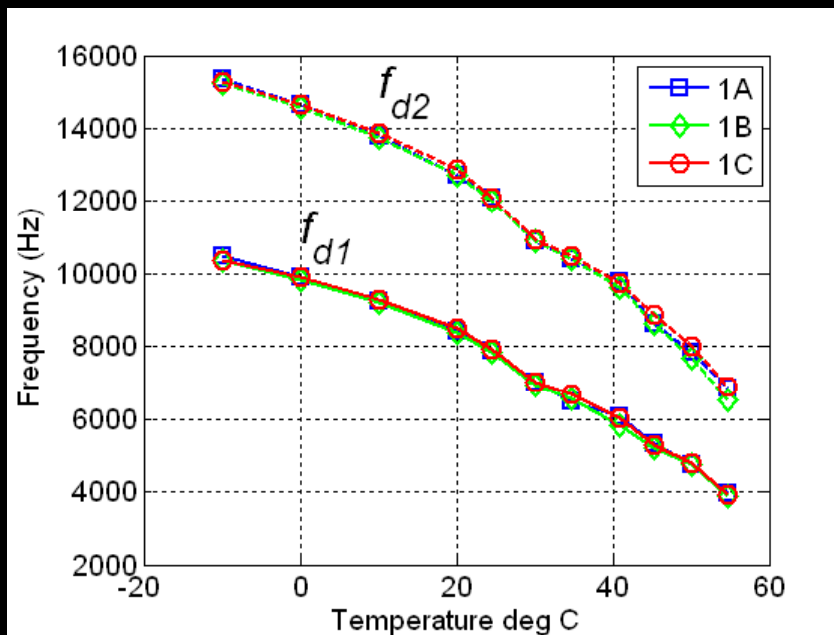
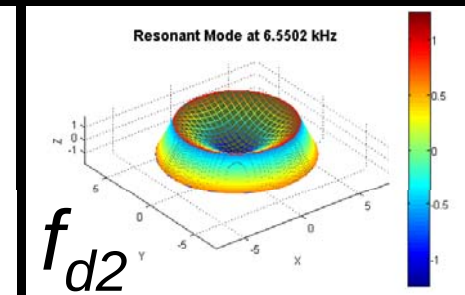
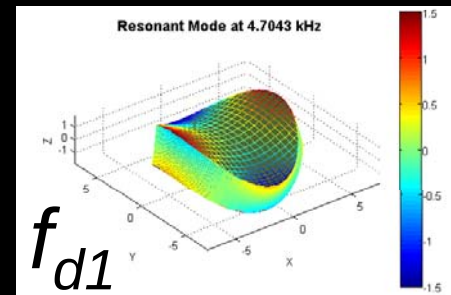
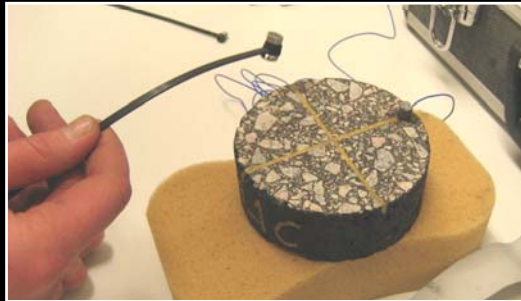
Mätmetod och repeterbarhet

Test av metodens repeterbarhet



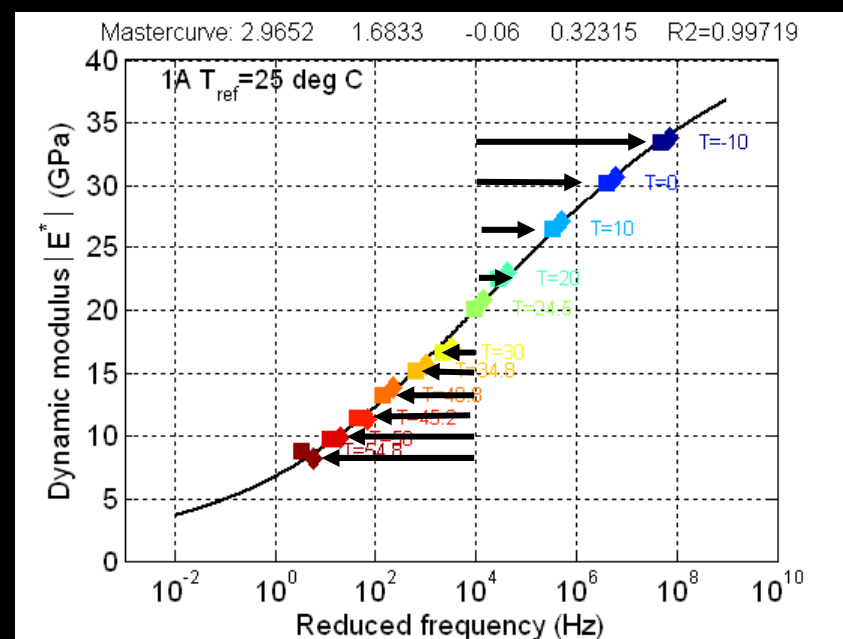
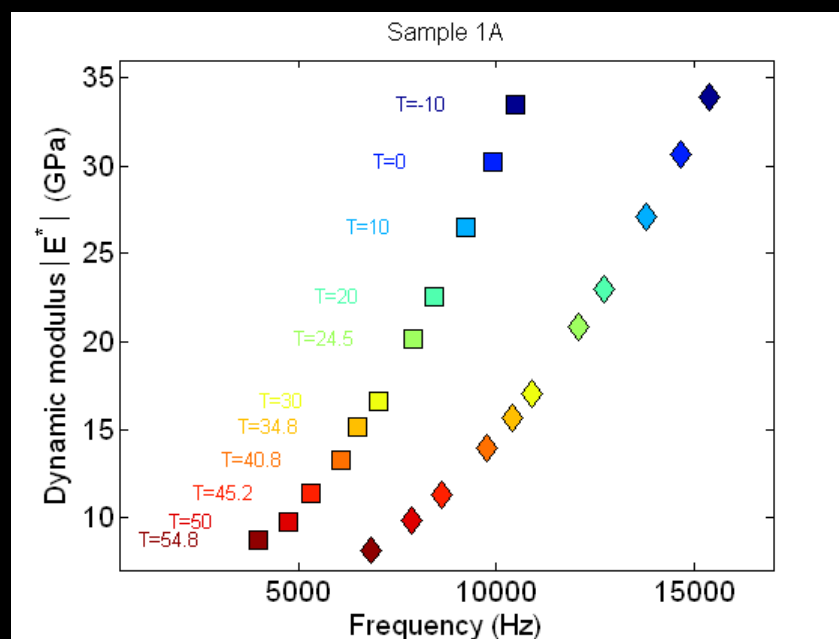
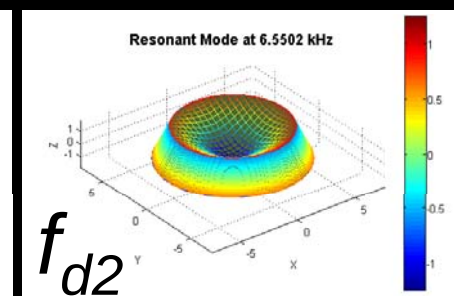
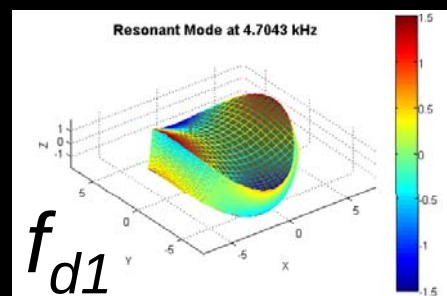
Resultat från labtillverkade provkroppar

Resultat från 3 provkroppar polymermodifierad ABT 11



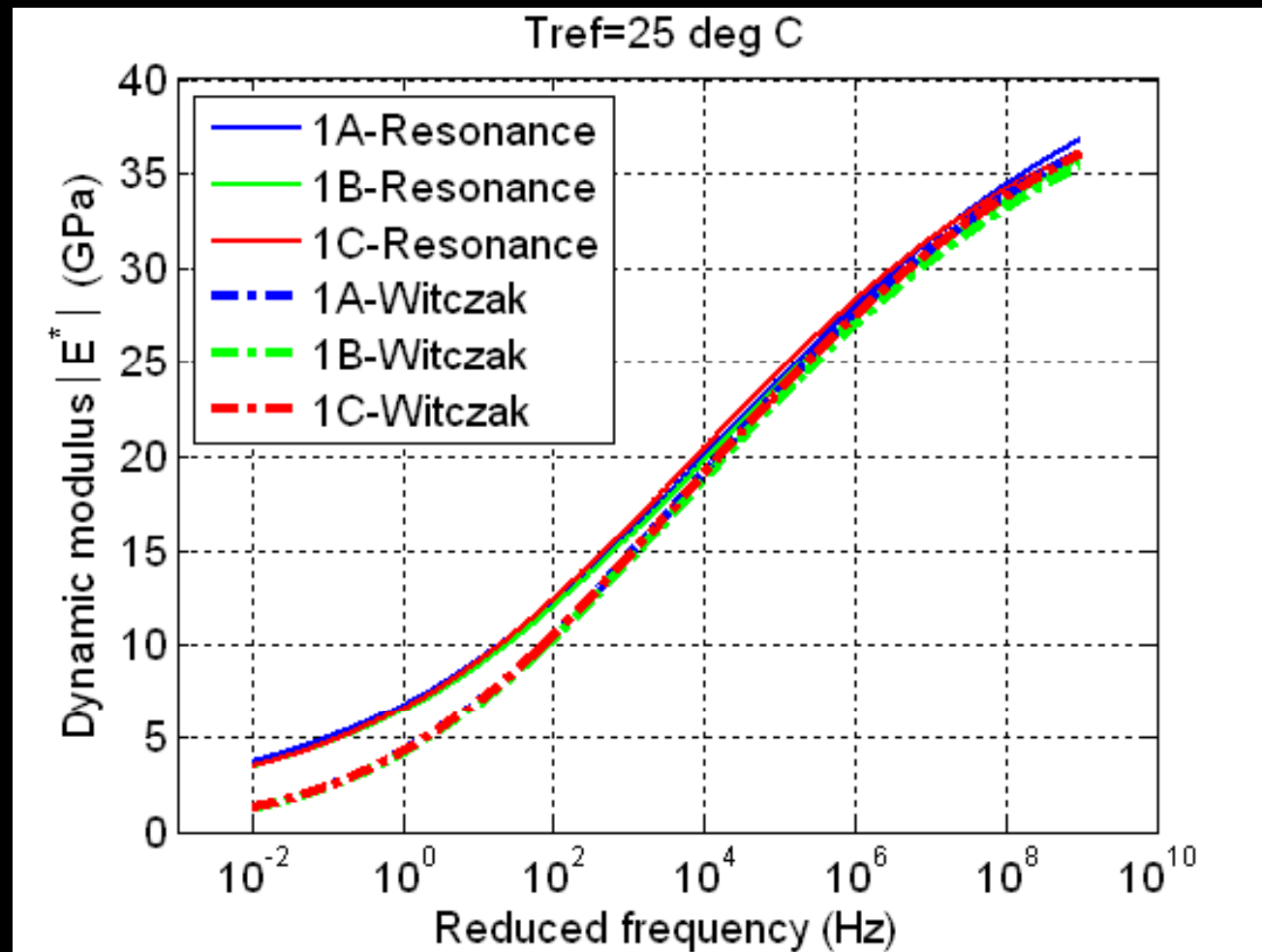
Resultat från labtillverkade provkroppar

Resultat från 3 provkroppar polymermodifierad ABT 11



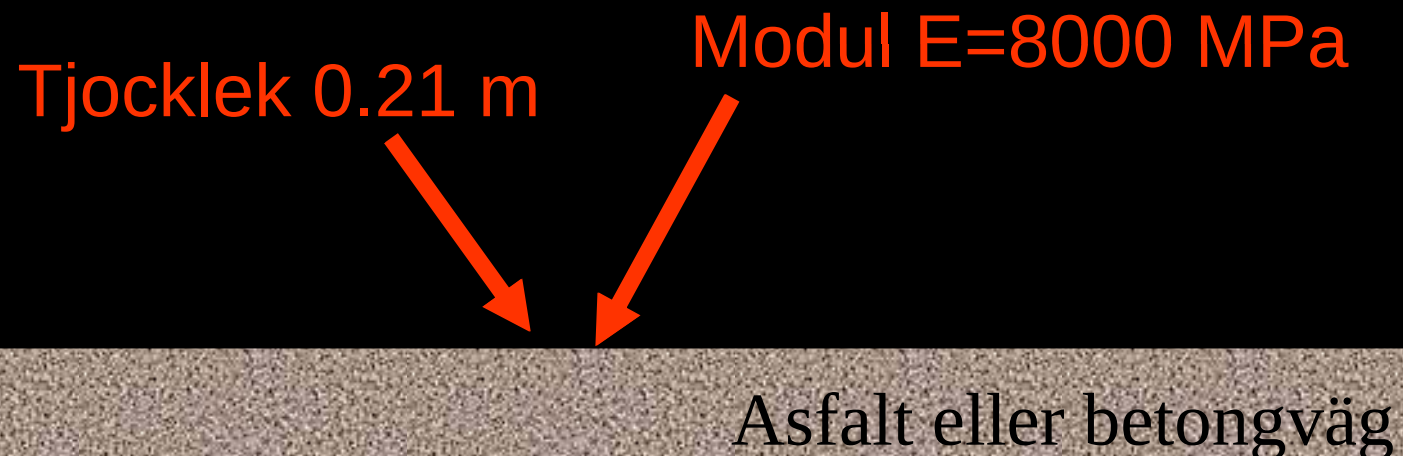
Resultat från labtillverkade provkroppar

Jämförelse med Witczaks ekvation

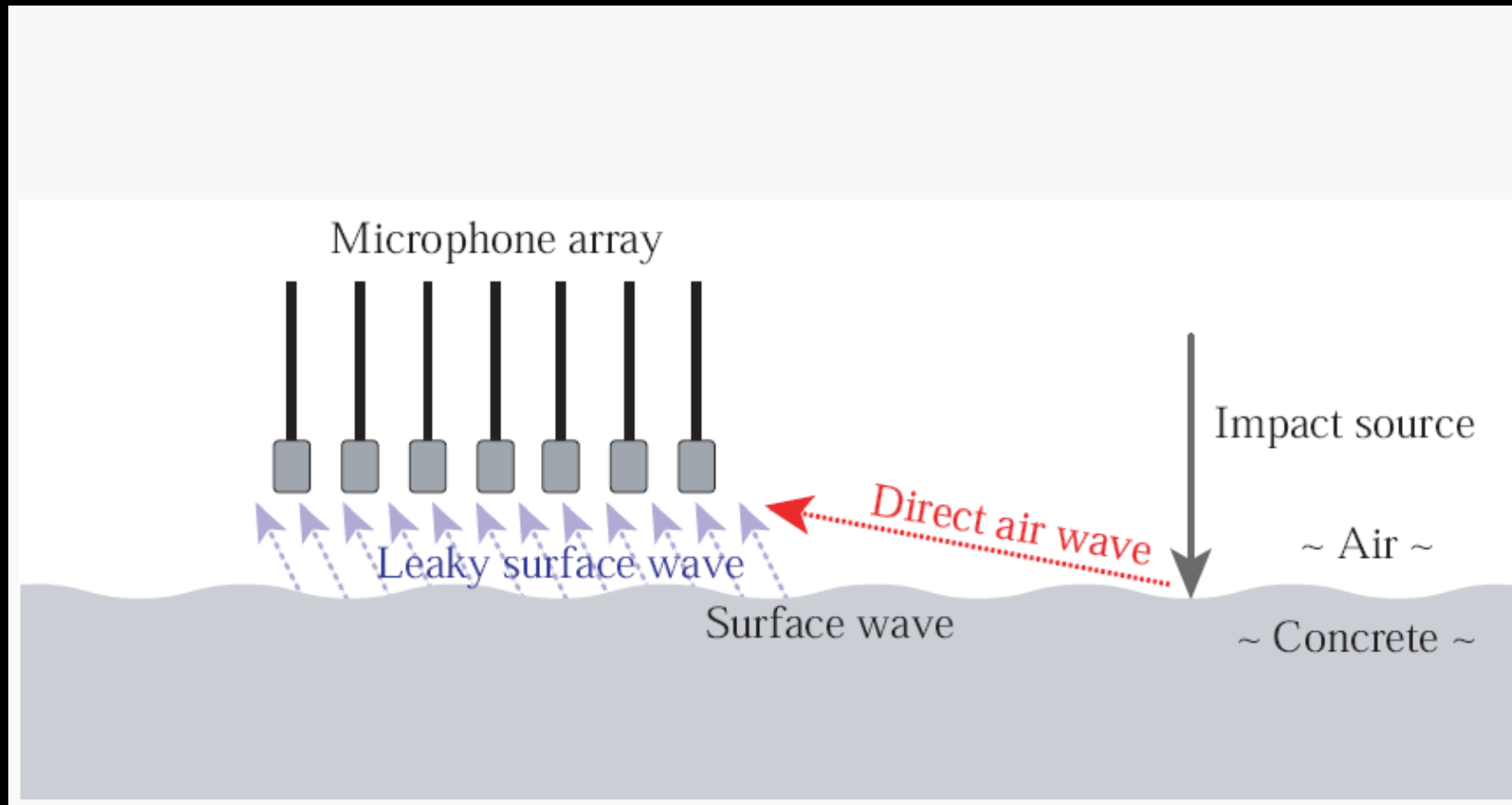


Profilerande mätningar

- Profilerande mätningar med kontaktlösa givare



Mikrofoner som kontaktlösa givare

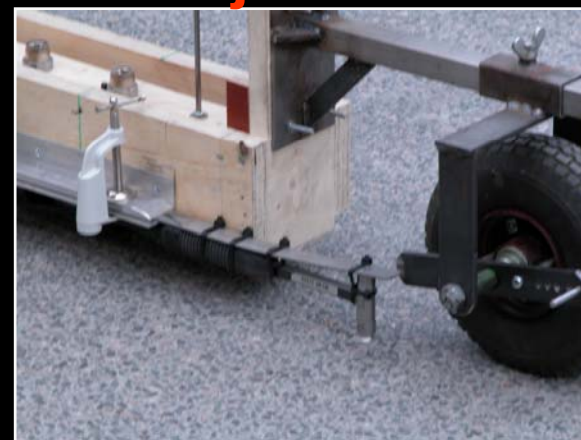


Rullande mätningar

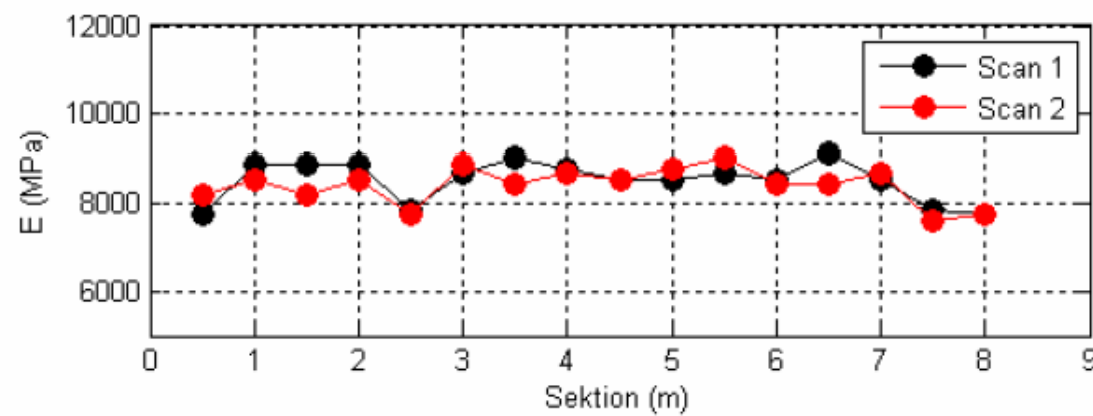
Mätvagn



Ljudkälla



Rullande mätningar

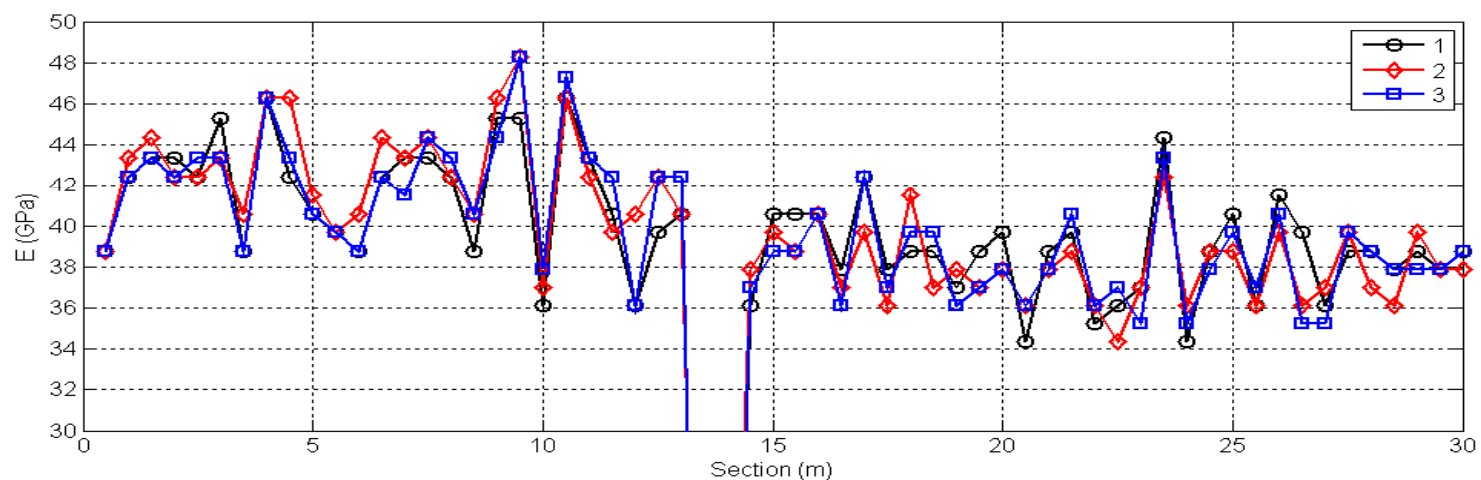


Rullande mätningar

Test av repeterbarhet: 3 olika mätningar i samma linje



E (GPa)



Sammanfattning

- Seismik för oförstörande provning av vägar ger länk mellan design-lab-fält.
- Ger dynamisk styvhetsmodul som funktion av djupet (tjocklekar).
- Kan användas vid kvalitetsvärdering av nybyggda och gamla vägar.

Frågeställningar

Metod

Vilka egenskaper mäts: **styvhetsmodul, tjocklek, homogenitet**

Metodbeskrivning: **NEJ**

Tillgänglighet: **Öppet för alla!**

Utvecklingspotential: **JA**

Utrustning

Kalibrering: **NEJ**

Kostnad: **1 accelerometer system (~60 kkr), 8 mikrofoner system (~200 kkr)**

Finns olika varianter (enkla till avancerade): **JA**

Mätning

Kapacitet: **Manuellt ~5 mätningar/h, Mätvagn ~1000 mätningar/h**

Vad påverkar resultatet: **vatten, temp, underlag, sprickor, porositet etc**

Referensprovning för kalibrering: **NEJ**

Precision, repeter- och reproducerbarhet: **Ej klart? (varians labb ~0.1%, varians fält ~4%)**

Frågeställningar

Redovisning av mätresultat

Hur presenteras resultaten (medelvärden, min, max, std): **Ingen standard finns!**

Missar vi något: **JA förmodligen?**

Snabbheten i bearbetning och redovisning: **Under utveckling**

Direktbild för produktionsstyrning: **NEJ inte i dagsläget**

Objektmätning (kvalitetskontroll, inventering): **JA**

Övrigt

Vem gör mätningar och utvärdering - entreprenör, konsult, beställare: **Alla?**

Finns utrustningarna tillgängliga på marknaden: **JA delvis**