A2020-17
ANVÄNDNING AV GEOSYNTETER SOM FÖRSTÄRKNING VID LÄTT BANKPÅLNING MED TRÄPÅLAR

BIG Webbinarium 2022-11-18

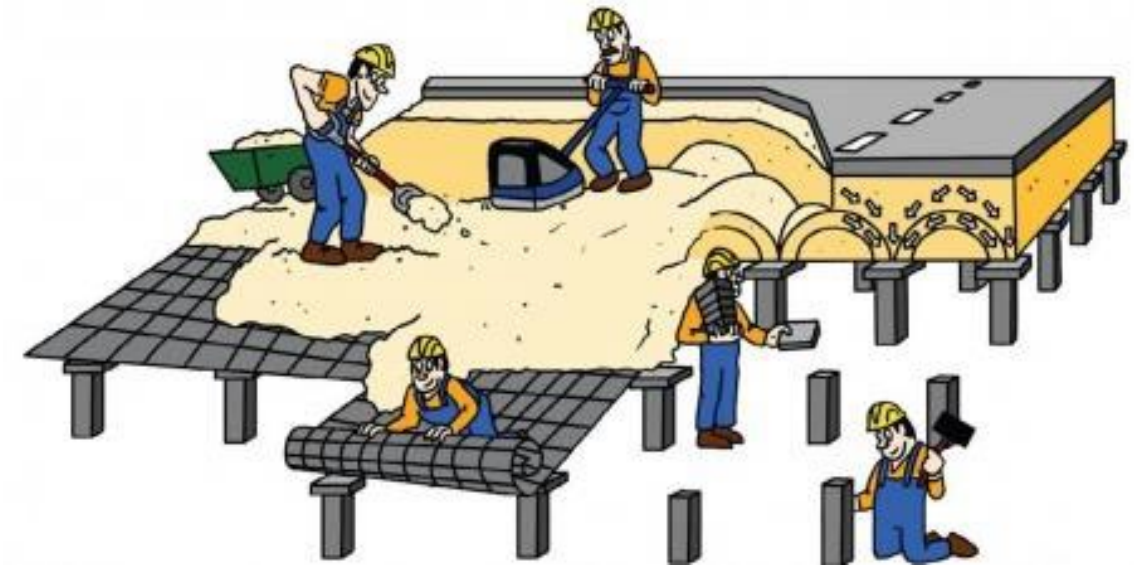
Per Gunnvard
Doktorand, LTU

TRAFIKVERKET
SWEDISH TRANSPORT ADMINISTRATION

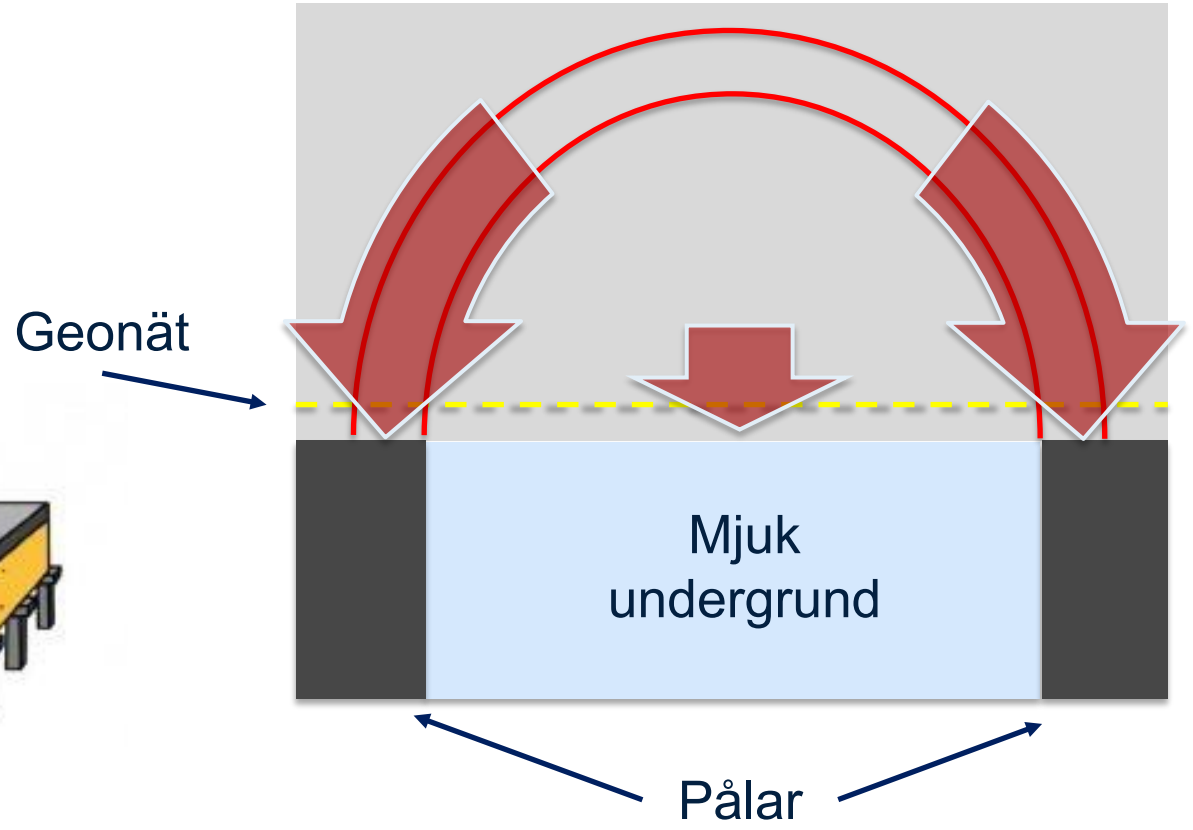
LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Bankpålning

- Sättningsbenägen undergrund
- Lastöverföring på pålar (valvverkan)



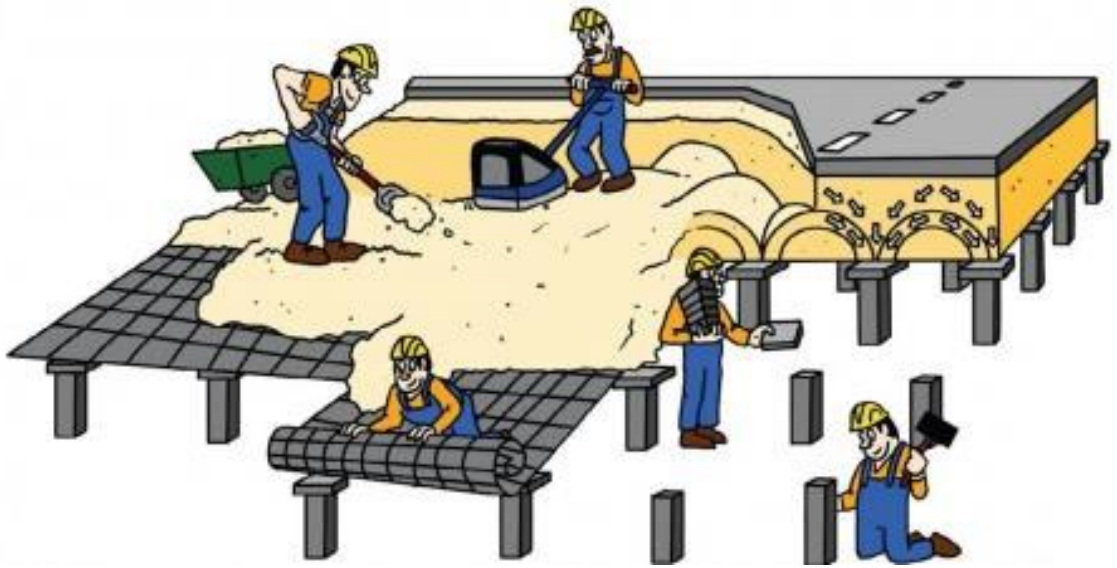
Ref: Arte Civil & Structure BV



LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Lätt bankpålning med träpålar

- Sättningsbenägen undergrund
- Lastöverföring på pålar (valvverkan)
- **Prio: Reducera CO_2-utsläppen!**
- Obehandlade träpålar
  - Anaerob miljö → lång livstid (100-200 år)
  - Inga pålplattor



Ref: Arte Civil & Structure BV



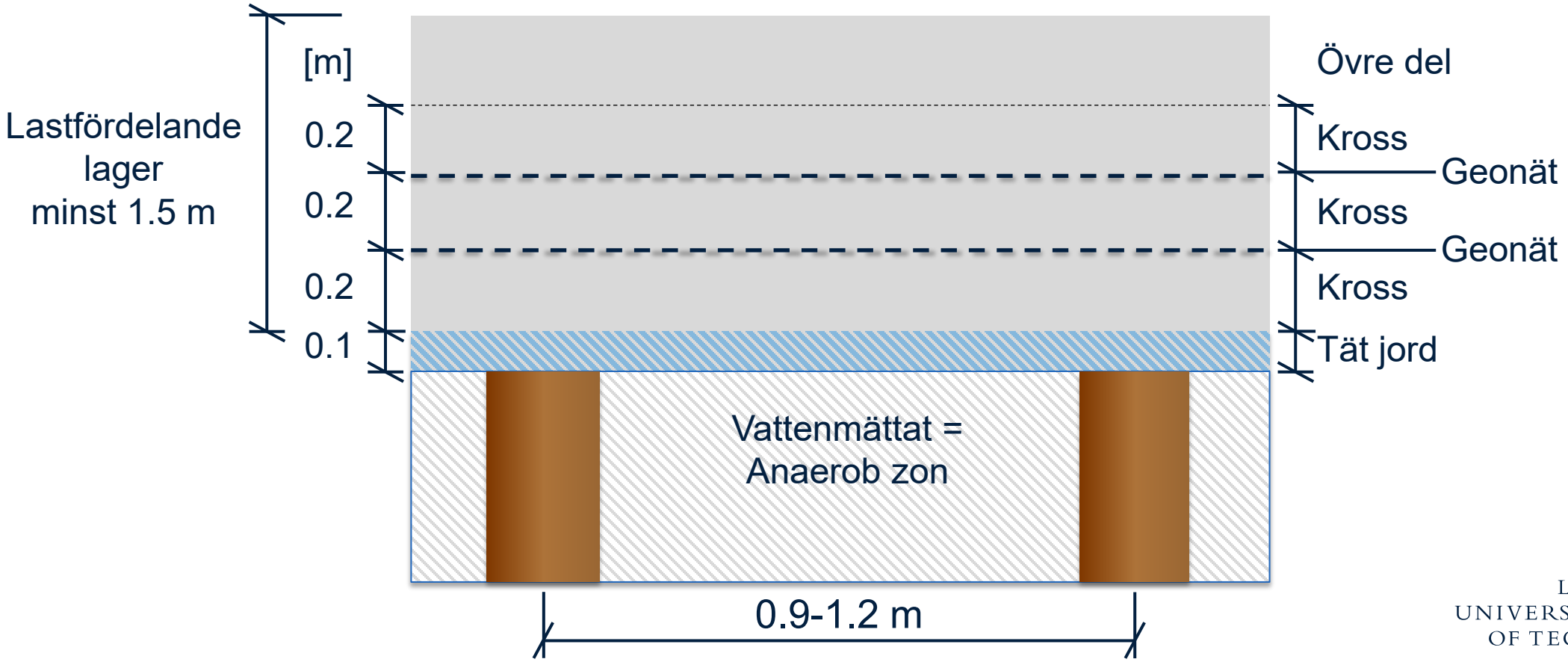


TRVINFRA-00230 (sedan TK Geo 11)

- Inga pålplattor → Tätare pålgrupper
- Två geonät (balkeffekt)
- Konservativ, resurskrävande

Forskningsfrågor:

- Hur mycket jordarmering behövs?
- Krav på pålavstånd?
- Mer optimerad design?

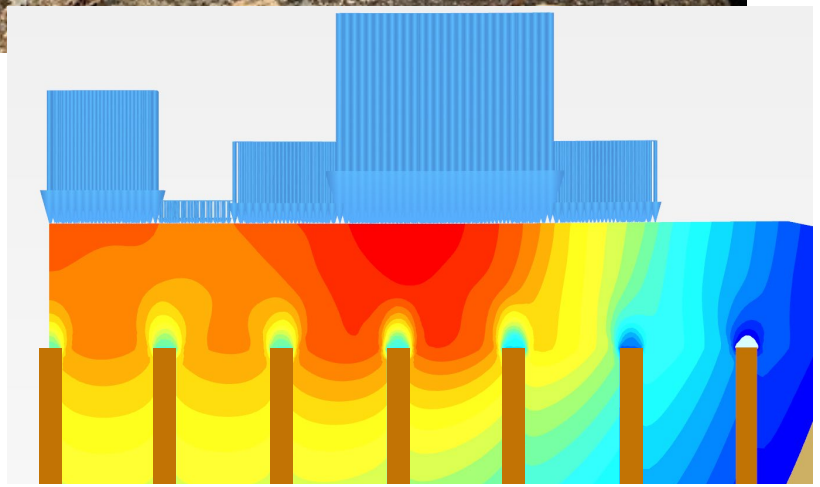


Projektets delar

1. Fältmätning, E4 Råneå
   - Efterfrågat från föregående projekt
   - Hur är lasterna fördelade?
   - 2020-2022…och vidare
2. Finita elementmodellering
   - Parameterstudie
   - Geonät eller inte geonät?
   - Vilka dimensioner ger stabil valvbildning?
3. Utveckling av fysisk modell (testuppställning)
   - Verifiera parameterstudien från FE-modllering
   - Teori ↔ Fältstudie ↔ Experiment
   - Var Prio #1 i projektspecen, men ersatt av fältmätningen

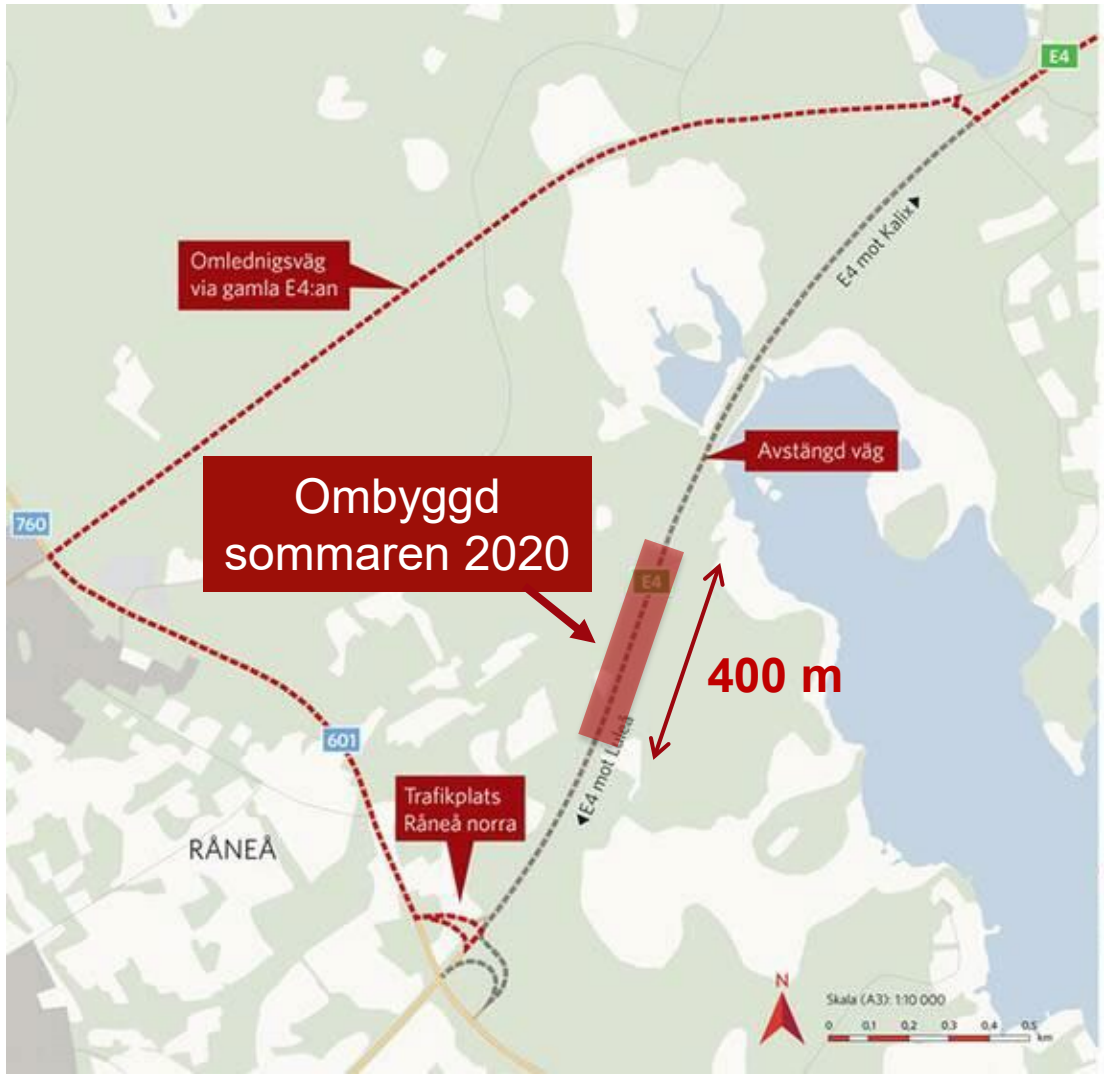
Foto: Hjalmar Törnqvist, AFRY





1. Fältmätning, E4 Råneå





Källa:
Trafikverket,
SVT design

1. Fältmätning, E4 Råneå





Gunnar Zweifel
TRV



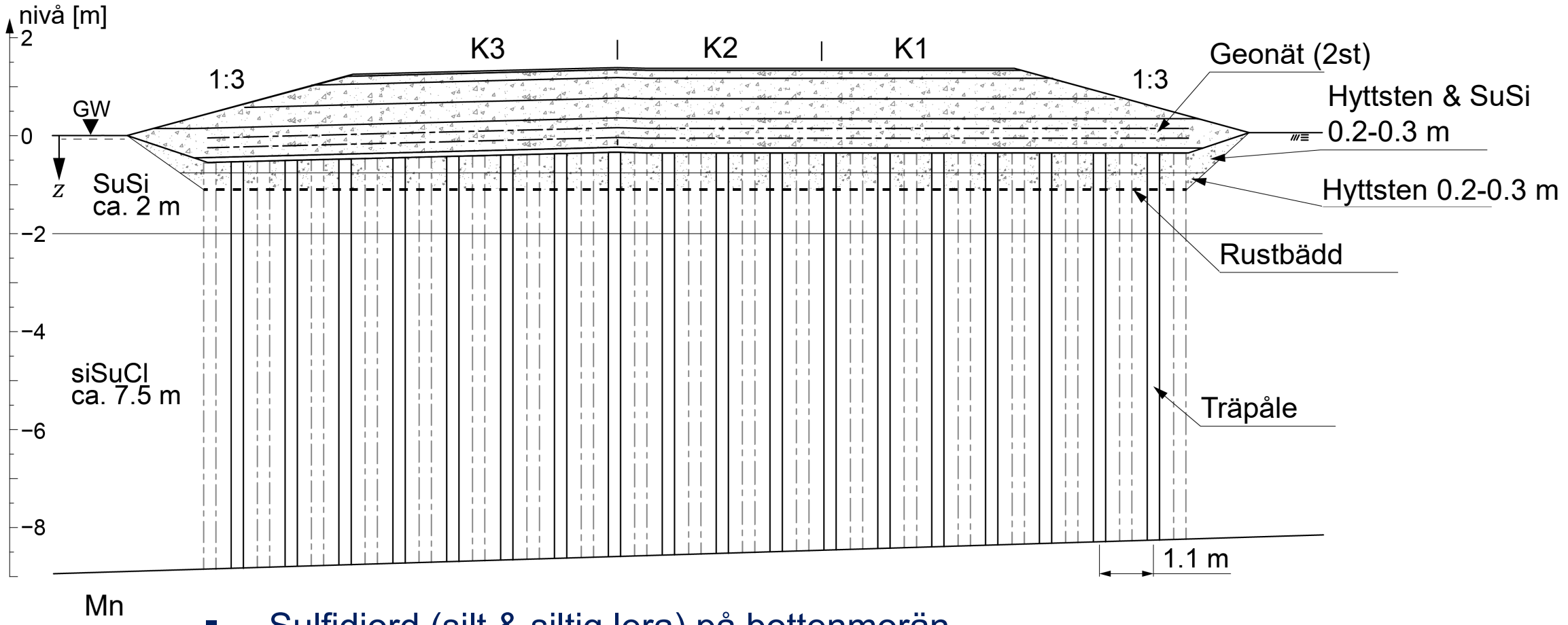
Per Gunnvard
LTU



Magnus Ruin
GeoMind



Hjalmar Törnqvist
AFRY (Luleå)

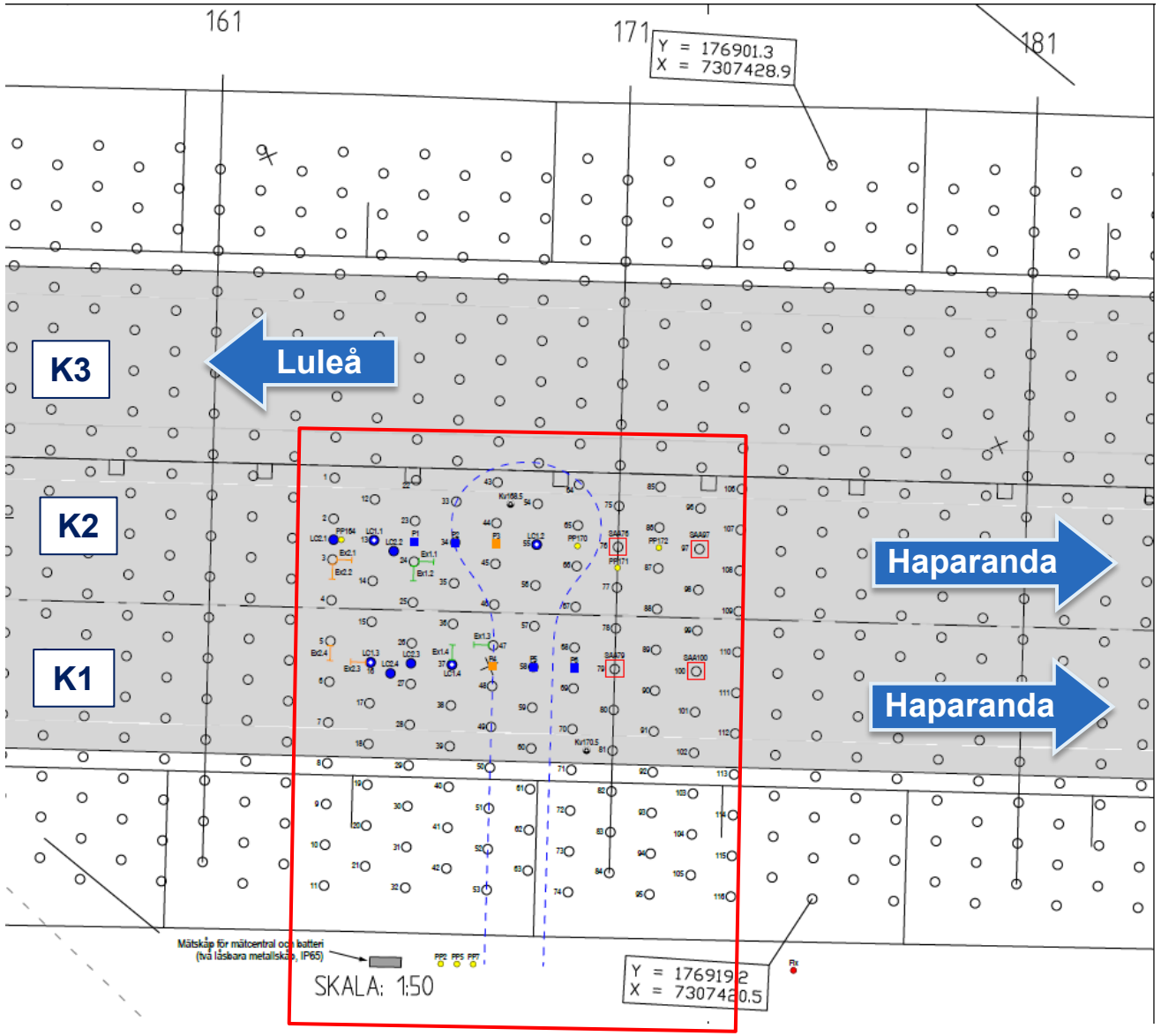


- Sulfidjord (silt & siltig lera) på bottenmorän
- Ytlig grundvattennivå
- Rustbädd + 60 cm hyttsten (blandat med sulfidjord), arbetsplattform
- Drygt 8 m långa pålar (max 90 kN), 1.1 m pålavstånd, triangulärt
- 1.8 m hög bank (2 enaxiella geonät)

LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

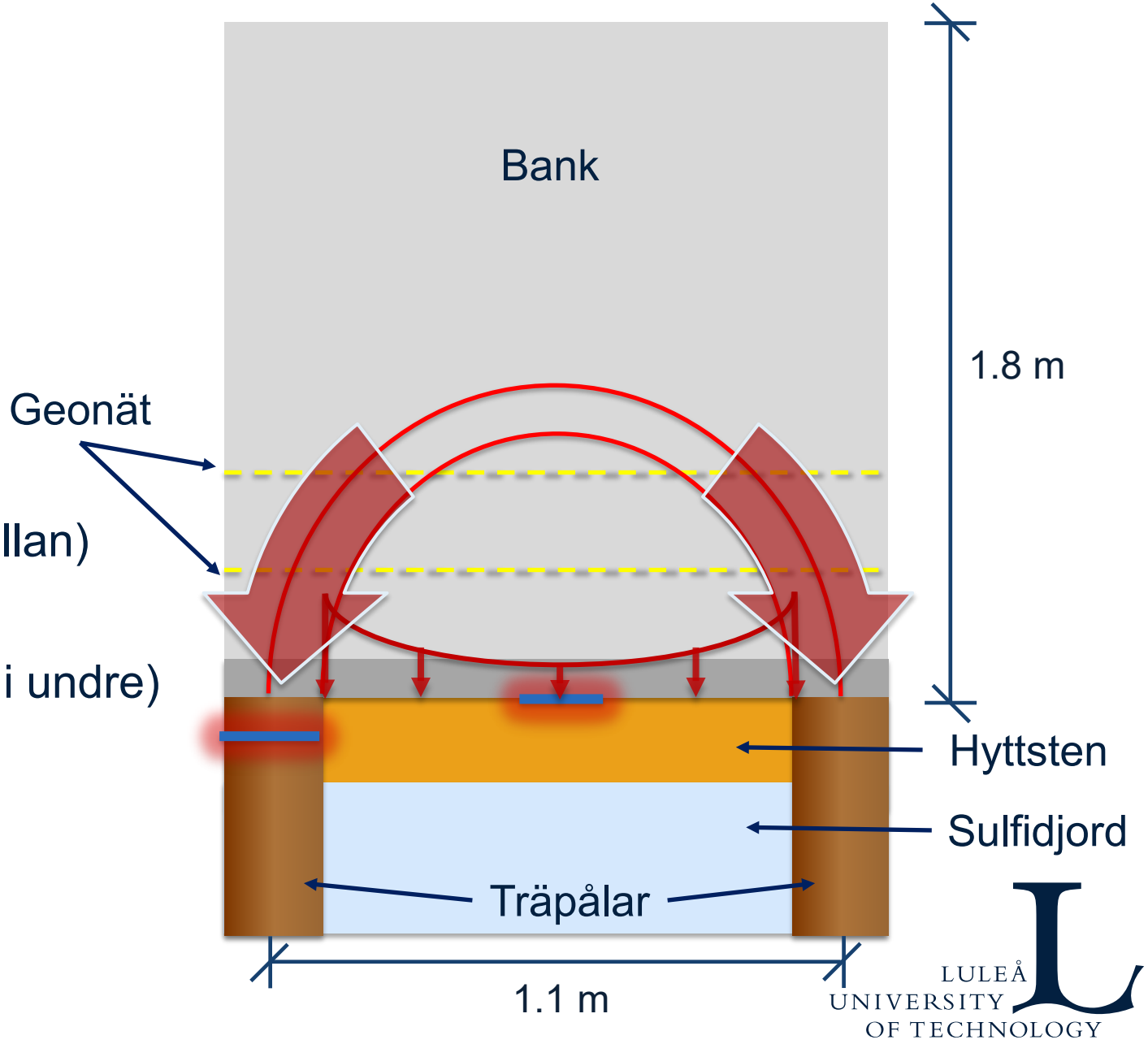
Instrumentering





Vad mäts?

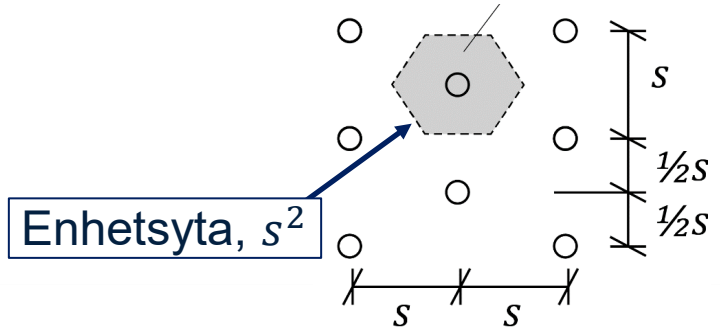
- Sättningar
- Portryck
- Pålutböjning
- **Lastfördelning**
  - Tryckceller (4 i pålar + 4 mellan)
- **Töjningar i geonätet**
  - Extensometrar (4 i övre + 4 i undre)

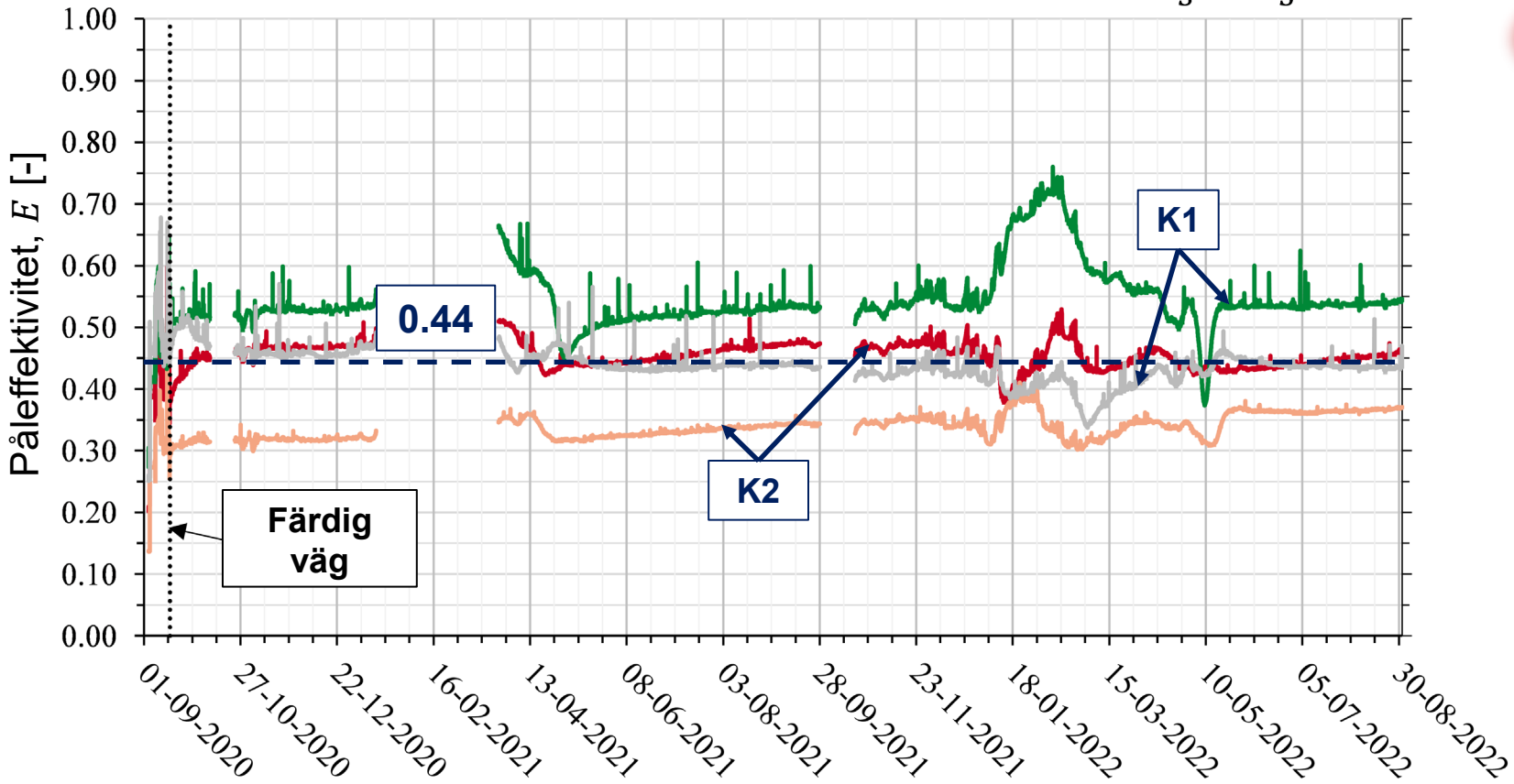


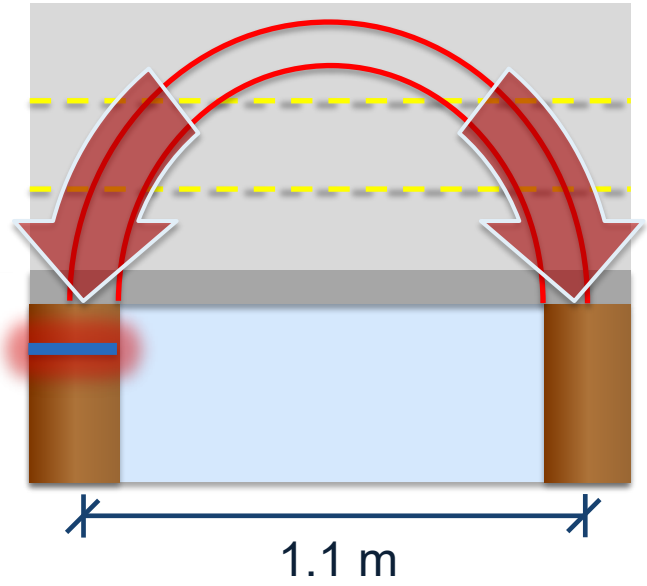
LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Lastfördelning

Pållast







- I medel 44% av total-lasten tas av pålarna
  - Drygt 50% uppmätt mellan pålarna

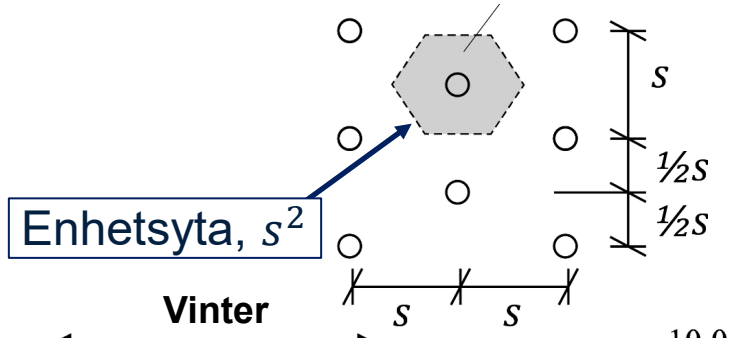
$$\text{Påleffektivitet, } E = \frac{\text{uppmätt pållast}}{\text{vertikallast (bank+trafik)}}$$

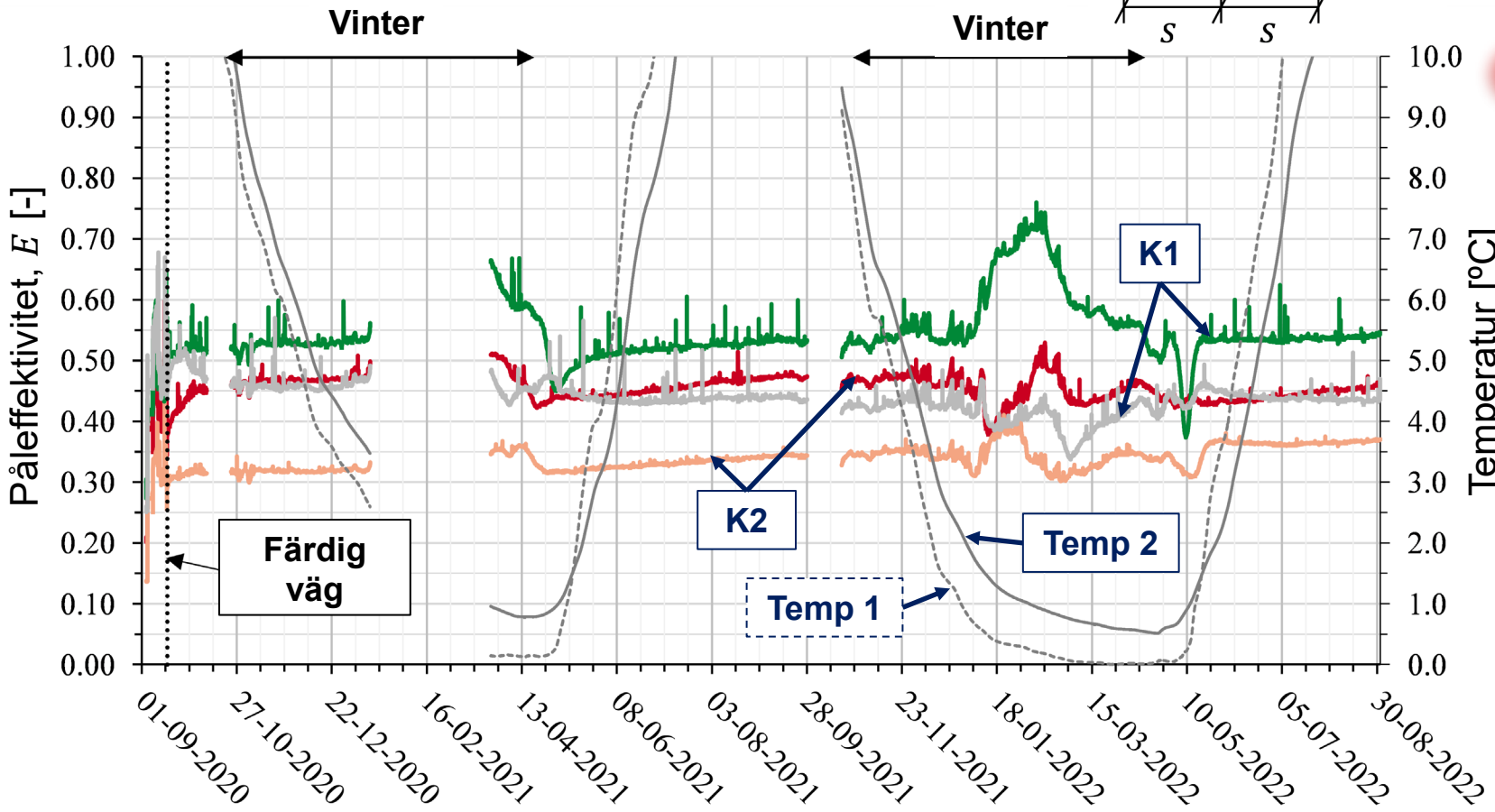
→ 1.0 = full valvverkan
→ 0.0 = ingen valvverkan

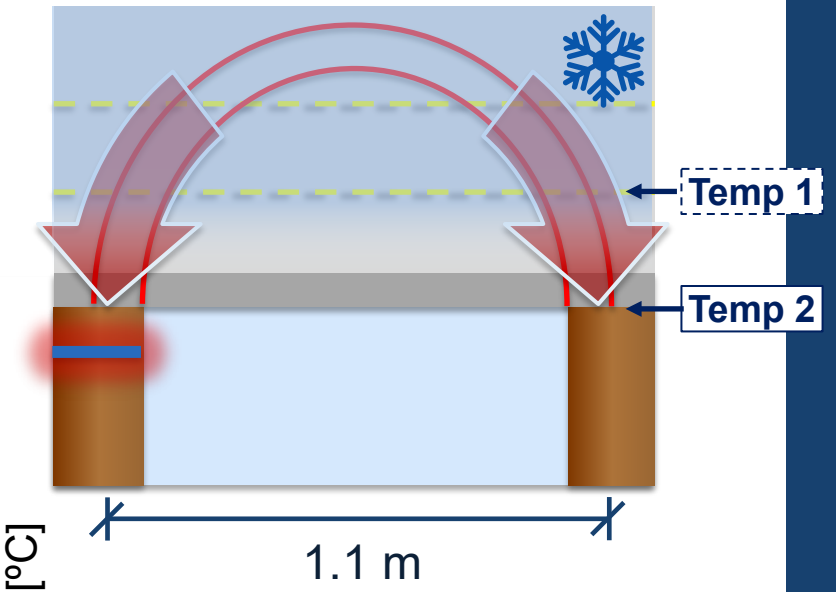
LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Lastfördelning

Pållast







- I medel 44% av total-lasten tas av pålarna
  - Drygt 50% uppmätt mellan pålarna
- Ökad styvhet i banken vintertid → ökad pållast
  - Ishikawa et al. (2019)

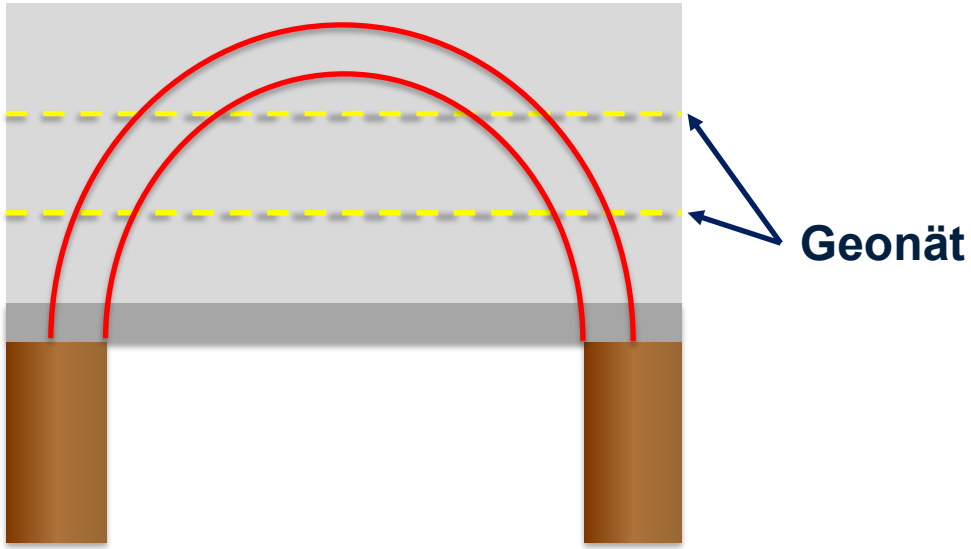
$$\text{Påleffektivitet, } E = \frac{\text{uppmätt pållast}}{\text{vertikallast (bank+trafik)}}$$

→ 1.0 = full valvverkan
→ 0.0 = ingen valvverkan

LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Geonätstöjning

- Små uppmätta töjningar
  - < 0.1% i båda lagrena (1-3 kN/m)
  - Designade för 6%... (64 kN/m)
- Suboptimal placering?
  - Liten nedböjning / diffsättning
  - Ej fullt utvecklad valvverkan
  - Valvverkan kräver diffsättningar

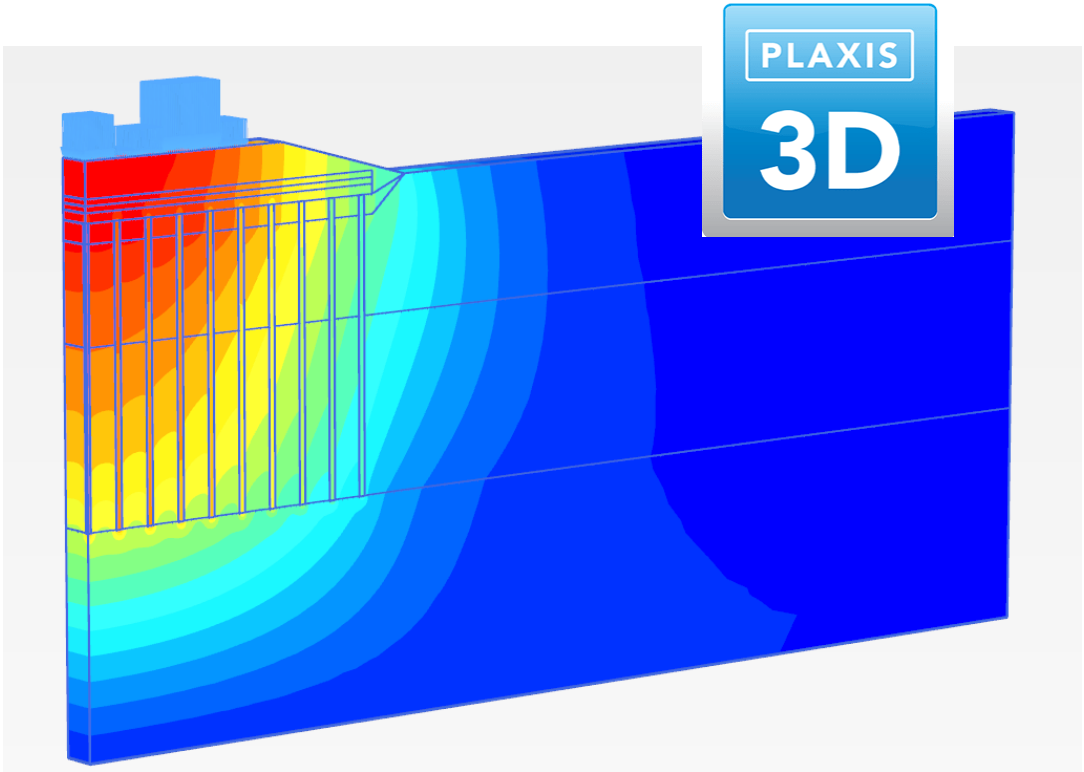




LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

2. Finita elementmodellering



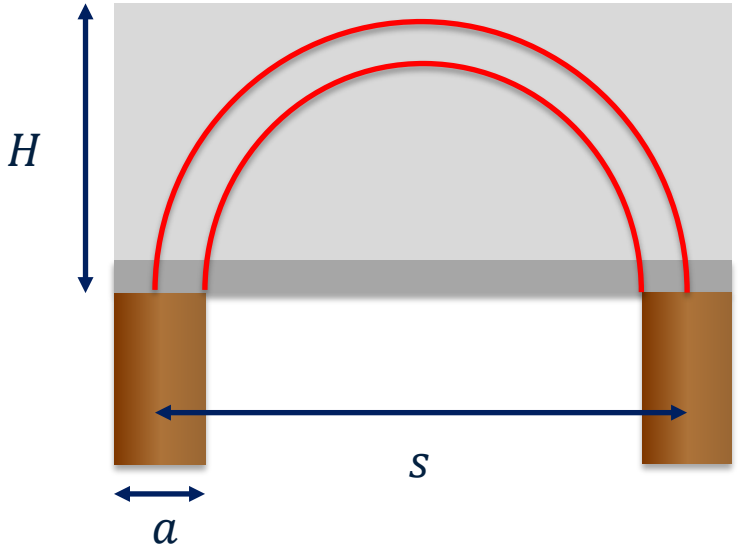


LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

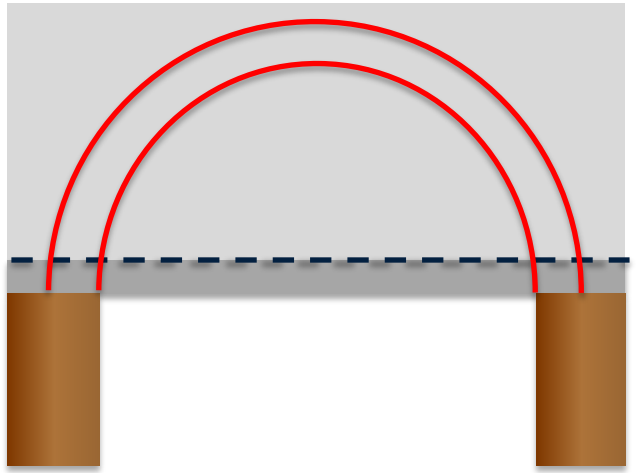
FE-modellering

- Modellerade variationer
  - Fall 1, 2 och 3
  - Med och utan hyttsten (undergrundsstöd)
  - Pålavstånd (s): 0,8 1,1 1,4 m
  - Bankhöjd (H): 1,2 1,8 2,5 m
  - Sidobredd pålskalle (a): 0,22 m

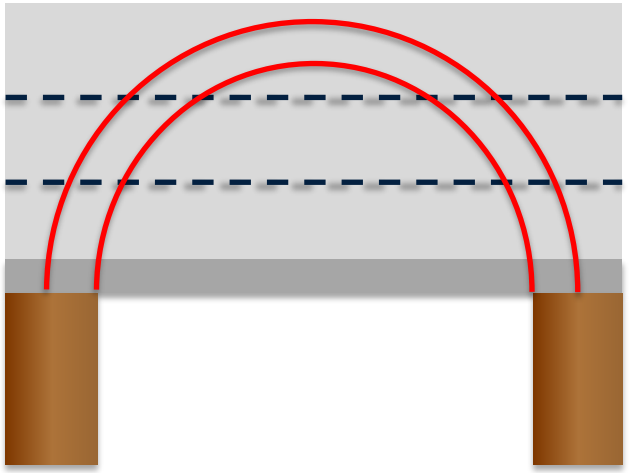
Fall 1 (oförstärkt)



Fall 2 (ett geonät)



Fall 3 (två geonät)



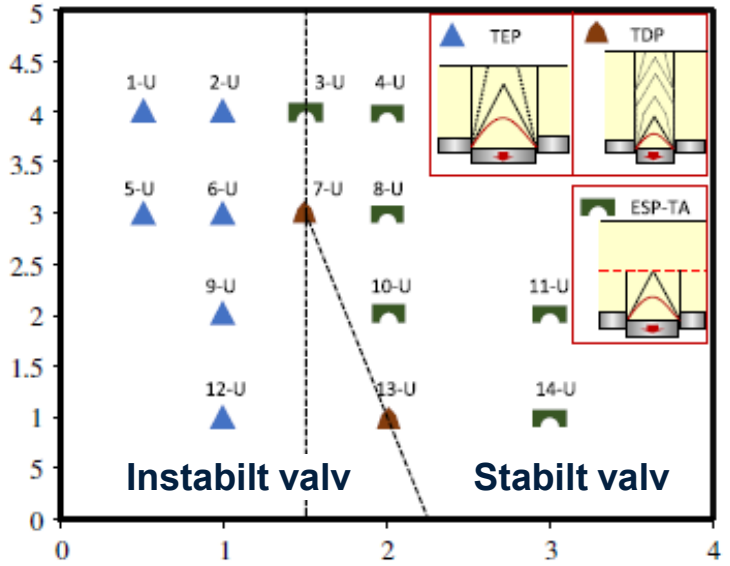
FE-modellering

- Modellerade variationer
  - Fall 1, 2 och 3
  - Med och utan hyttsten (undergrundsstöd)
  - Pålavstånd (s): 0,8 1,1 1,4 m
  - Bankhöjd (H): 1,2 1,8 2,5 m
  - Sidobredd pålskalle (a): 0,22 m

- Stabilitetsanalys (Rui et al., 2019)
  - Diskreta elementmodellering & geoteknisk centrifugmodellering
  - Gränsdragning för stabil valvverkan
  - **Propagerar valvet till markytan?**

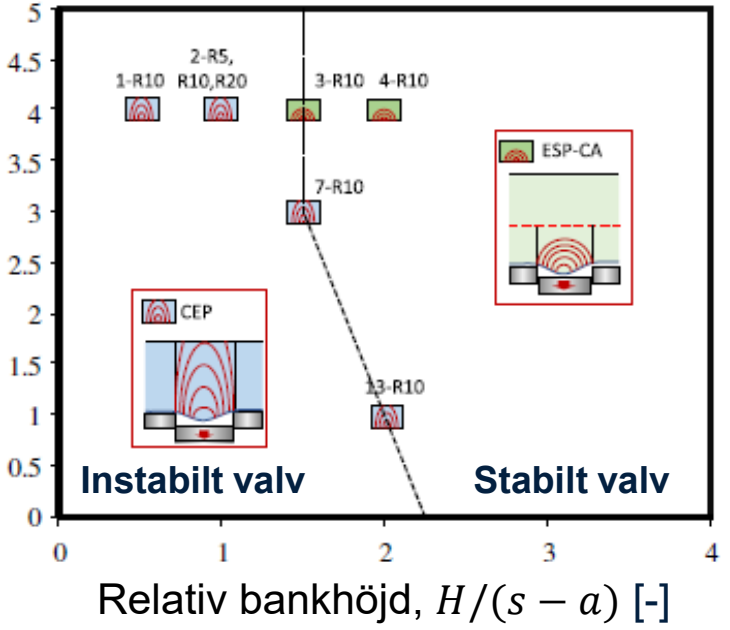
Relativt pålavstånd $(s-a)/a$ [-]

Fall 1 (oförstärkt)



Relativt pålavstånd $(s-a)/a$ [-]

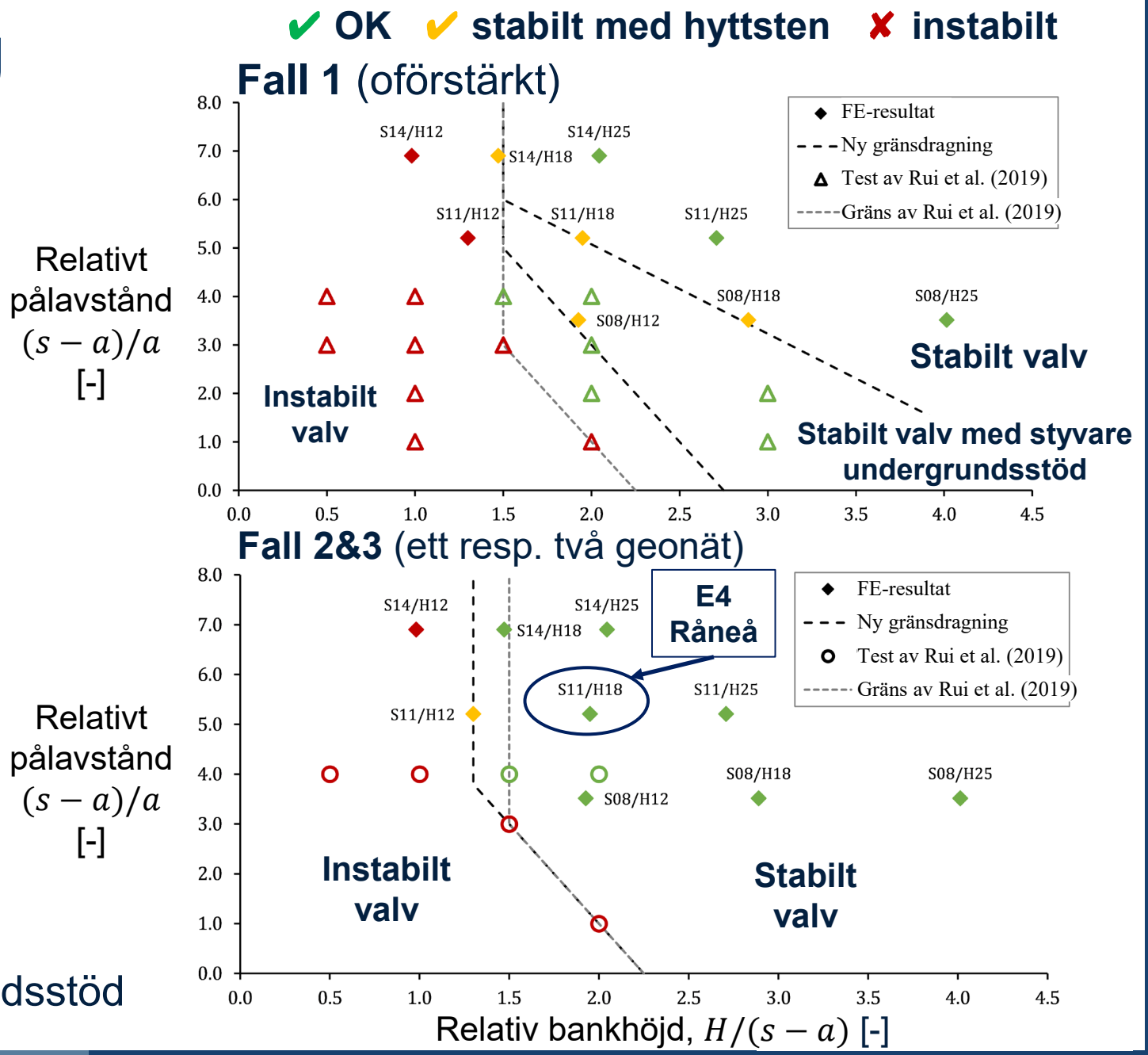
Fall 2 (ett geonät)

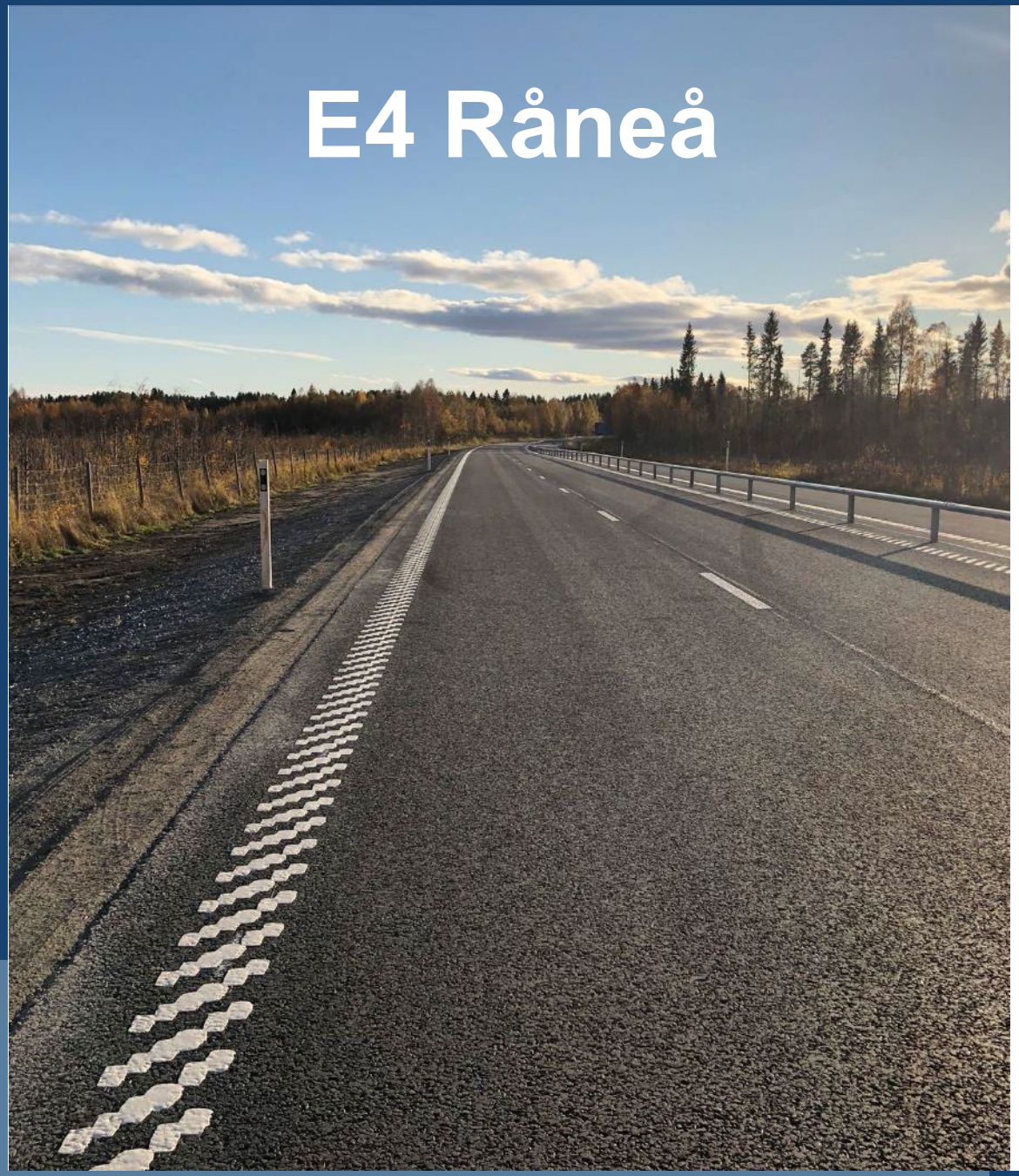


Rui et al. (2019) *Experimental Investigation of Soil-Arching Development in Unreinforced and Geosynthetic-Reinforced Pile-Supported Embankments*.
Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering Vol. 145, Issue 1

Resultat av modellering

- SXX/HYY – pålavstånd/bankhöjd
- Exempel: S11/H18 (E4 Råneå)
  - Pålavstånd (s) 1.1 m
  - Bankhöjd (H) 1.8 m
- Jämfört med Rui et al. (2019)
  - Konservativare för Fall 1
  - Mindre differentialsättningar
  - Trafiklast
- **Fall 1**
  - Stabilt för hög bank eller större undergrundsstöd
- **Fall 2 & 3**
  - Fallen gav liknande stabilitet
  - Stabilare valv med geonät
  - Låg bank kräver större undergrundsstöd

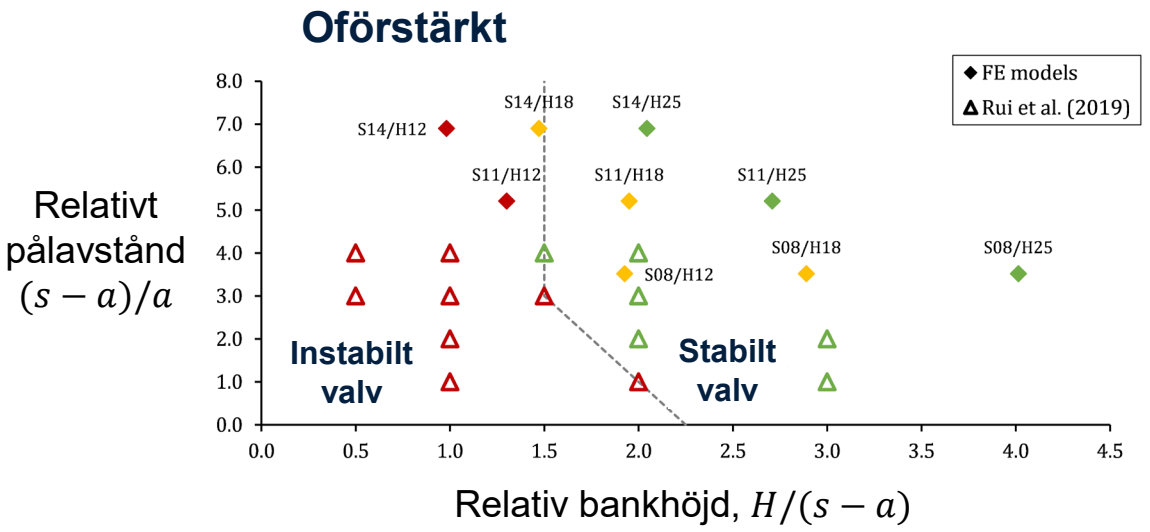


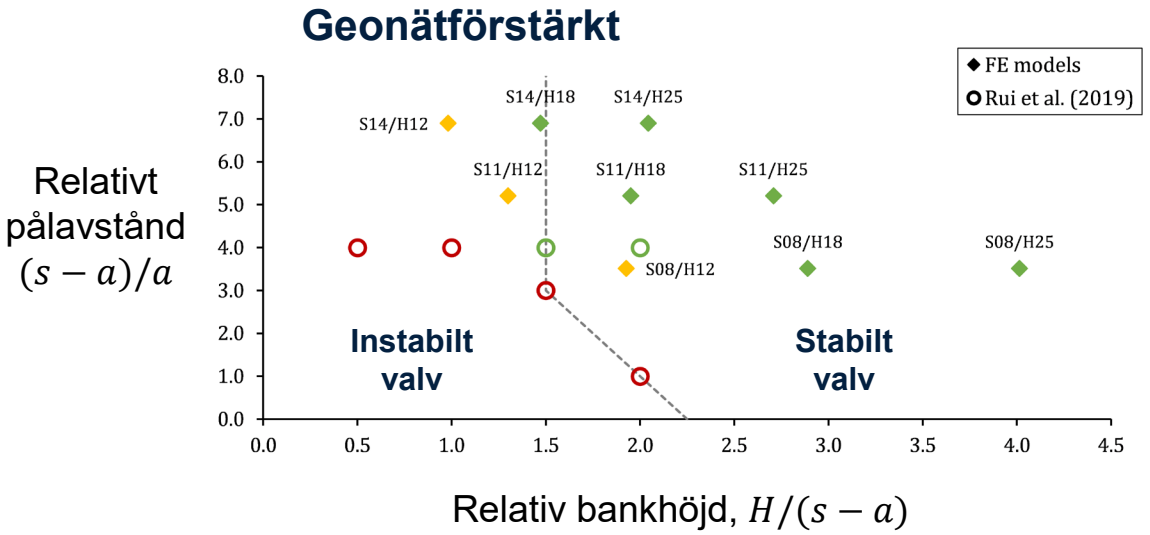


Slutsatser

- Fortfarande slät och fin väg
- Ej fullt utvecklad valvverkan
  - Knappt hälften av totallasten på pålarna
  - Drygt halva lasten tas av undergrunden (sätts till noll idag)
  - Mindre töjningar i geonäten än antaget
  - Potential för resurseffektivare design
- Tjälpåverkan
  - Ökad pållast
  - Förstyvad vägbank

LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY





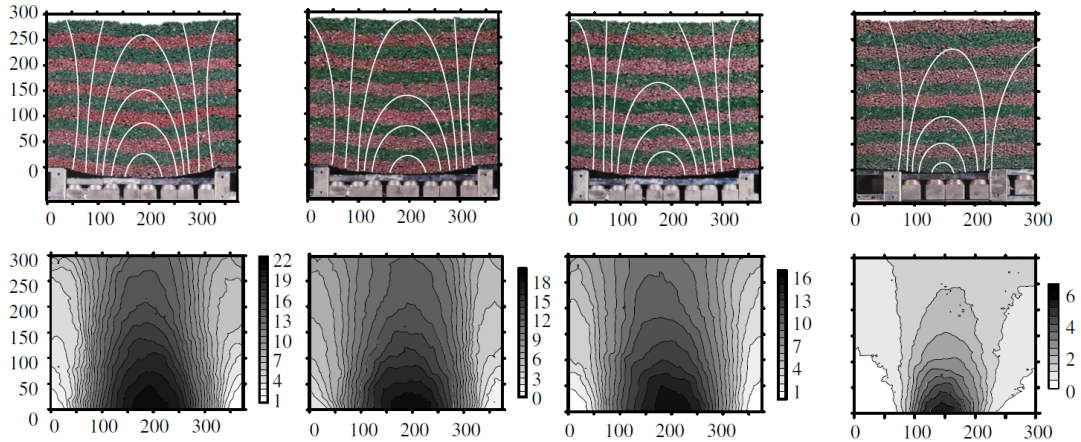
Slutsatser

- Fortfarande slät och fin väg
- Ej fullt utvecklad valvverkan
  - Knappt hälften av totallasten på pålarna
  - Drygt halva lasten tas av undergrunden (sätts till noll idag)
  - Mindre töjningar i geonäten än antaget
  - Potential för resurseffektivare design
- Tjälpåverkan
  - Ökad pållast
  - Förstyvad vägbank
- Stabil valvbildning
  - Starka indikationer på flexibel design
  - Preliminära resultat!
- Verifiering med fysisk modellering

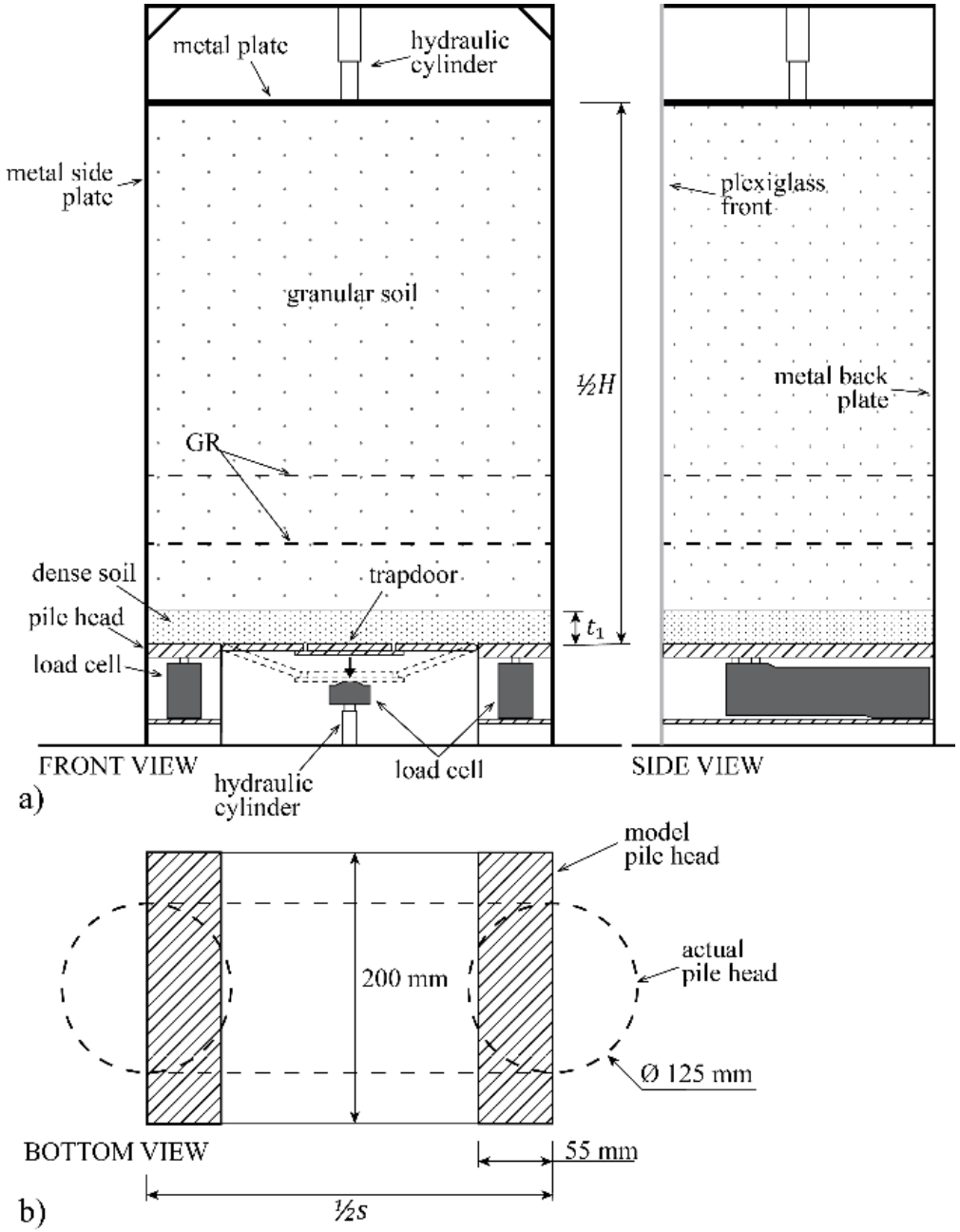
LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

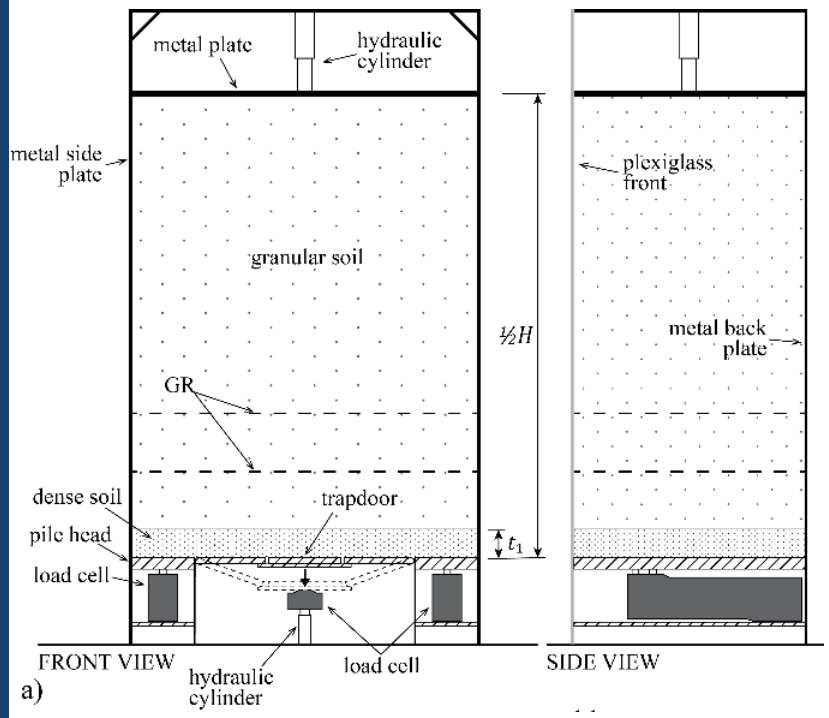
3. Utveckling av fysisk modell

- Fortfarande under utveckling…
- Tvärsnitt mellan två pålar (plant töjningstillstånd)
- Fallucka agerar undergrund (välbeprövad metod)
- Likt Rui et al. (2019), men i större (halv) skala
- Modellera Fall 1, 2 och 3
- Mätning
  - Falluckans rörelse (sättning)
  - Last på pålar och fallucka (lastceller)
  - Töjningar (bildanalys)
- Tillämpbar på allmän bankpålning, inte bara träpålar



(Rui et al, 2019)







Nästa steg

- Ansökt om nytt (fortsatt) BIG-projekt
- Verifiering med fysisk modellering
  - Färdigställa uppställningen
  - Stabil valvverkan från numerisk modellering
  - Från indikationer till implementerbara resultat
- Uppföljning fältlokal
  - Två år mätta, men hur sker utvecklingen över längre tid?
  - Ökad pållast vinter, är det återkommande?

LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TACK!

TRAFIKVERKET
SWEDISH TRANSPORT ADMINISTRATION

LULEÅ
UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY

CHAT
Webbinarium 2022-11-18: Armerad bankpålning

[12:21] K.Viking TrV (Gäst)
Fråga:vart tiden lider ... så sätter väl sig materialet mellan pålarna. Får man då en ökad belastning av pålarna och ökad last i näten? Har man sett ngt. liknande i Japan?
[12:24] Bo Vesterberg

Från tidigare studier: vad vet man experimentellt (fält eller modellförsök) om hur ”valvverkan” och lastöverföring till pålarna egentligen fungerar och skiljer sig mellan fall med och utan geonät? Jämförelse med teoretiska modeller?

[12:33] Nystedt, Kent

Fråga: Fallet med ett geonät, använder den sig av biaxialt eller enaxiellt geonät? Vilka är det bäst lämpade i praktiken om man går från 2 geonät till 1 geonät?

[12:35] Sabattini Michael, Växjö

En modelleringsteknisk fundering: i era FE modelleringar med nät har du modellerat det som faktiska nät eller som ett material med ökade egenskaper? vad rekommenderar du?

[12:37] Torbjörn
Dina tankar kring cykliska laster och deras påverkan på gränsen mellan stabilt och instabilt valv…?
[12:39] Nystedt, Kent

Tack för svaret!

[12:40] Torbjörn
För sisådär 25 år sedan fungerade inte PLAXIS för ungefär denna tillämpning. Har det gått ”smärtfritt” denna gången eller har ni behövt ”vara kreativa”…?

[12:46] James Barber

Tack alla inblandade för ett mycket intressant webinar!

[12:47] Christina Berglund

STort tack. Väldigt intressant.