

Hur bidrar matematik till utveckling av järnvägar?

Anita Ullrich

Fraunhofer-Chalmers Centre

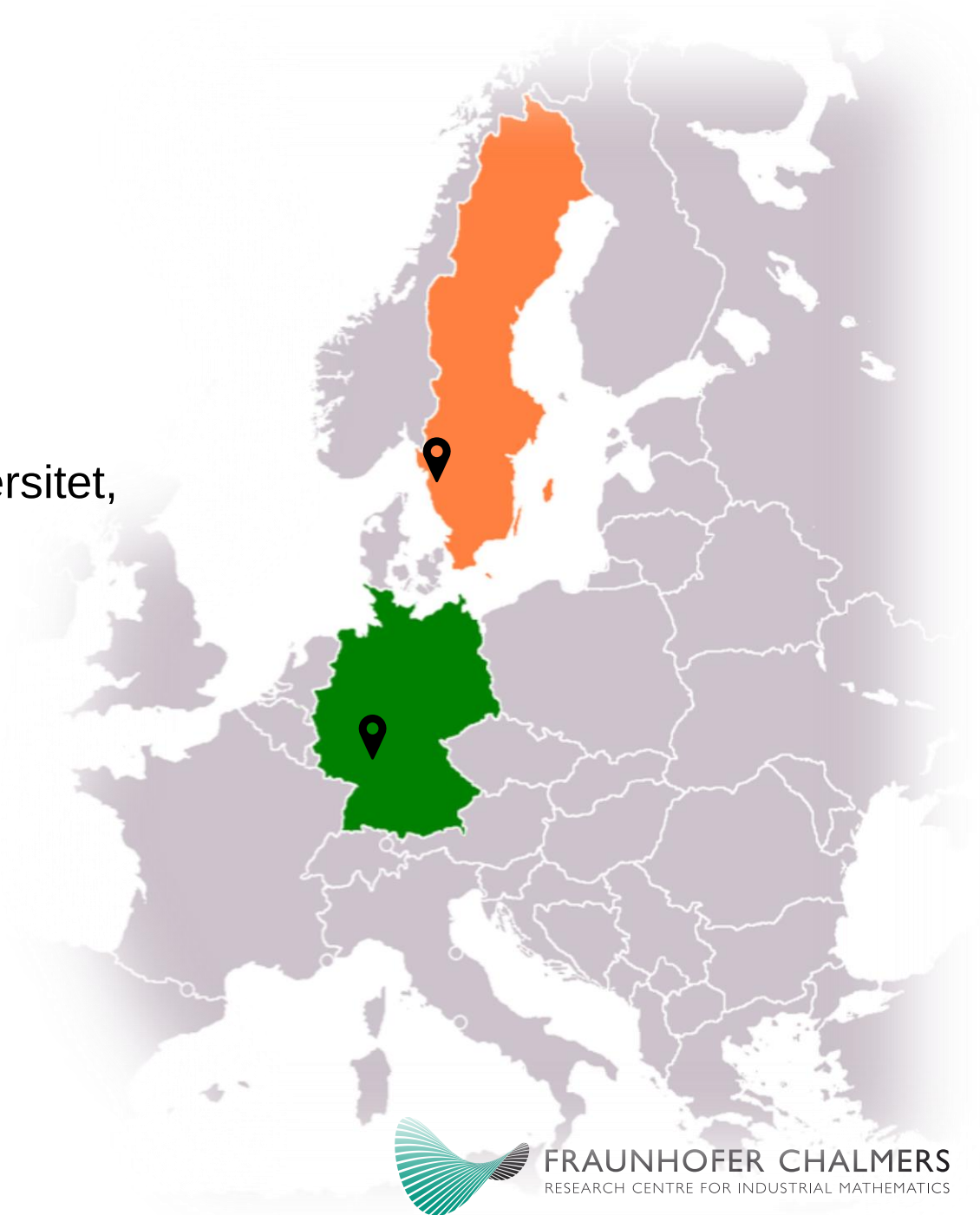
2022-10-31



FRAUNHOFER CHALMERS
RESEARCH CENTRE FOR INDUSTRIAL MATHEMATICS

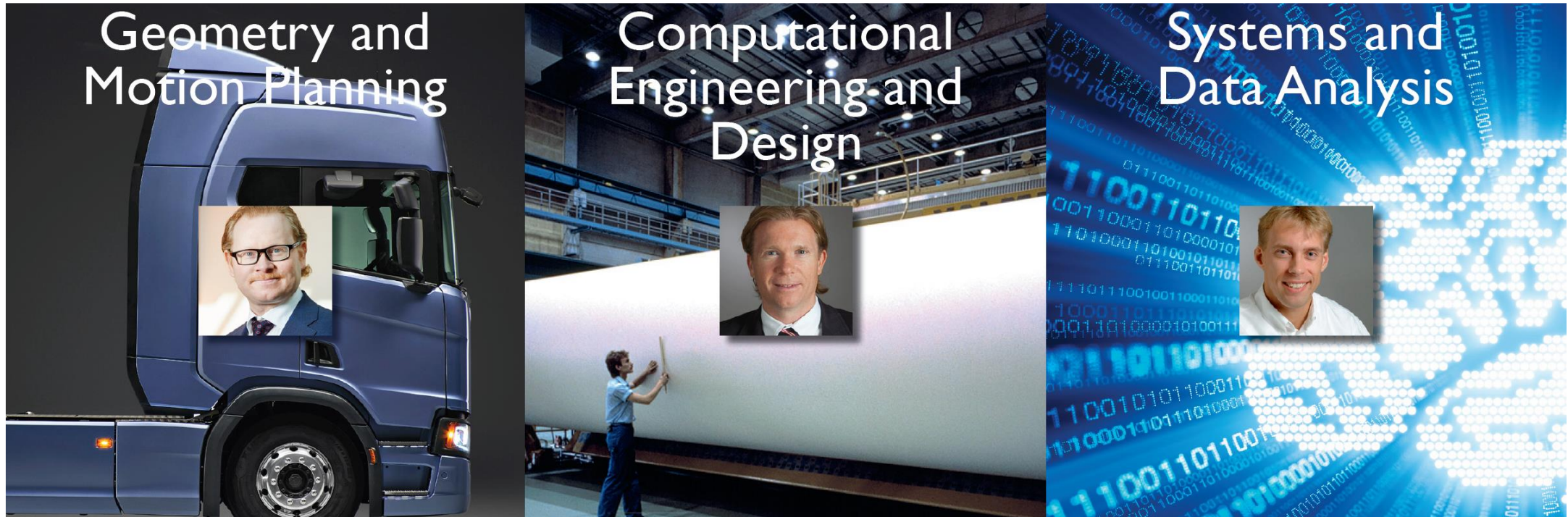
Anita Ullrich

- **BSc Mathematics** på Heidelbergs universitet, 2015 – 2019
- **MSc Scientific Computing** på Heidelbergs universitet, 2019 – 2020
- Bytte till **MSc Complex Adaptive Systems** på Göteborgs universitet, 2020 – 2022
- **Fraunhofer-Chalmers Centre:**
 - 5-månaders praktik, vår 2020
 - Deltidsanställd som student, höst 2020 – vår 2022
 - Exjobb (masteruppsats) på FCC, vår 2022
 - Utvecklingsingenjör, sedan juli 2022



FRAUNHOFER CHALMERS
RESEARCH CENTRE FOR INDUSTRIAL MATHEMATICS

Fraunhofer-Chalmers Centre



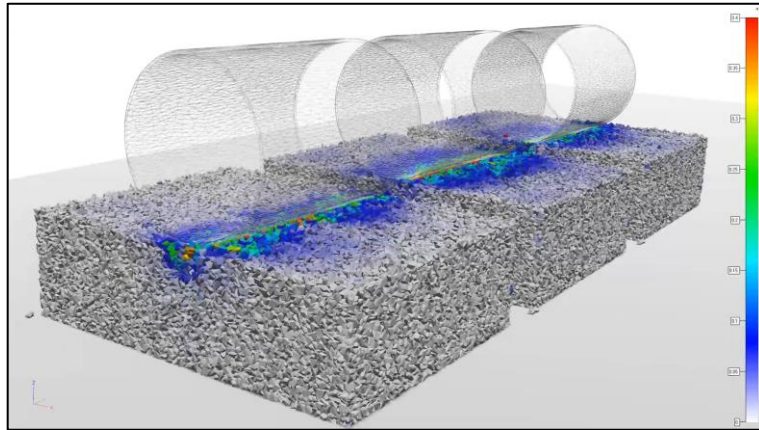
- Gemensamt grundat av Chalmers och Fraunhofer
- Fraunhofer är Europas största tillämpningsinriktade forskningsorganisation med ursprung i Tyskland
- Främja användningen av matematik i industriella tillämpningar



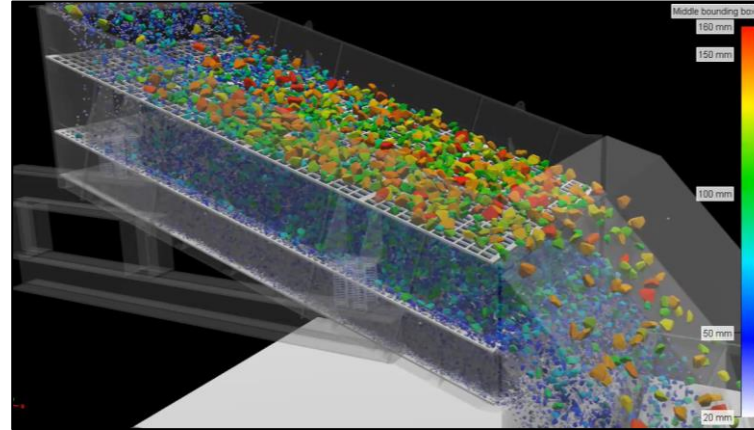
FRAUNHOFER CHALMERS
RESEARCH CENTRE FOR INDUSTRIAL MATHEMATICS

DEMIFY

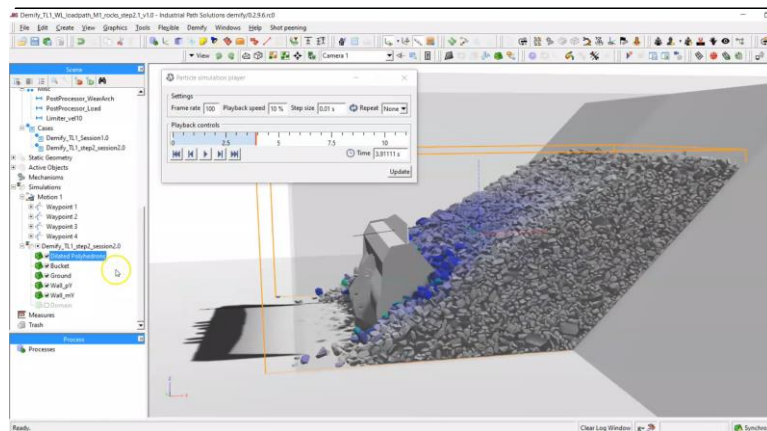
Infrastructure | Roller compaction



Mining & Metals | Industrial screen



Heavy Machinery | Wheel loader virtual design



Forskning på järnvägsinfrastruktur

Varför?

- Mål för Sverige att ha ett klimatneutralt transportsystem till 2050
- Behövs nya järnvägar som tål snabbare tåg
- Underhåll och byggnad av järnväg kostnadsintensivt
- Årlig underhållskostnad är ~6 miljarder SEK

Mål?

- Förståelse av mekaniskt beteendet nödvändigt
- Veta aktuella problem
- Minska kostnader genom optimering

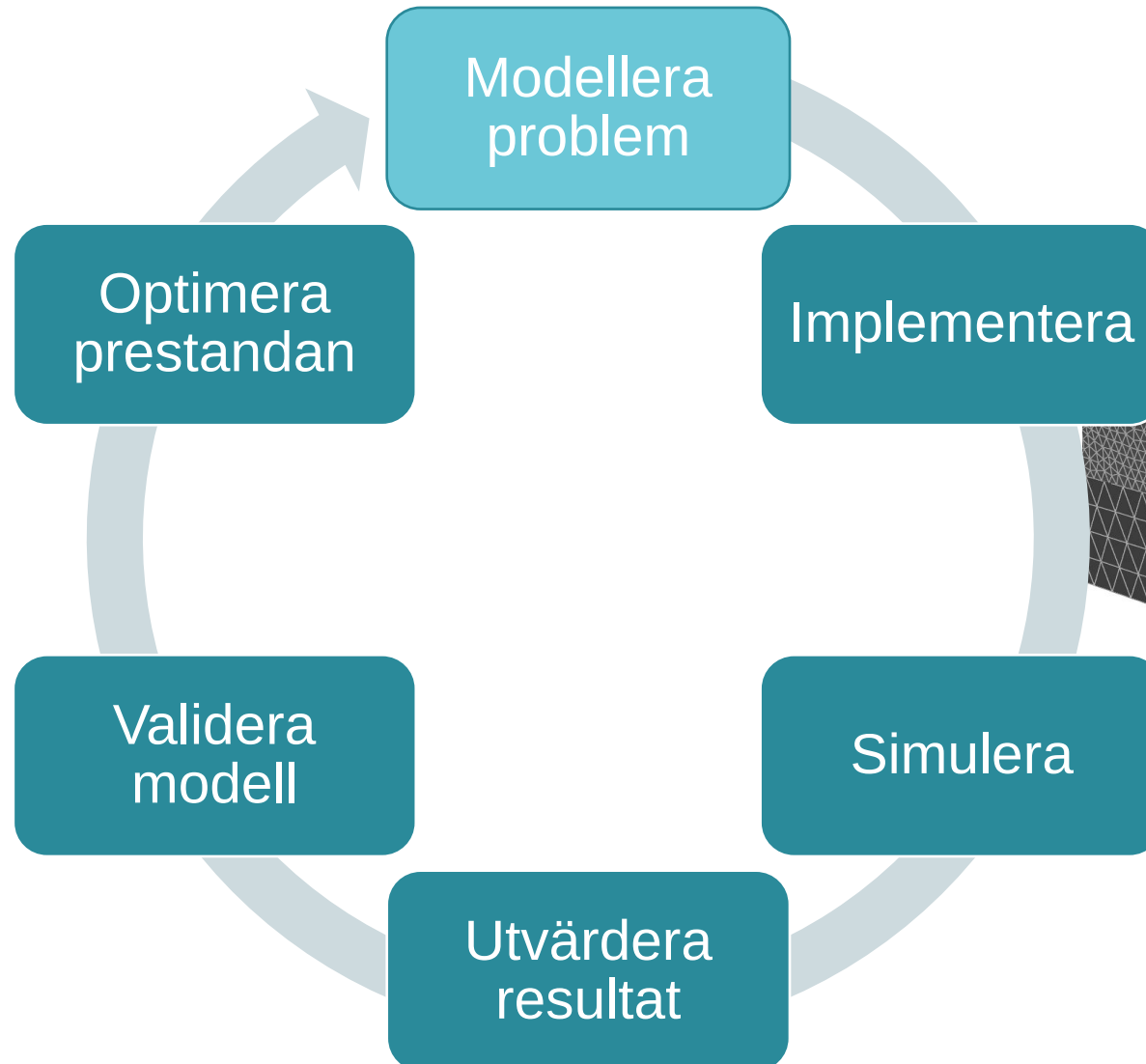
Hur?

- **Simulering**
 - Mer detaljerad utvärdering möjlig
 - Massiva studier möjliga inom kort tid
 - Behövs mindre resurser än i fältstudier
- Experiment
 - Kostnadsintensivt
 - Nödvändig för att validera simulering

Vad?

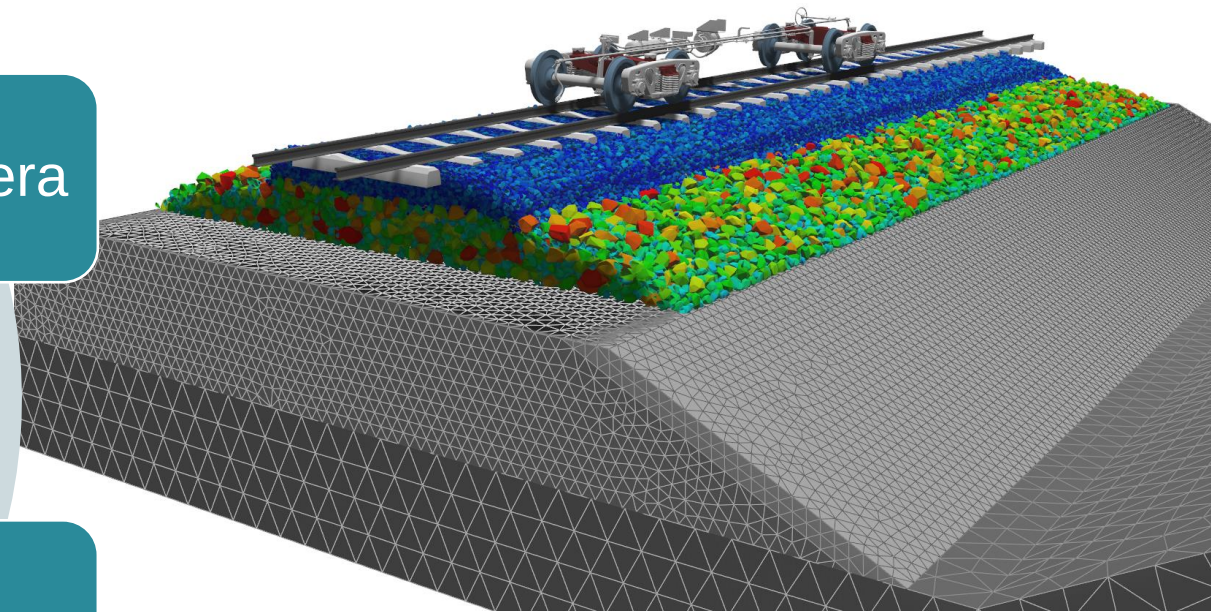
- Ballastens storleksfördelning
- Ballastmaterial
- Slipermaterial
- Effekt av sliper-pads
- Tryckfördelning i ballastbädden
- Kompaktering
- ...

Uppgifter inom ett projekt



$$m_i \dot{v}_i = \sum_j F_{ij}^c + F_i^g$$
$$I_i \dot{\omega}_i = \sum_j M_{ij}$$

Diskret
Element
Metod



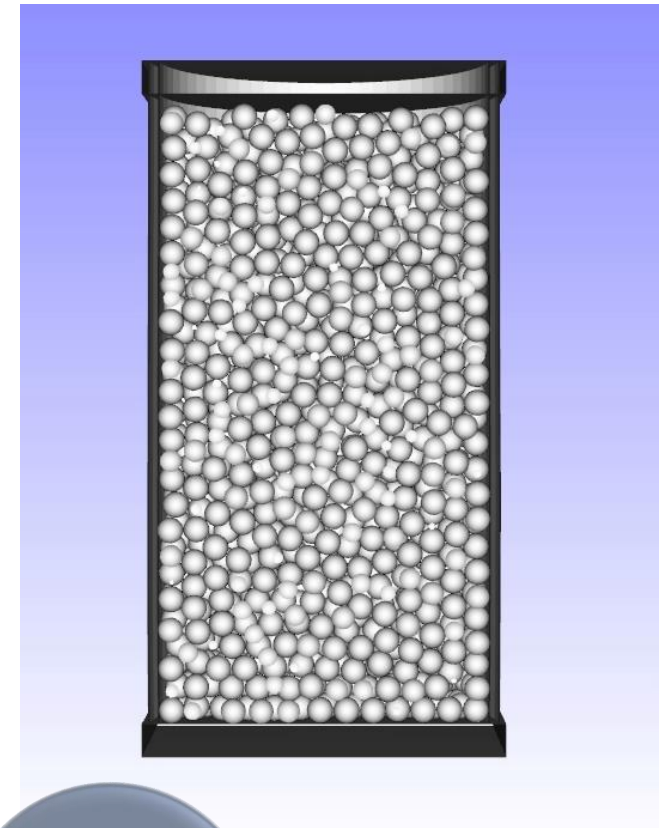
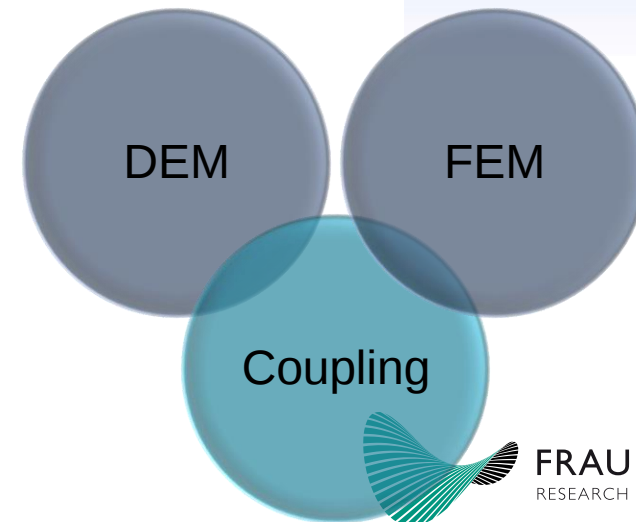
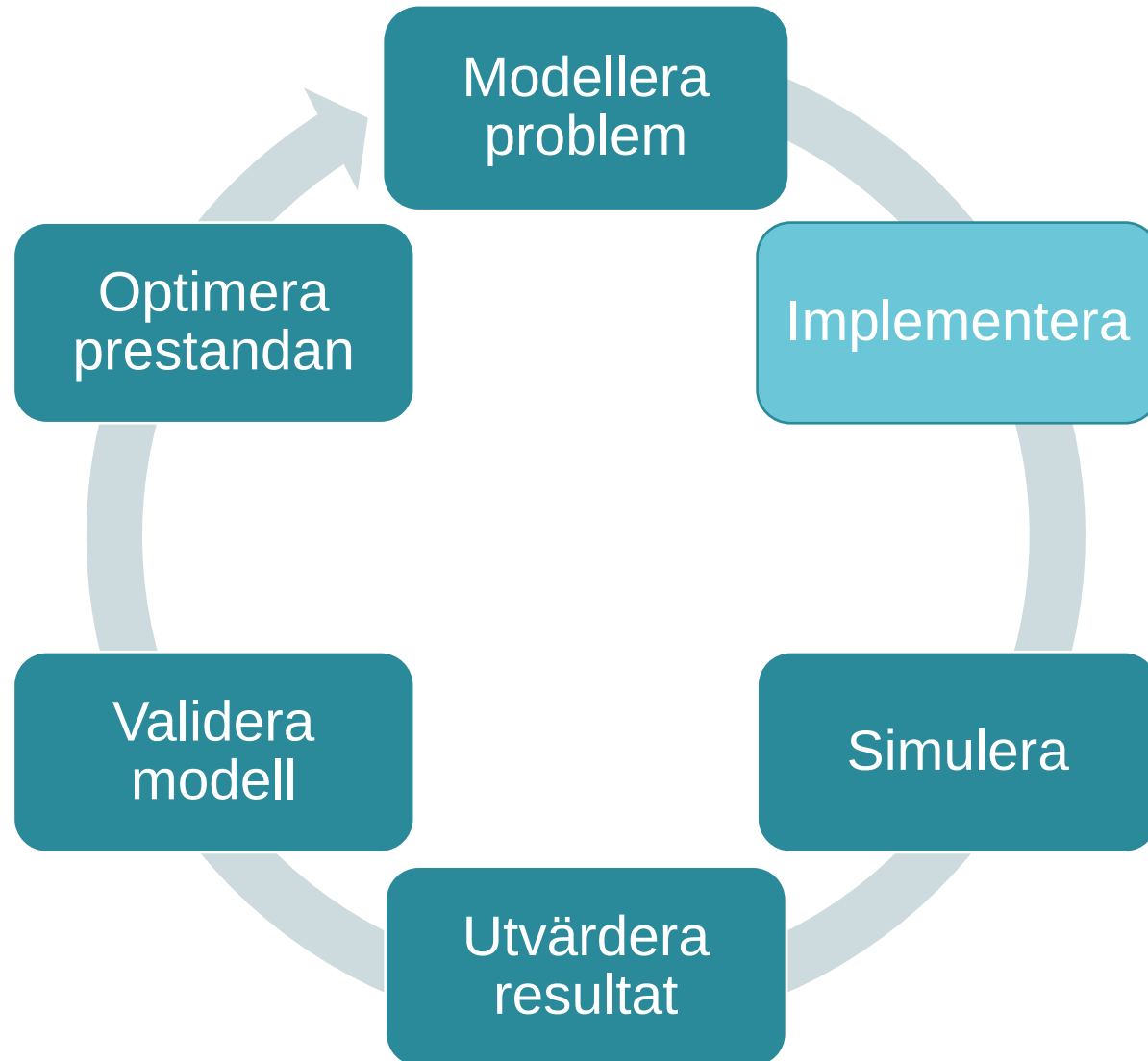
$$M\ddot{u}(t) + Ku(t) = F(t)$$
$$u(0) = u^0$$
$$\dot{u}(0) = \dot{u}^0$$

Finit
Element
Metod

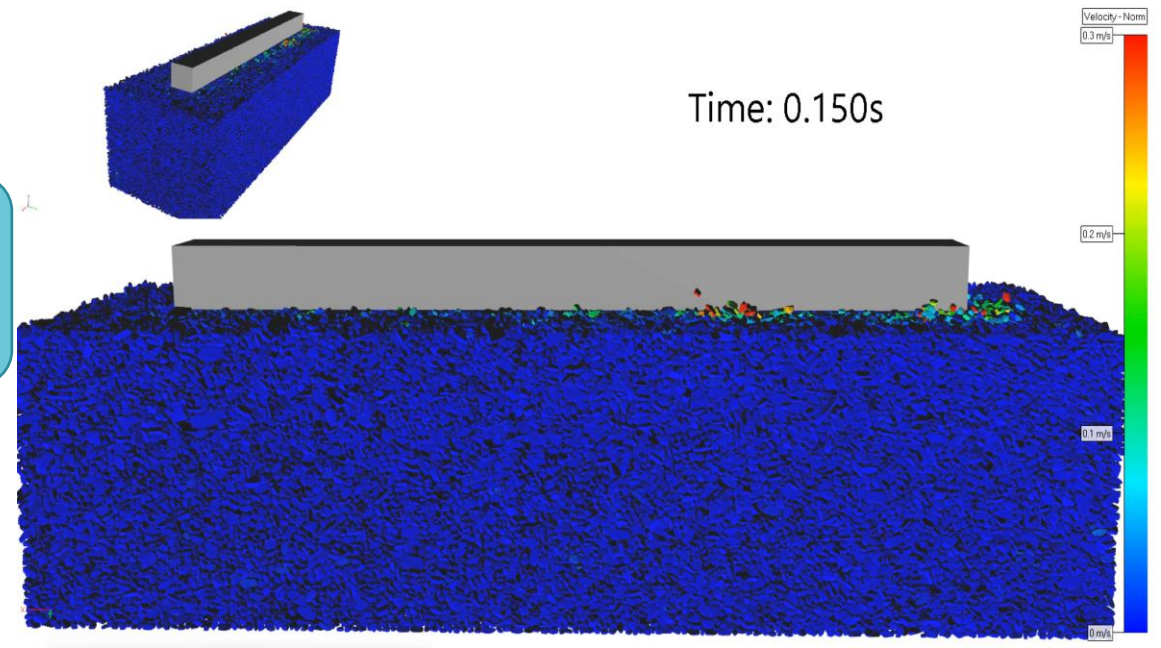
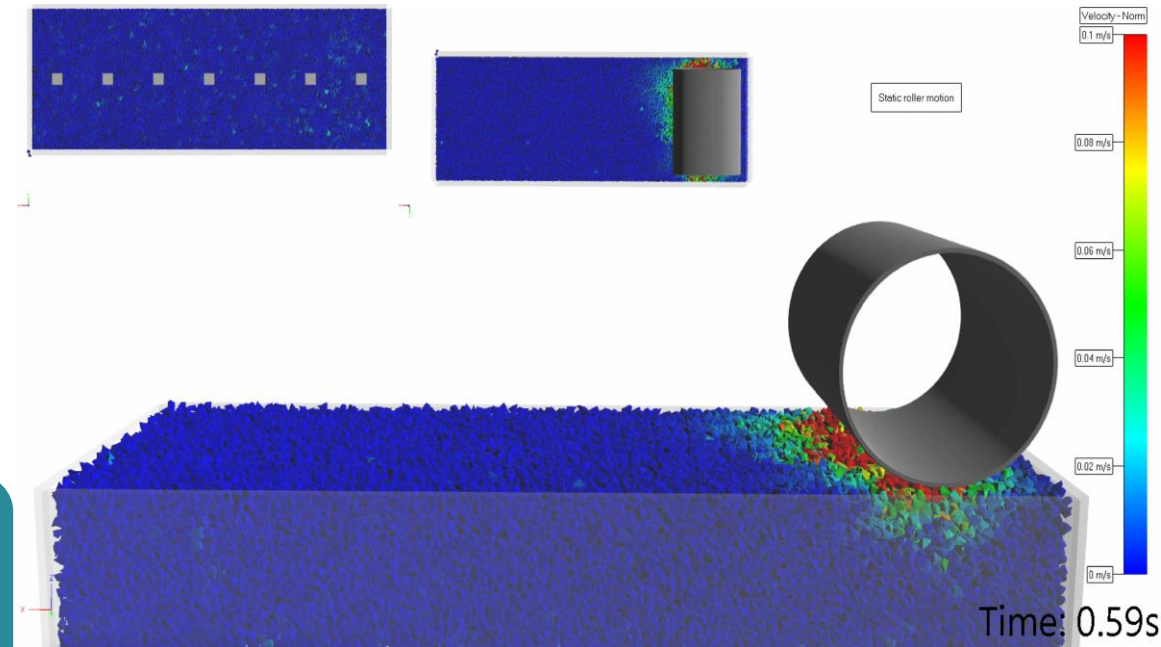
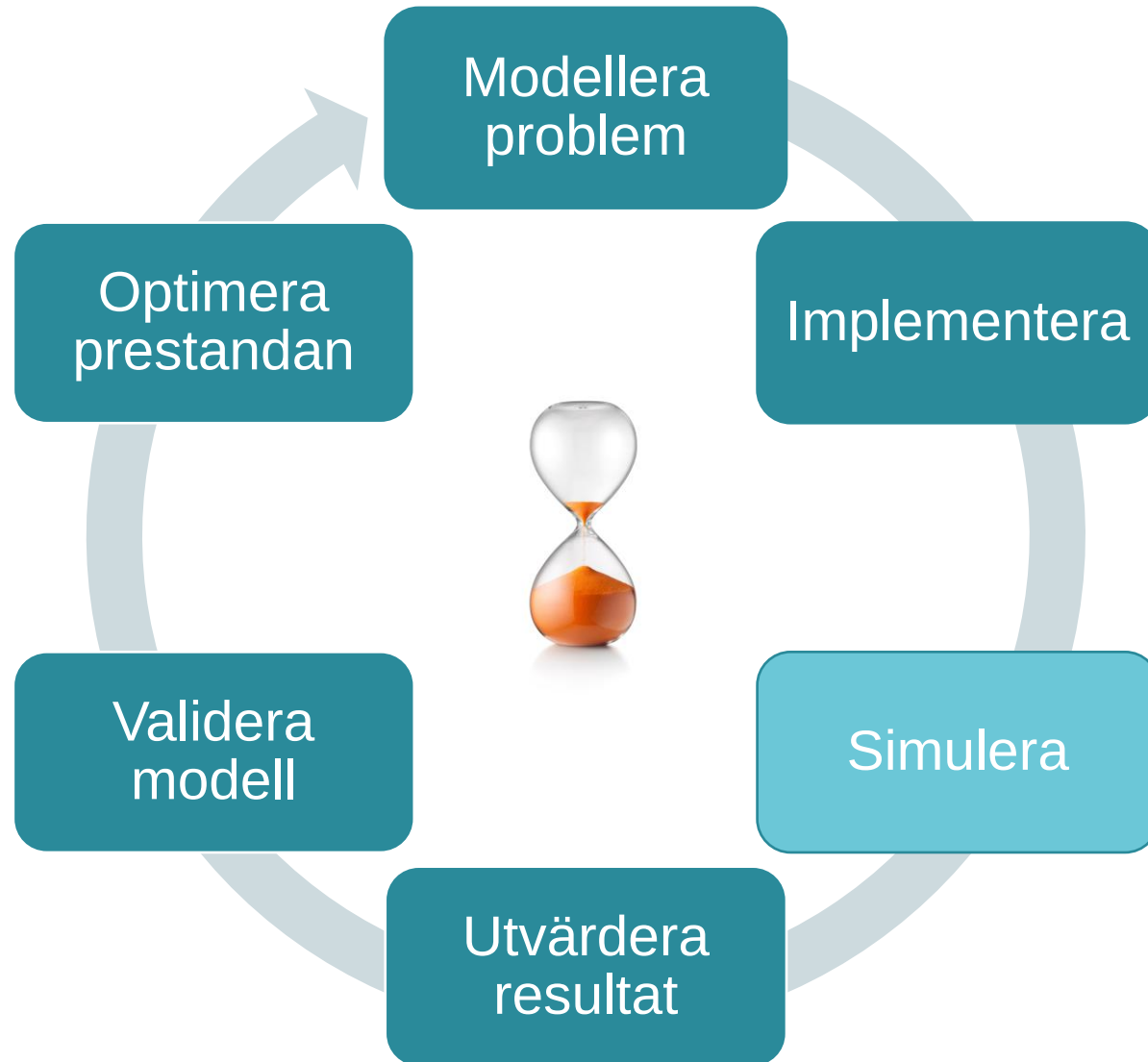


FRAUNHOFER CHALMERS
RESEARCH CENTRE FOR INDUSTRIAL MATHEMATICS

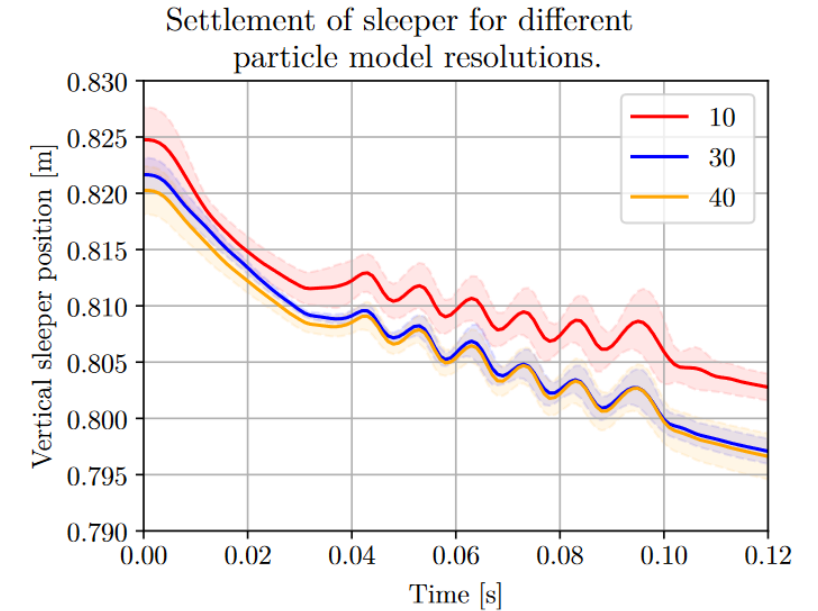
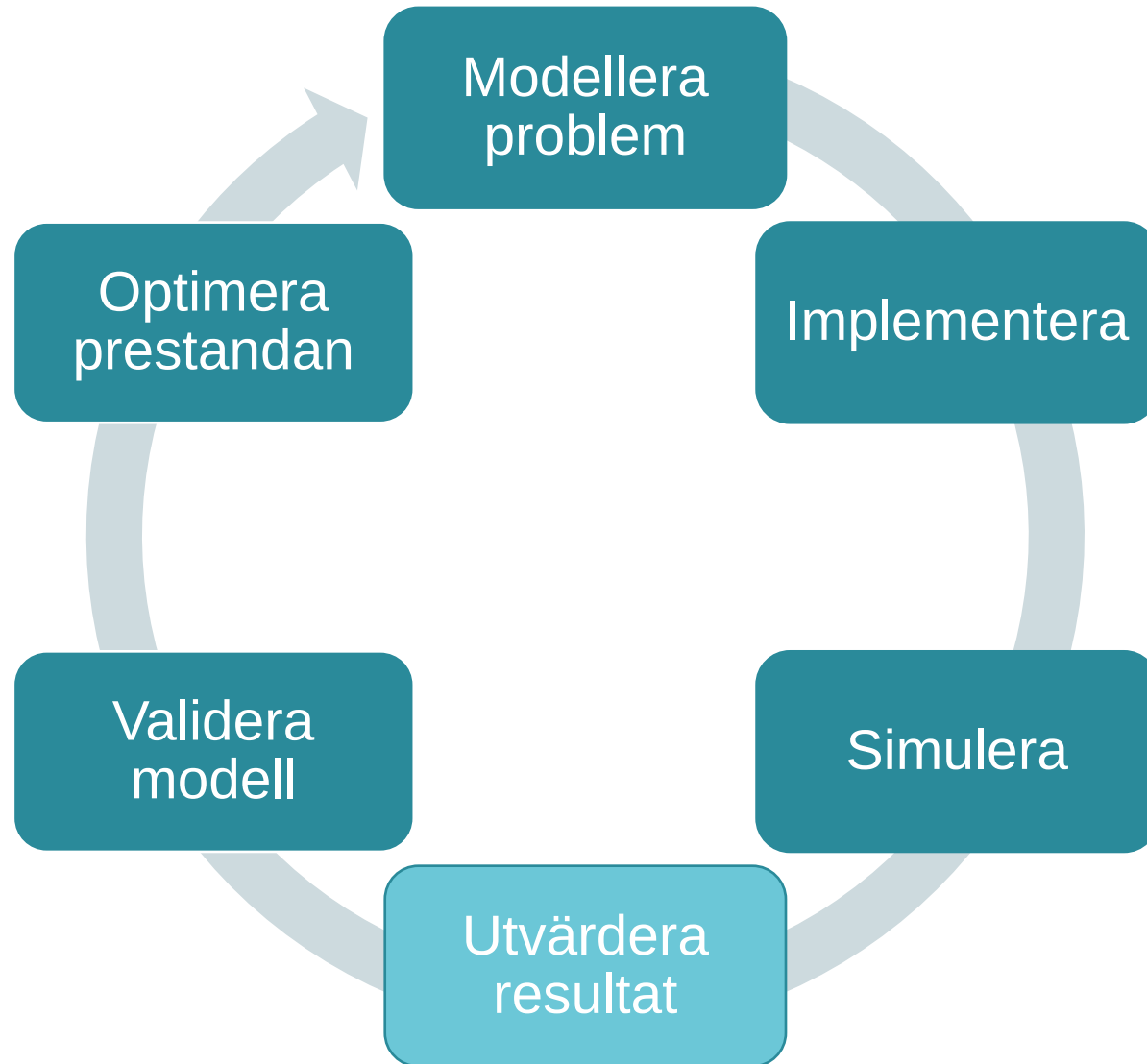
Uppgifter inom ett projekt



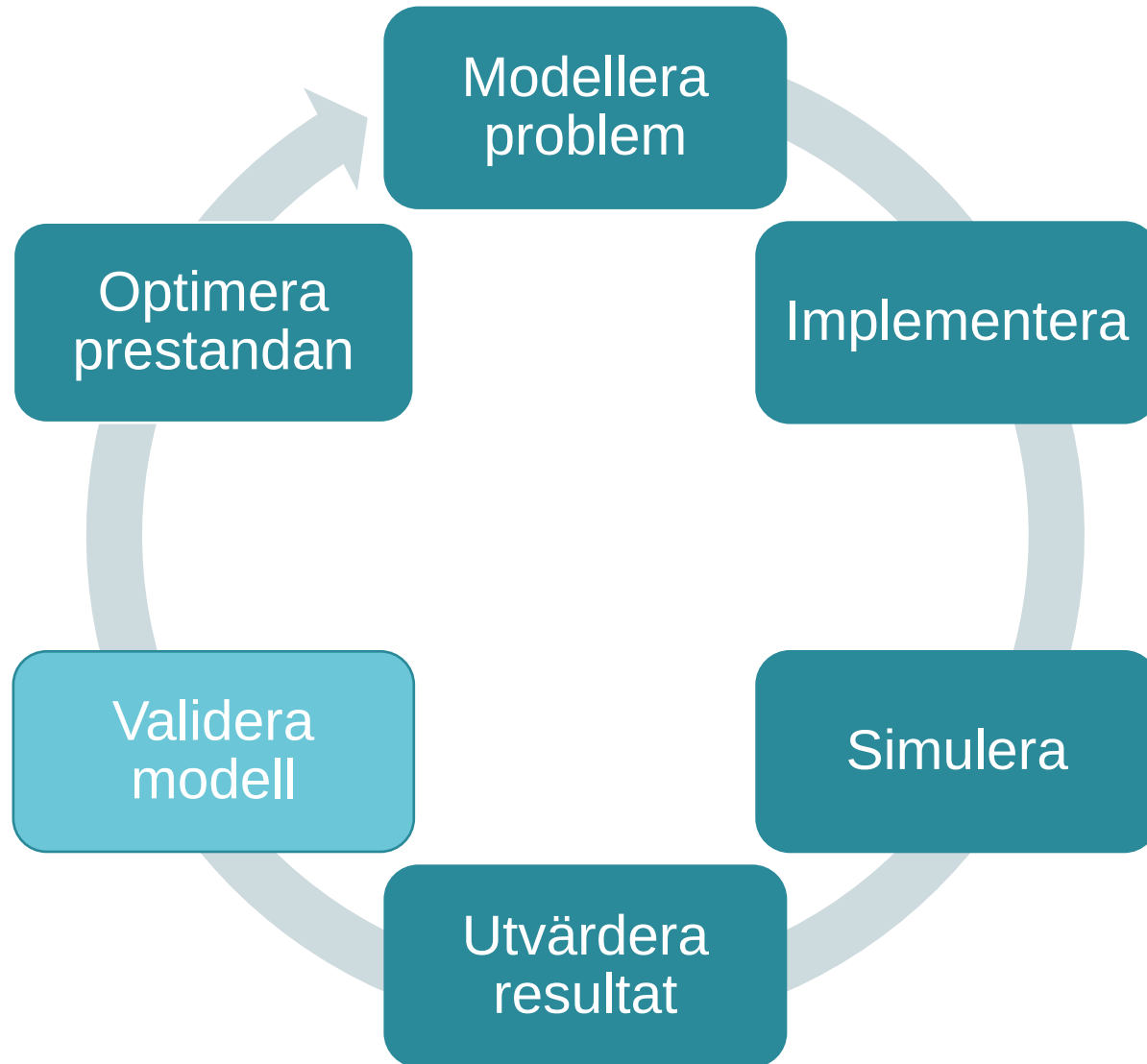
Uppgifter inom ett projekt



Uppgifter inom ett projekt



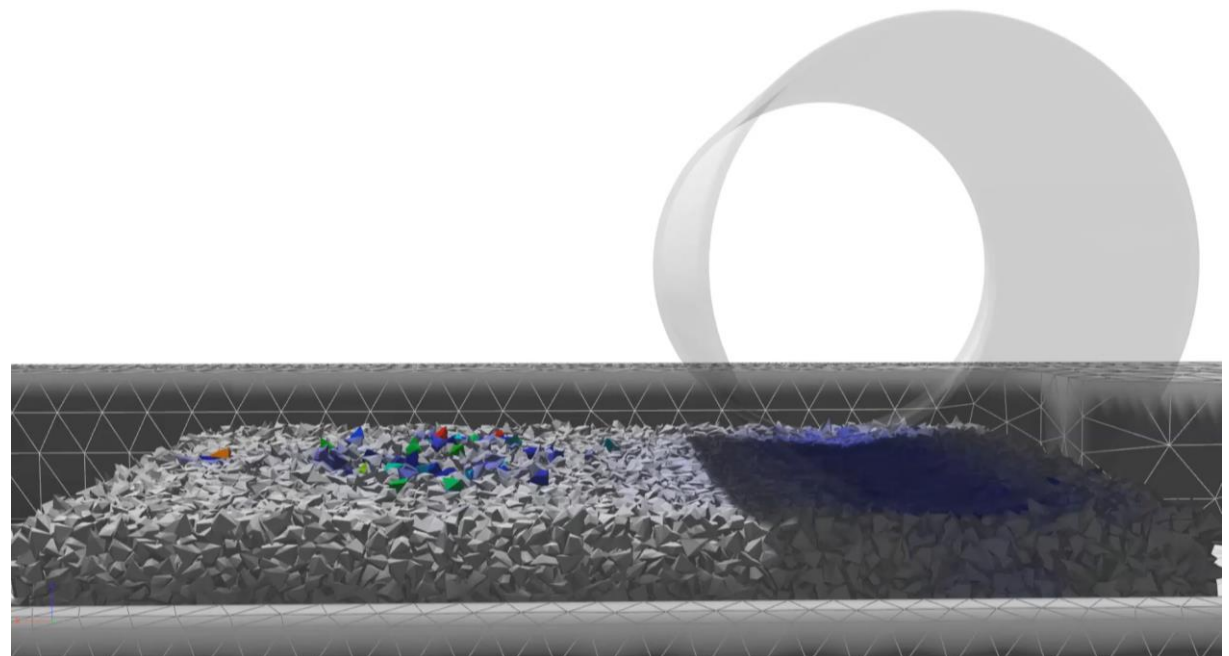
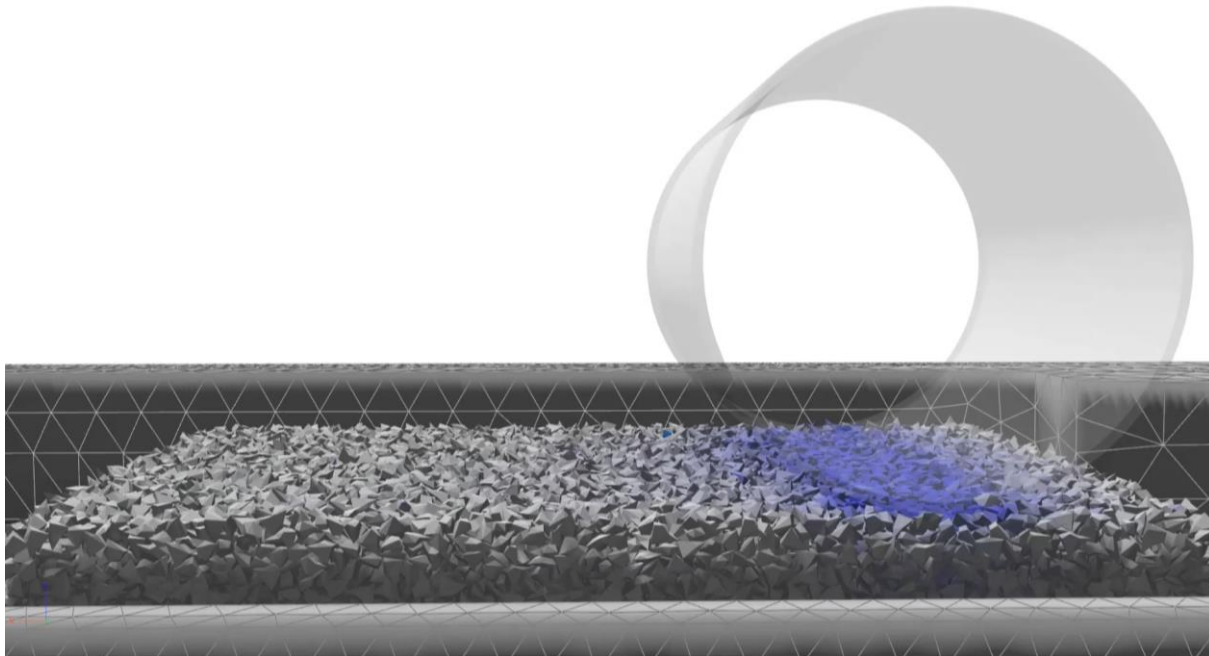
Uppgifter inom ett projekt



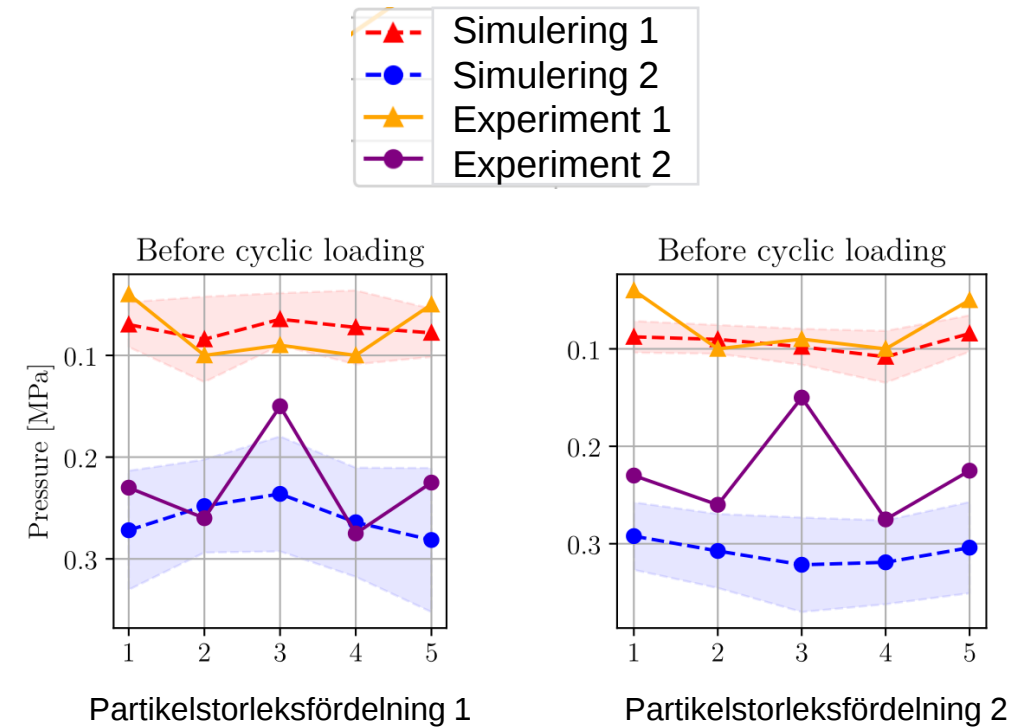
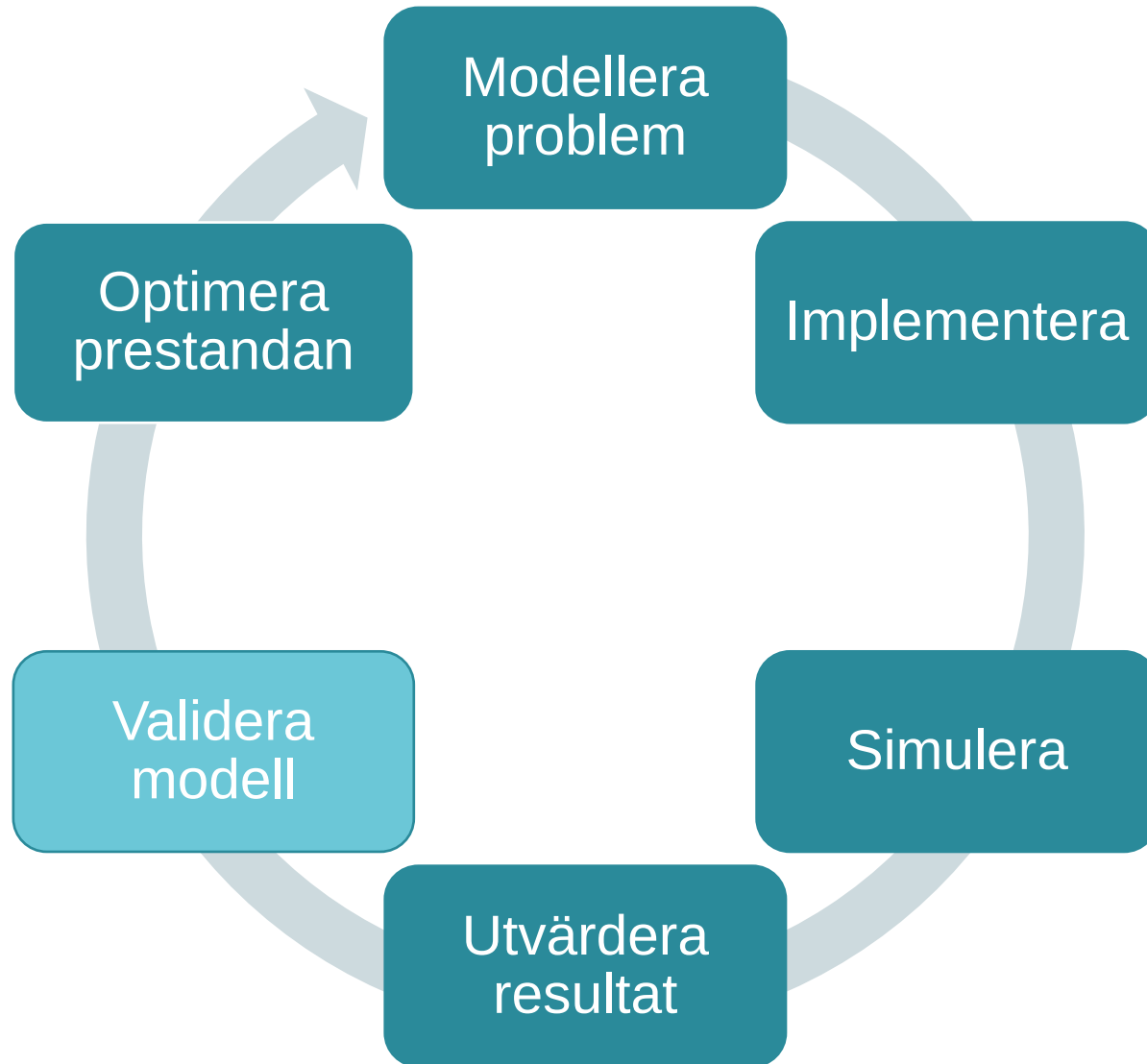
1st pass – Static – Roller velocity 1 m/s



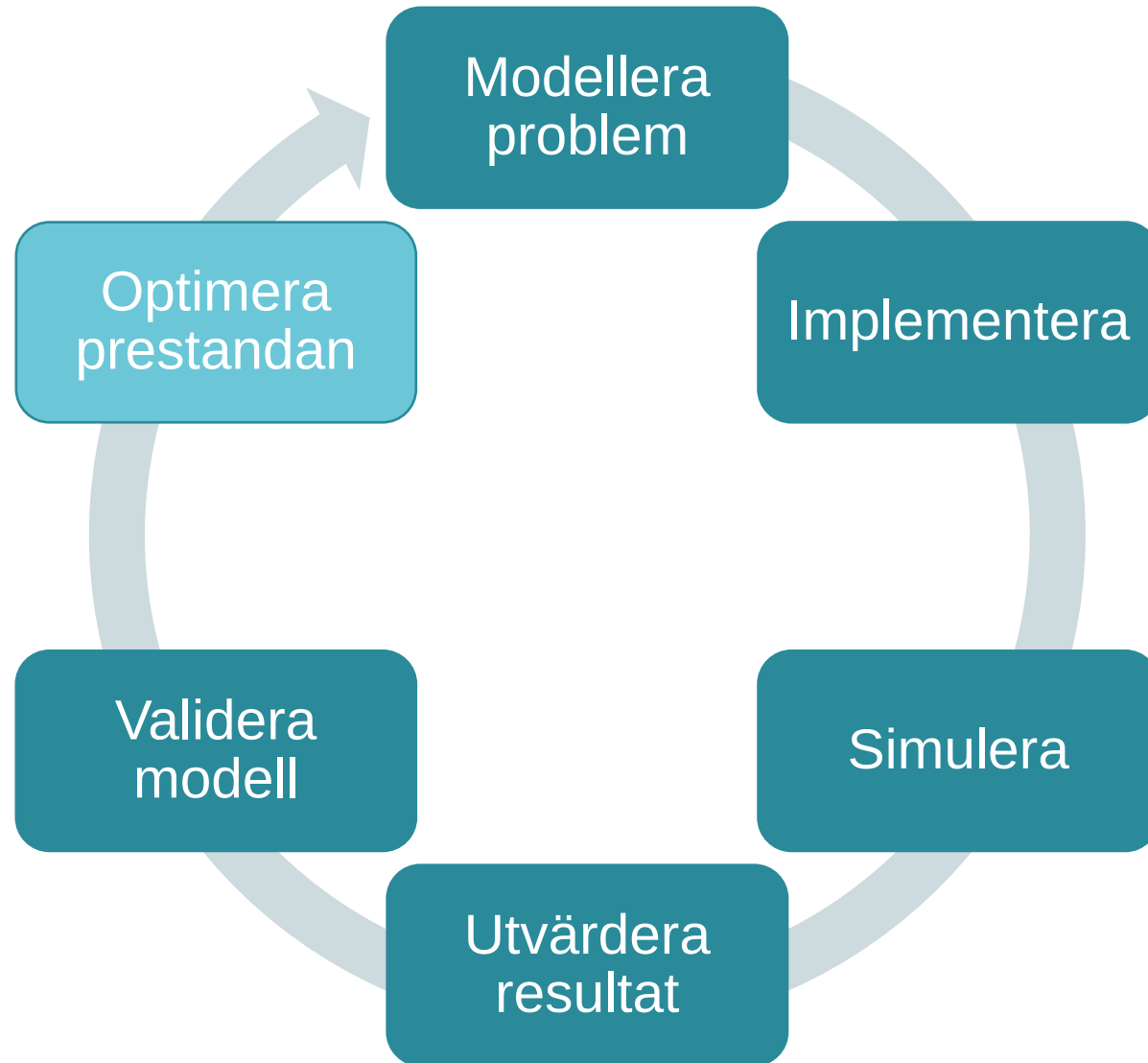
1st pass - Dynamic @ 26Hz High Amplitude – Roller velocity 1m/s



Uppgifter inom ett projekt



Uppgifter inom ett projekt



#Particles	#Elements	Simulated time	Total time
83,000	800	0.27 s	25
300,000	800	0.27 s	43
#Particles	DEM [min]	FEM [min]	Coupling [min]
83,000	10 (40 %)	10 (40 %)	5 (20 %)
300,000	28 (67 %)	10 (22 %)	5 (11 %)



Hur bidrar matematik?

Modellera
problem

$$\begin{aligned} \mathbf{M}\ddot{\mathbf{u}}(t) + \mathbf{K}\mathbf{u}(t) &= \mathbf{F}(t) \\ \mathbf{u}(0) &= \mathbf{u}^0 \\ \dot{\mathbf{u}}(0) &= \dot{\mathbf{u}}^0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_i \dot{\mathbf{v}}_i &= \sum_j \mathbf{F}_{ij}^c + \mathbf{F}_i^g \\ I_i \dot{\boldsymbol{\omega}}_i &= \sum_j \mathbf{M}_{ij} \end{aligned}$$

Rotation,
transformation

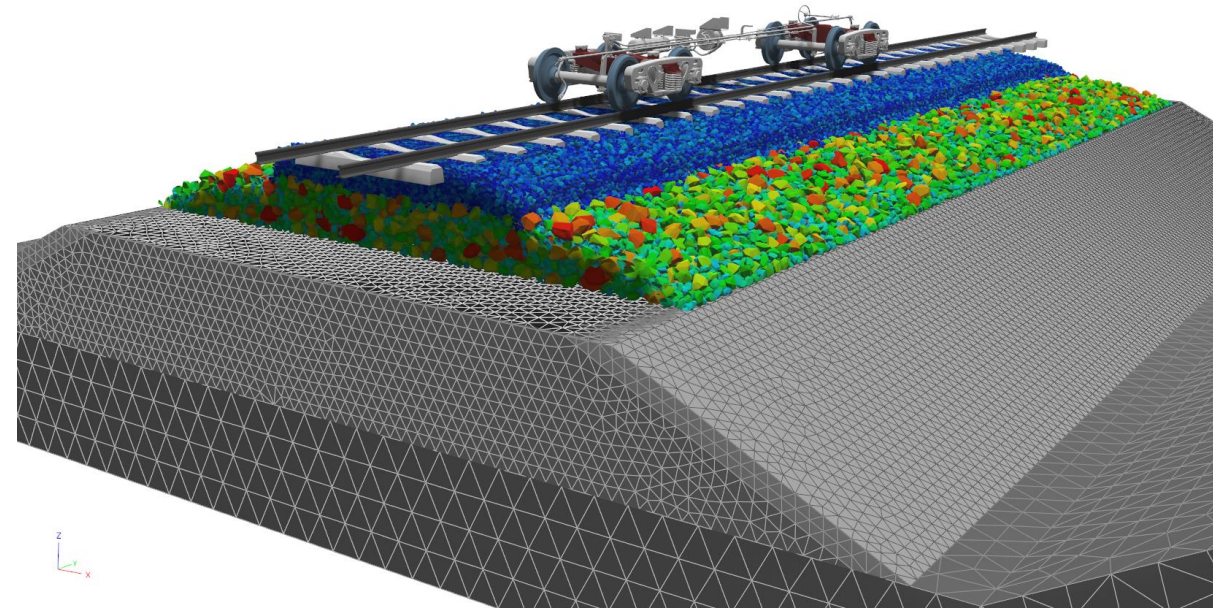
Matris- & vektor-
operationer

Linjär
algebra

Derivator
Integraler

Analys

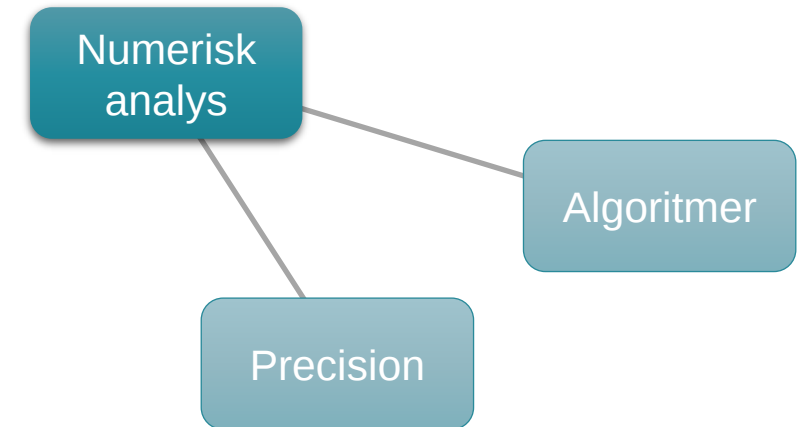
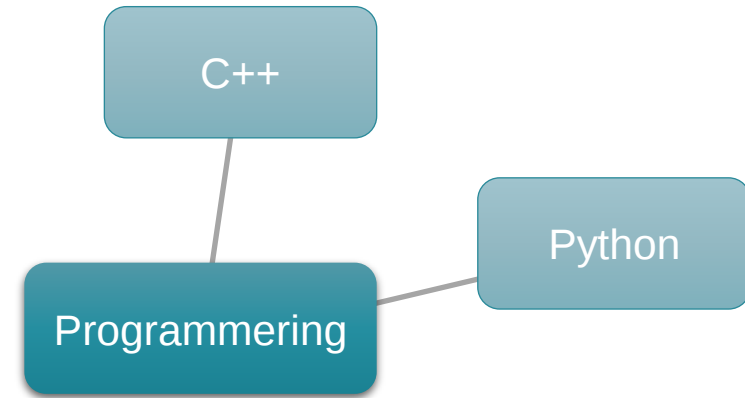
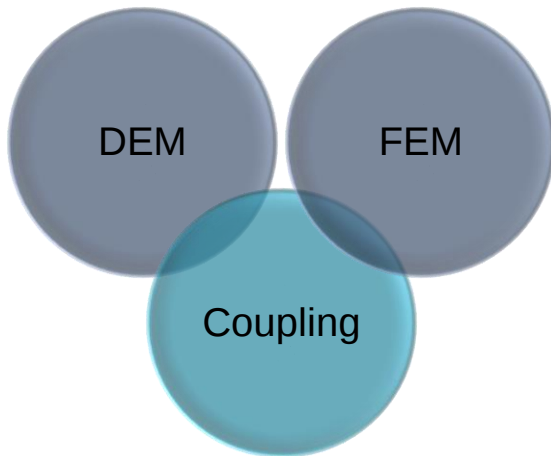
Differential-
ekvationer



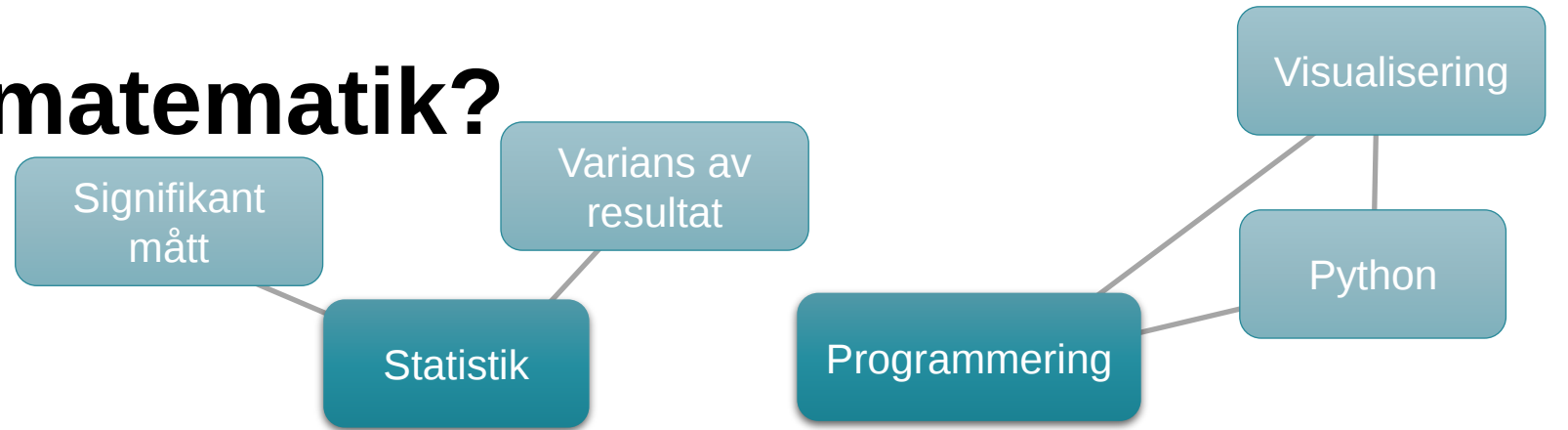
FRAUNHOFER CHALMERS
RESEARCH CENTRE FOR INDUSTRIAL MATHEMATICS

Hur bidrar matematik?

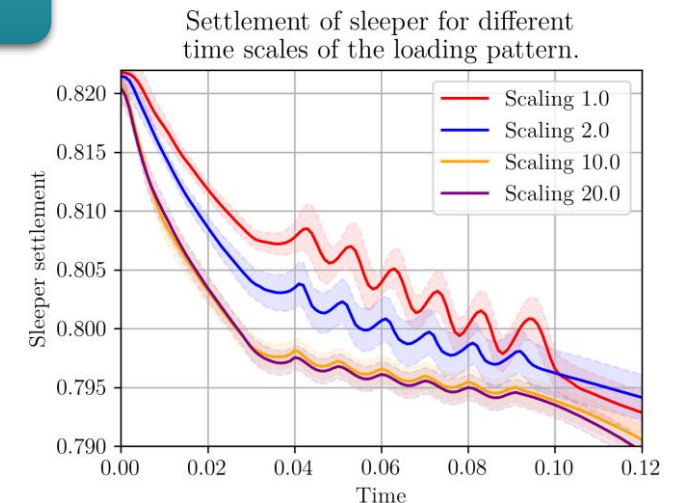
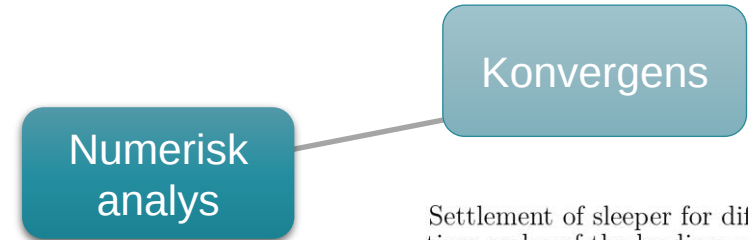
Implementera



Hur bidrar matematik?



Utvärdera resultat



Hur bidrar matematik?

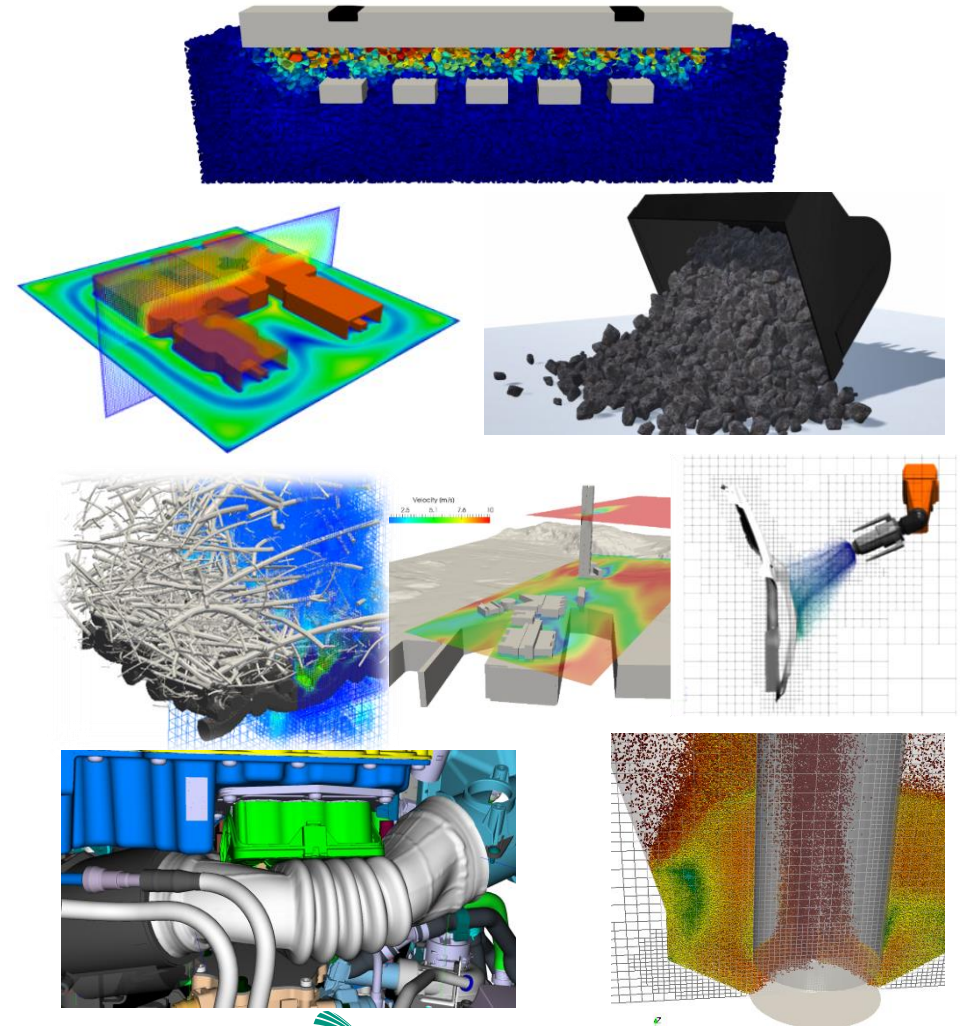


Hur bidrar matematik?



Computational Engineering and Design

- Koncentrera på studierna först
- Extrajobb hos FCC från årskurs 4 och möjligtvis uppföljande examensarbete
- Många olika tillämpningar inom FCC:
 - Strukturmekanik
 - **Partikelsimuleringar**
 - Multifysiksimuleringar
 - Komplexa flöden
 - Maskininlärning, optimering & big data
 - Geometri & banplanering



www.fcc.chalmers.se



FRAUNHOFER CHALMERS
RESEARCH CENTRE FOR INDUSTRIAL MATHEMATICS