

# SÄKRA OSÄKERHETER BERÄKNING AV BERGOVERYTA MED TILLHÖRANDE OSÄKERHETER

Mats Svensson

Affärsutvecklare Geo, PhD

Tyréns

- BeFos forskningsprogram
- Projektansökningar till BeFo
- Pågående forskningsprojekt
- Forskningsrapporter 2022

## Senaste utkomna forskningsrapporter

BeFo Rapport

Under året 2022 har nio forskningsrapporter publicerats. Rapporterna är som vanligt helt öppna och gratis...

Förankringsstag i berg och betong. Samverkan mellan förankringsstag, bruk och berg - Förstudie. [BeFo rapport 168](#)

Visualisering av borrhålsdata - överskådlig redovisning av kärnkarteringsresultat. [BeFo rapport 169](#)

Tredimensionell bergundersökning med geoelektriska och geologiska metoder. [BeFo rapport 185](#)

Verification of an instrument for non-destructive testing of cement grouted rock bolts. [BeFo rapport 186](#)

Rock and groundwater surface modelling using artificial intelligence. [BeFo rapport 228](#)

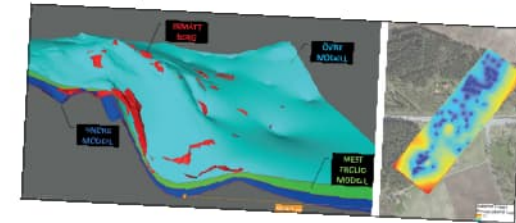
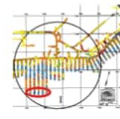
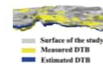
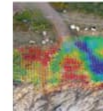
Design methods for variable-stress, variable-geology environments. [BeFo rapport 229](#)

Block erosion of unlined rock spillway canals. [BeFo rapport 230](#)

Utvärdering och tolkning av initiala bergspänningar för Stockholm och Göteborg. [BeFo rapport 231](#)

Osäkerhetsmodeller - för optimal geoteknisk resursanvändning i infrastrukturprojekt. [BeFo rapport 232](#)

Rapporterna får användas i oförändrat skiljande användare ska alltid hänvisa till källan (BeFo).



### OSÄKERHETSMODELLER – FÖR OPTIMAL GEOTEKNISK RESURSANVÄNDNING I INFRASTRUKTURPROJEKT

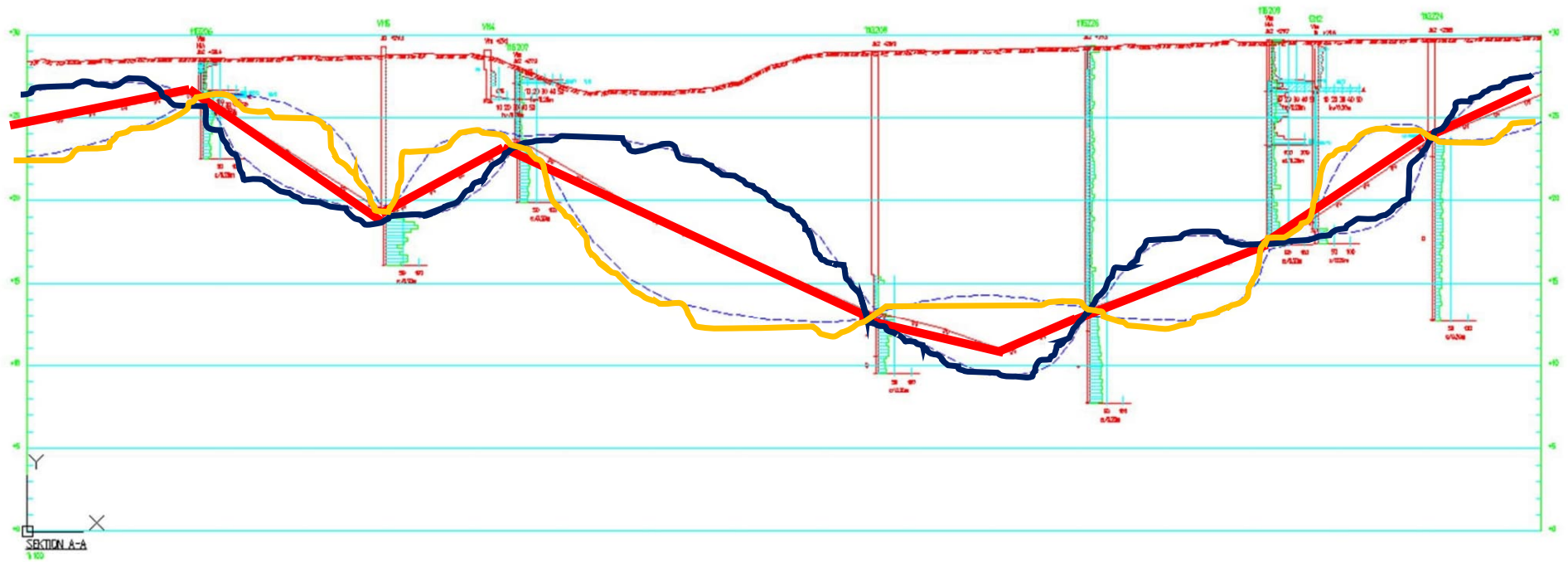
Mats Svensson  
Pål Hansson  
Sara Johansson  
Maria Duvaldt  
Olof Friberg

BeFo Rapport 232

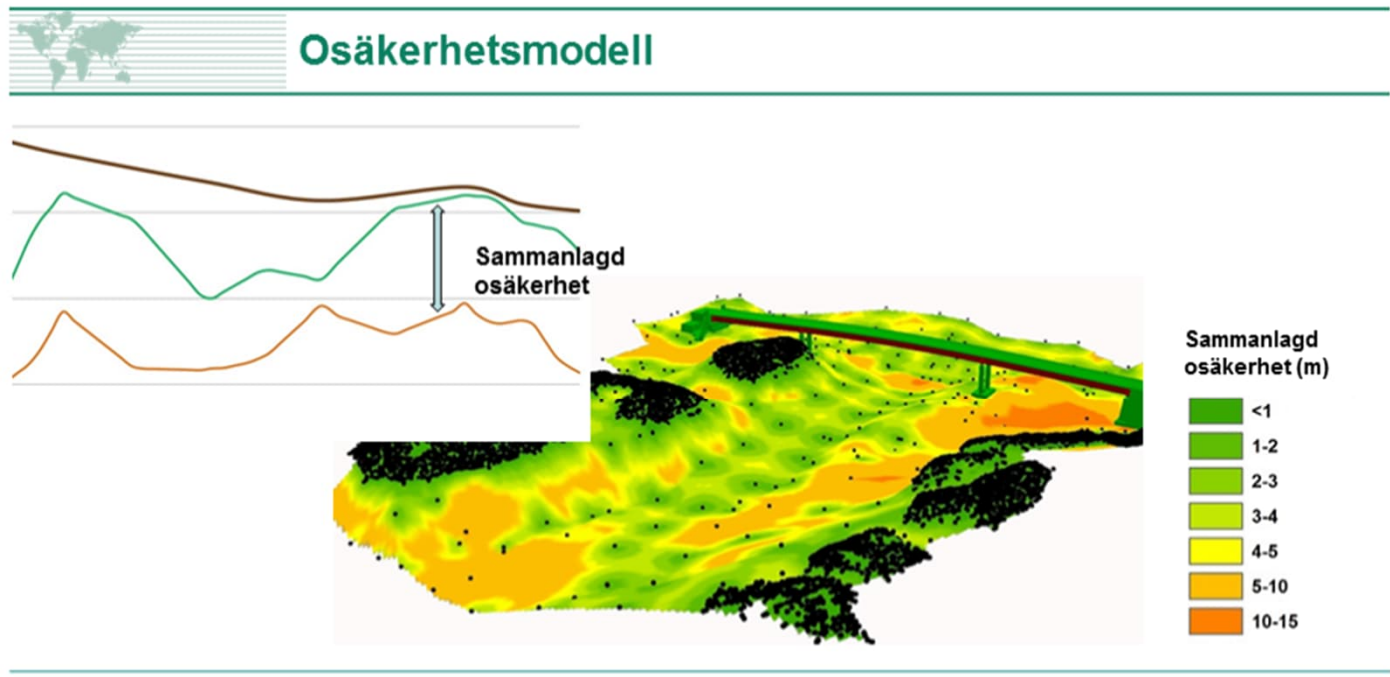
# Varför osäkerhetsmodeller?

- De georelaterade förhållandena är...
  - alltid omdiskuterade
  - ofta orsak till tvister
- Optimering av undersökningsprogram
- Tydligare riskfördelning Byggherre-Entreprenör
- Optimering av masshantering – mer hållbart
- ...

# KLASSIKERN



# INSPIRATION 2013



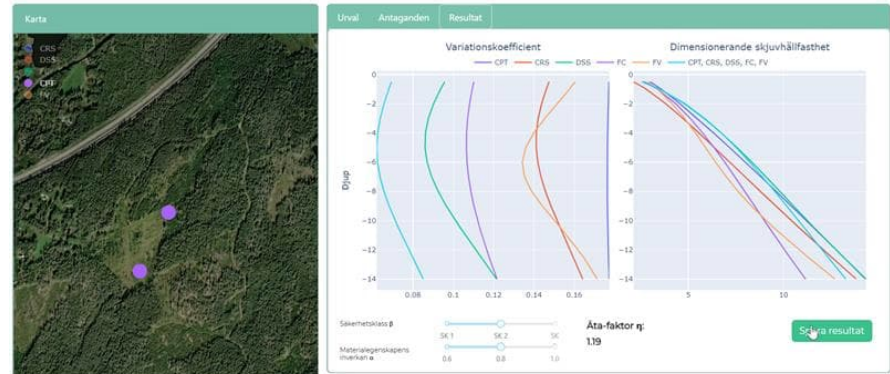
---

# MEN FÖRST... JORD

---

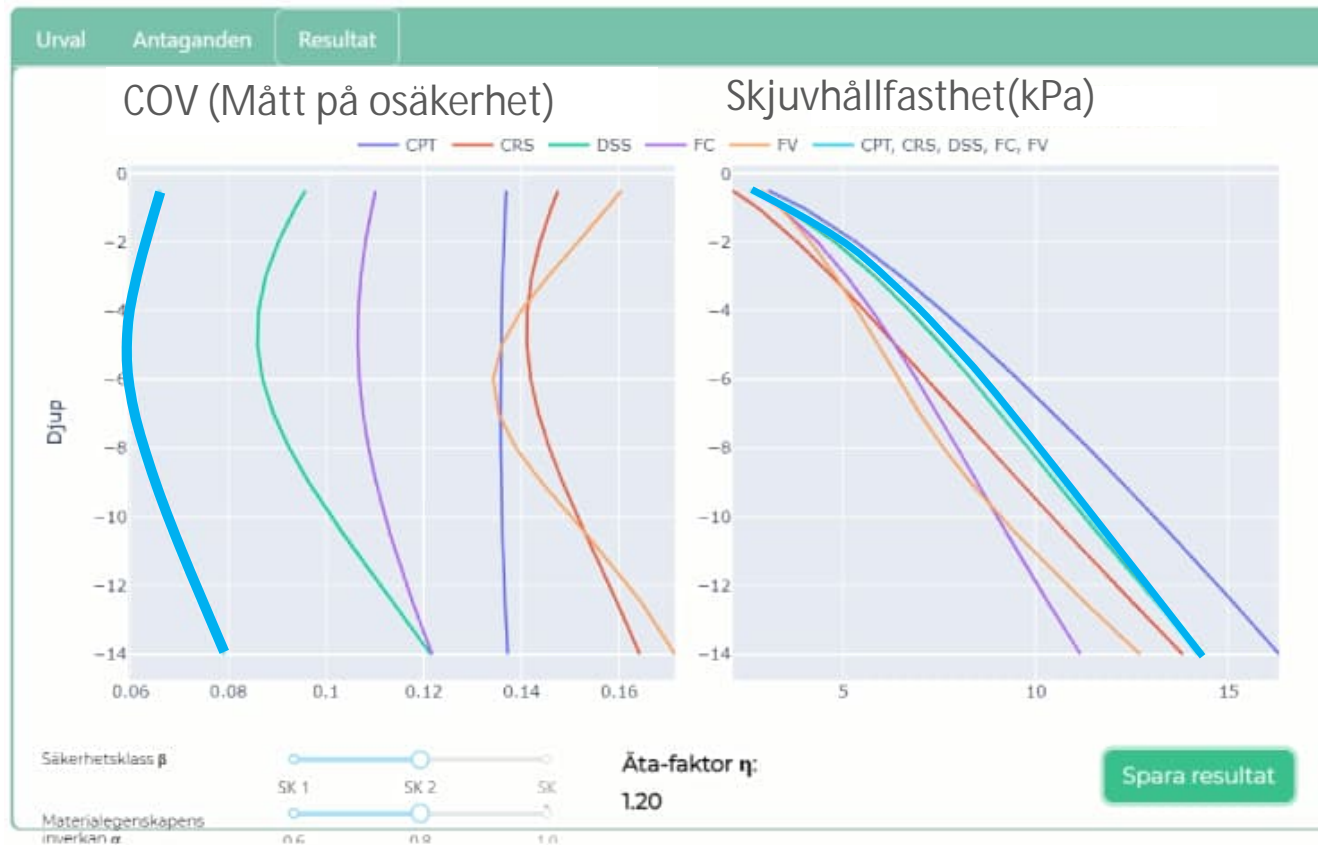
# ”Brain drain”

- Två doktorsavhandlingar, KTH (Rasmus M, Anders P)
- Multivariat analys (MVA) – har byggts in i digitalt verktyg (sk Dash board)



Dash board

# Designvärden via MVA (Multivariat Analys)



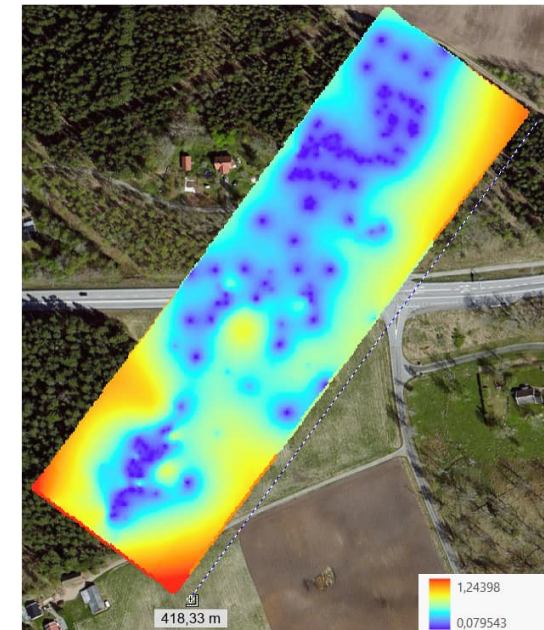
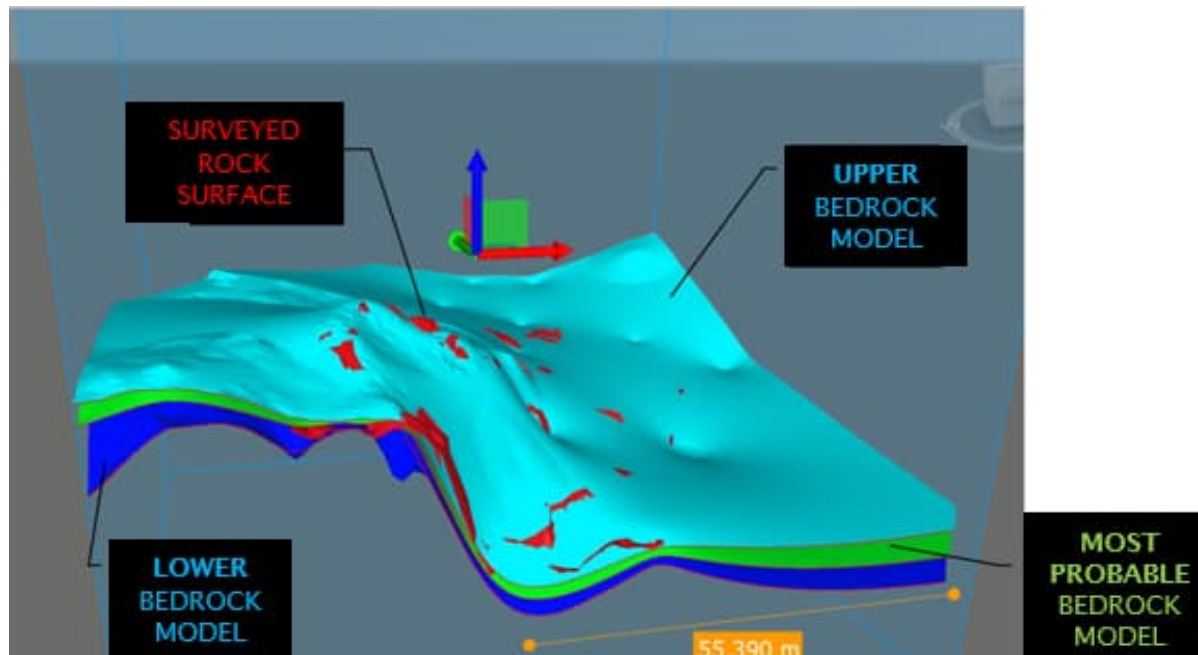


---

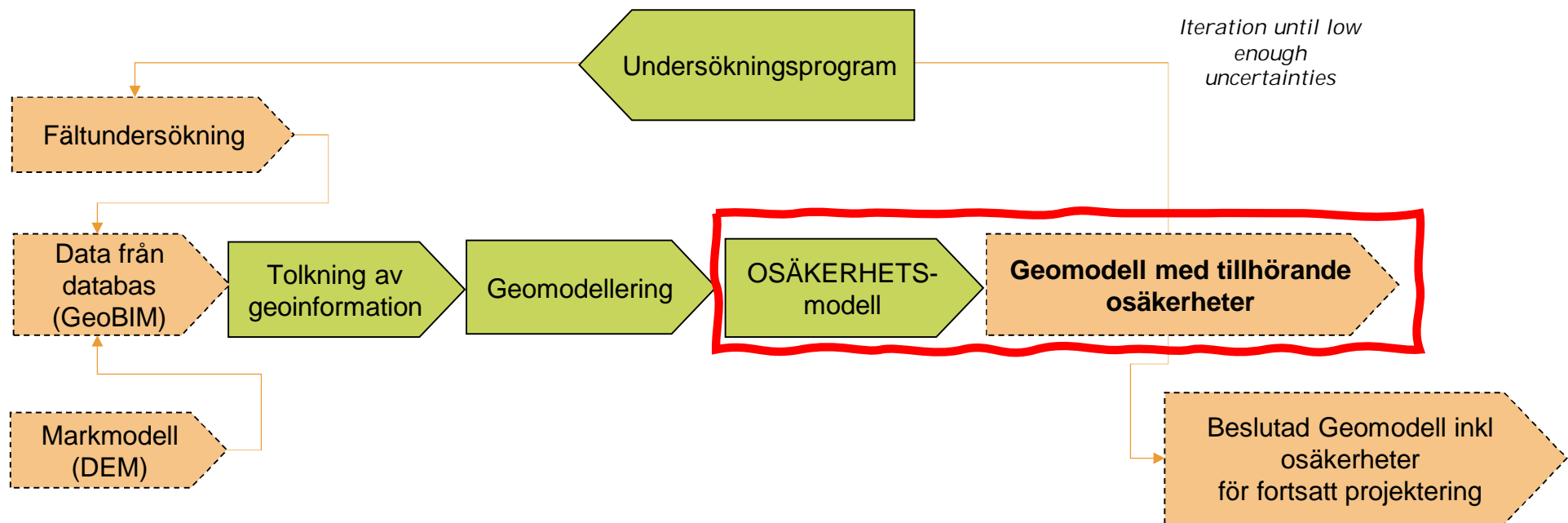
# MEN FOKUS BERG

---

# 3 modeller och en osäkerhetskarta



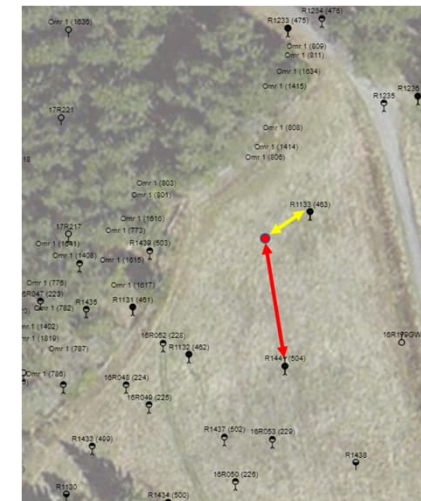
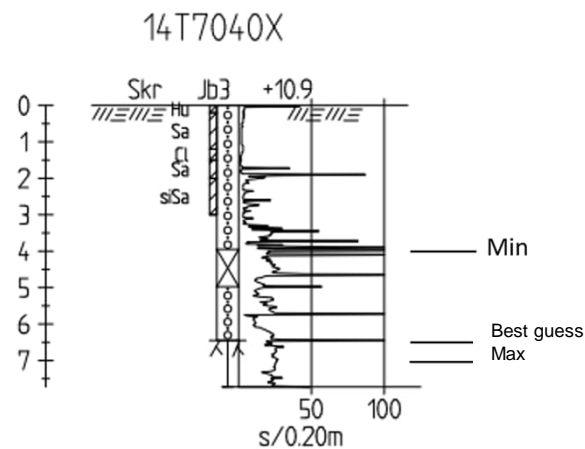
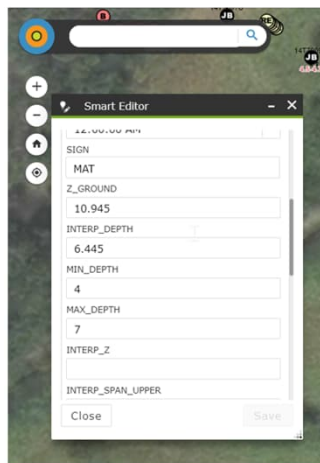
# Geoprocessen



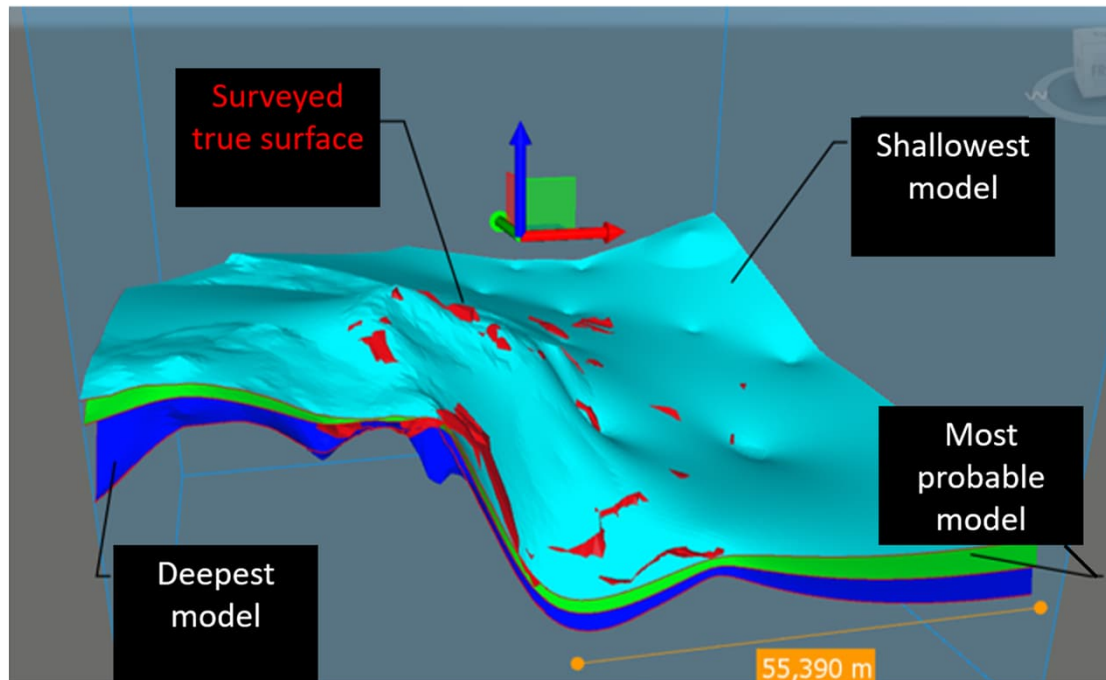
# Beräkning av osäkerheter

## Indata

- Individuella osäkerheter för varje tolkning av bergnivå
- Avstånd till närmaste undersökningspunkt
- Kriging, Monte Carlo-simulering – 1 000 modeller



# Resultat



# Verkligheten



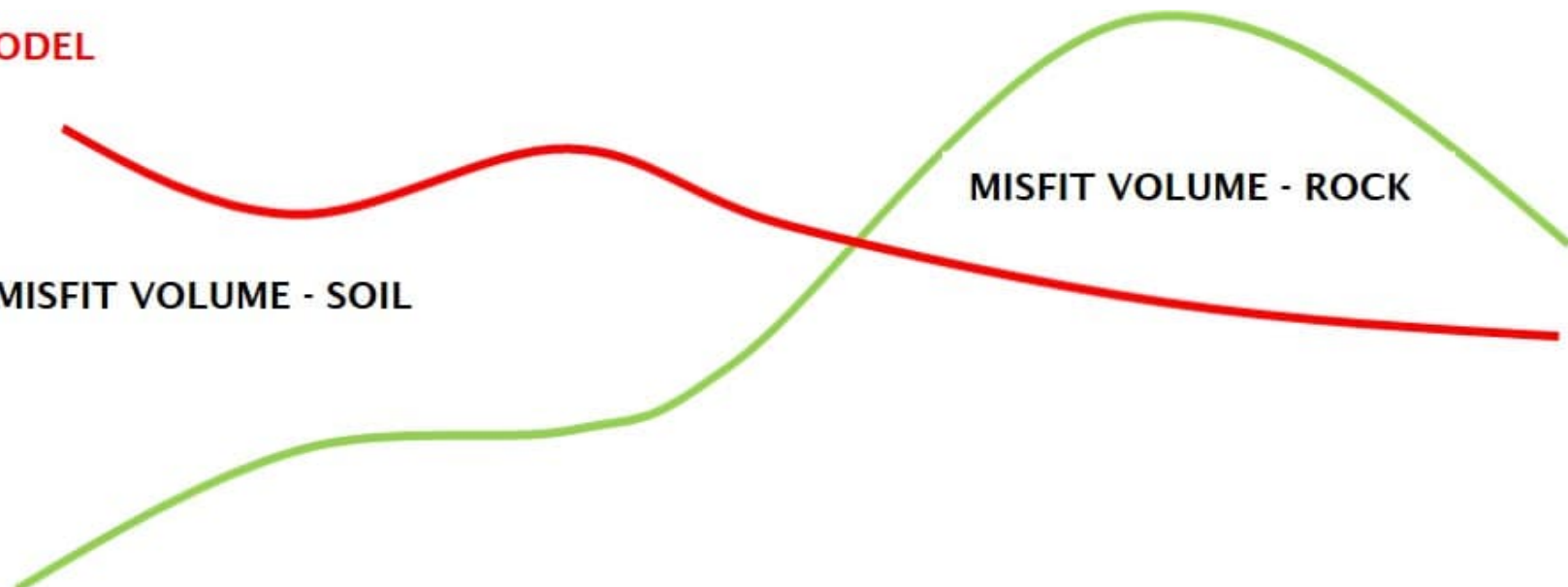
# Hur bra är modellen då?

BEDROCK MODEL

MISFIT VOLUME - SOIL

MISFIT VOLUME - ROCK

SURVEYED BEDROCK



# Validerat mot facit – 5 inmätta bergytor

- CASE 1: E20 Bälinge – Vårgårda, Northern area
- CASE 2: E20 Bälinge – Vårgårda, Middle area
- CASE 3: E20 Bälinge – Vårgårda, Southern area
- CASE 4: Varberg railway tunnel, S
- CASE 5: HSE Skellefteå

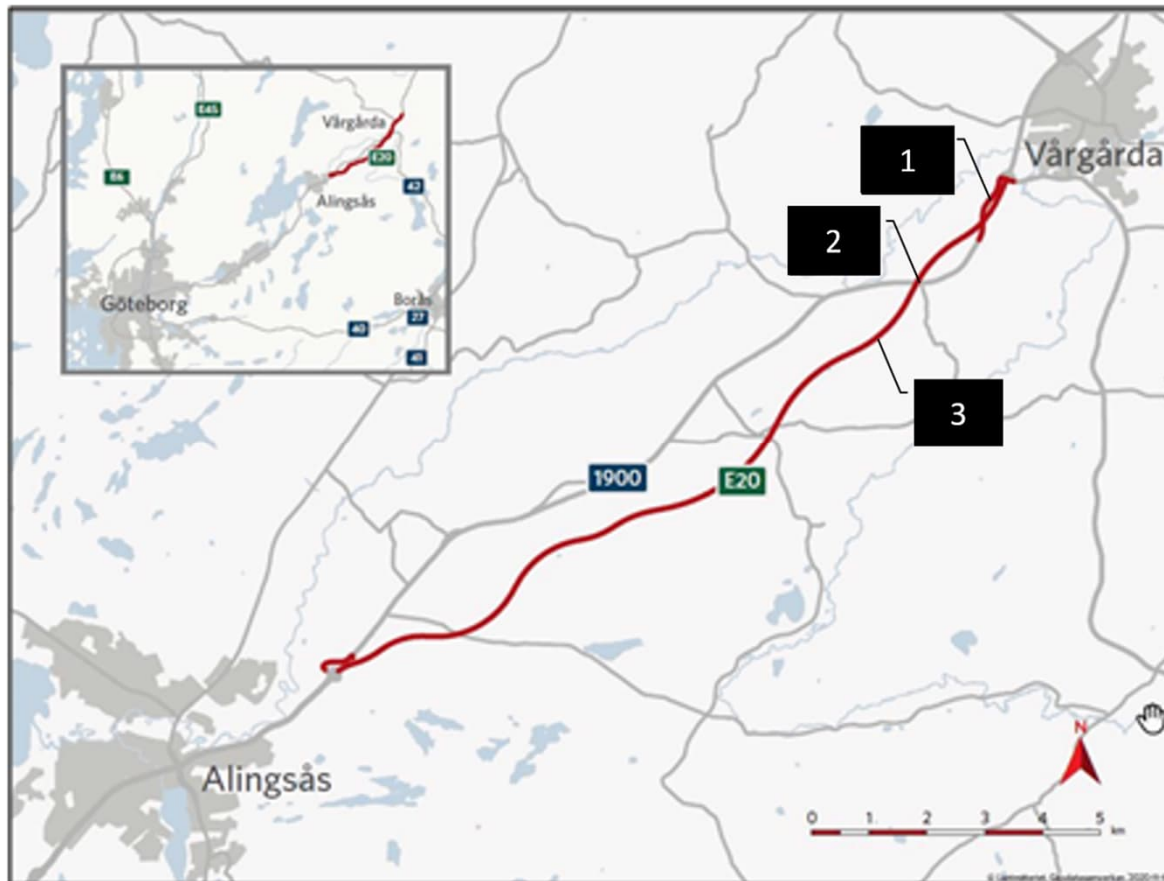




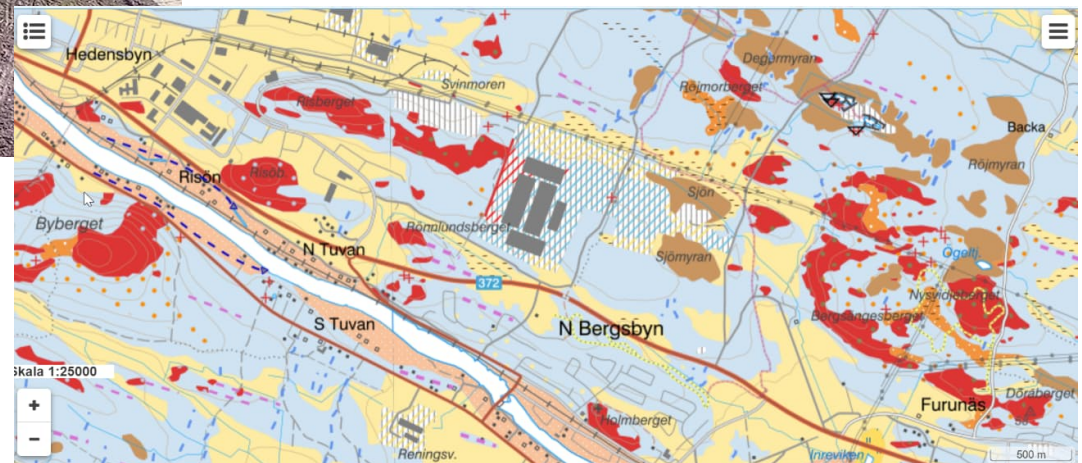
# VARBERGSTUNNELN



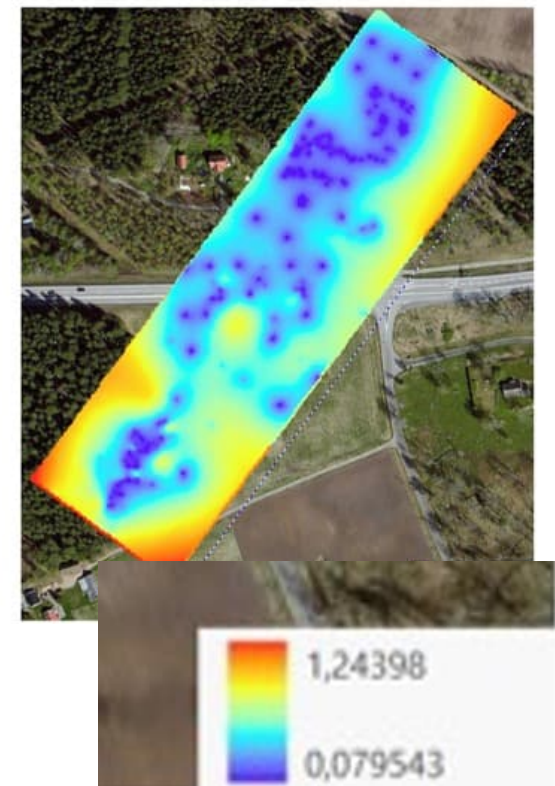
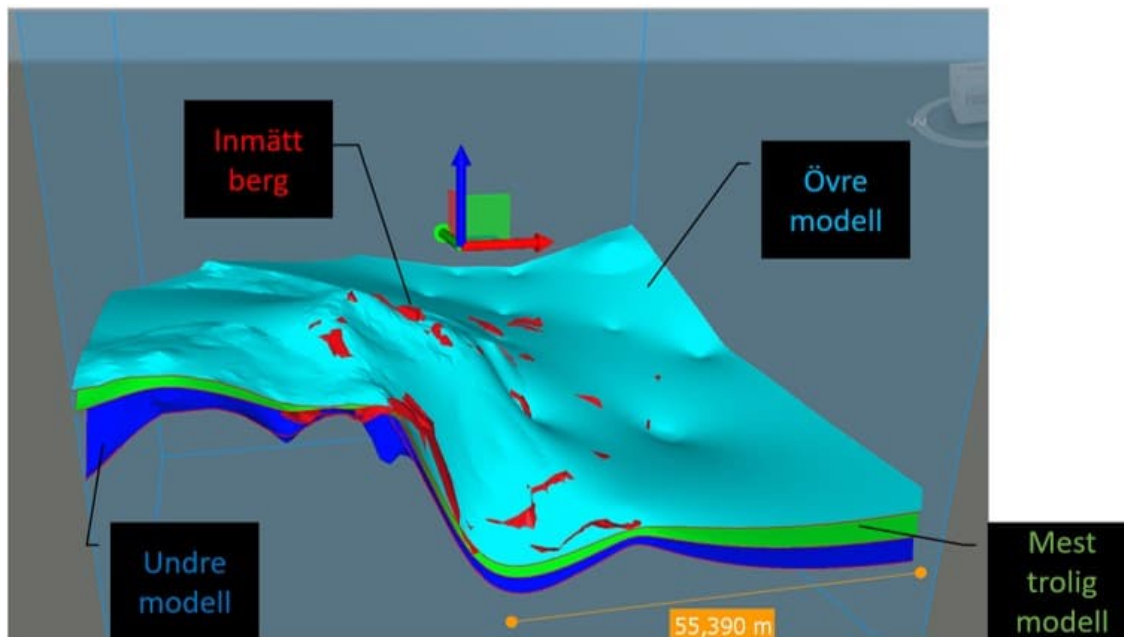
# E20 BÄLINGE - VÅRGÅRDA



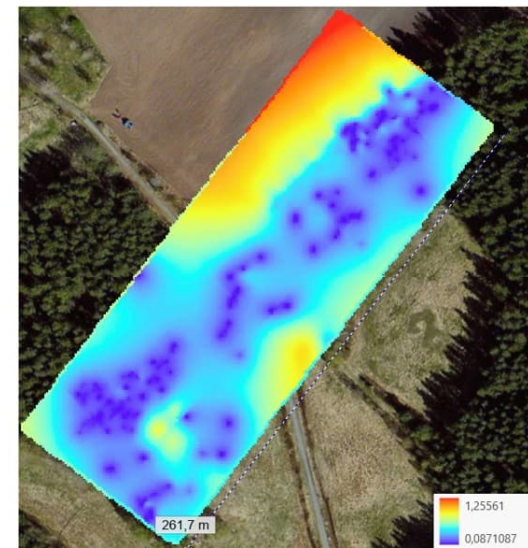
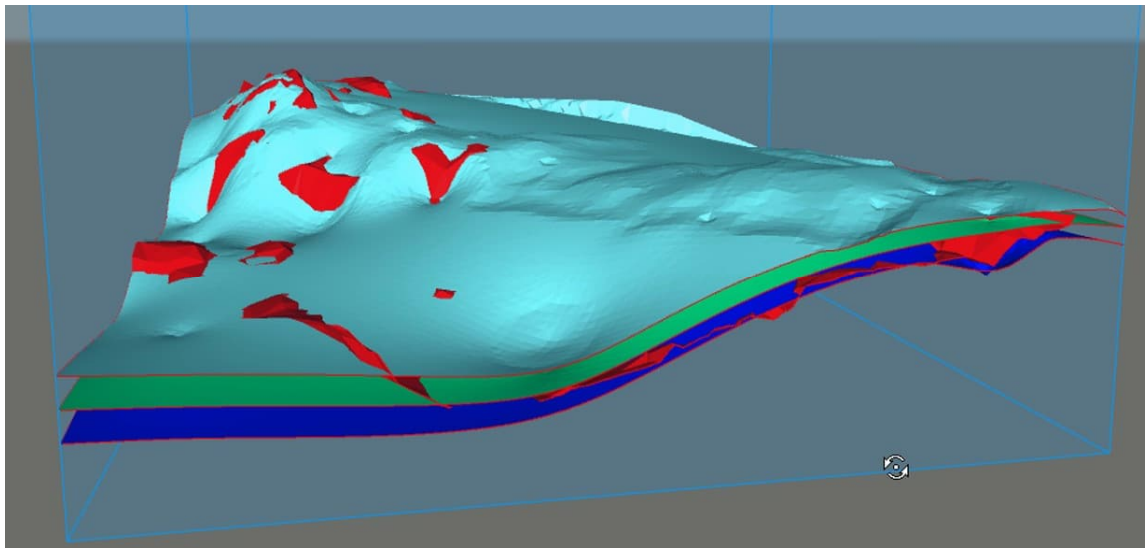
# HSE / NORTHVOLT SKELLEFTEÅ



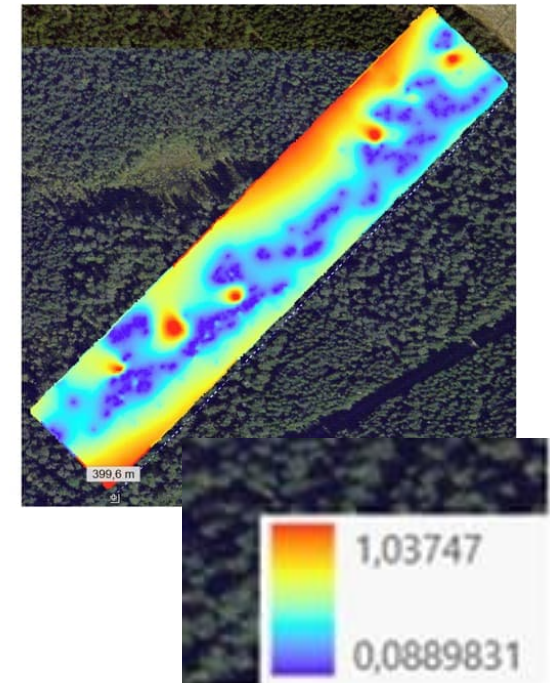
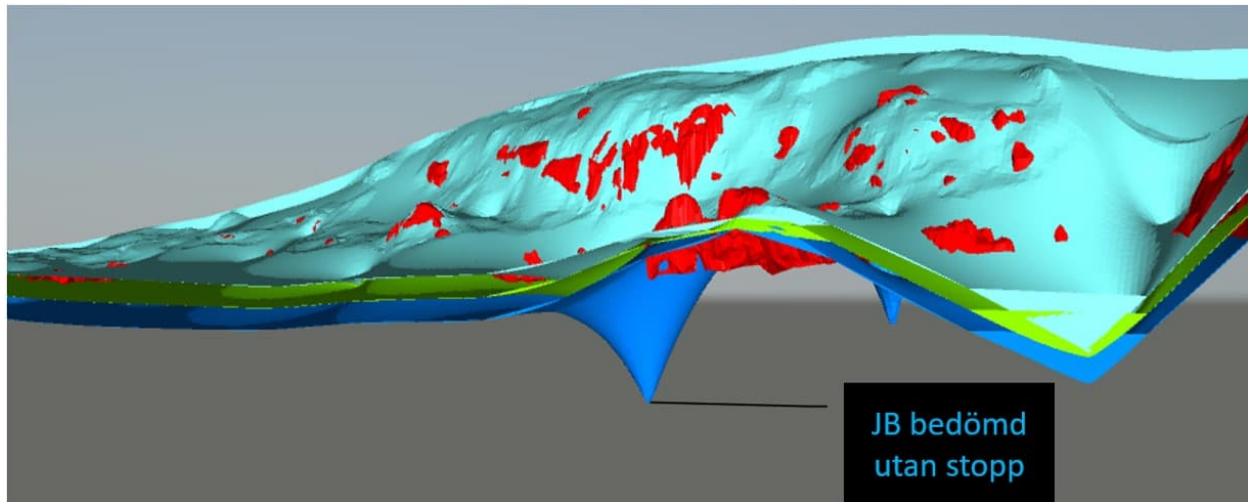
# FALL 1: E20 BÄLINGE – VÅRGÅRDA, ÖVRE OMRÅDET



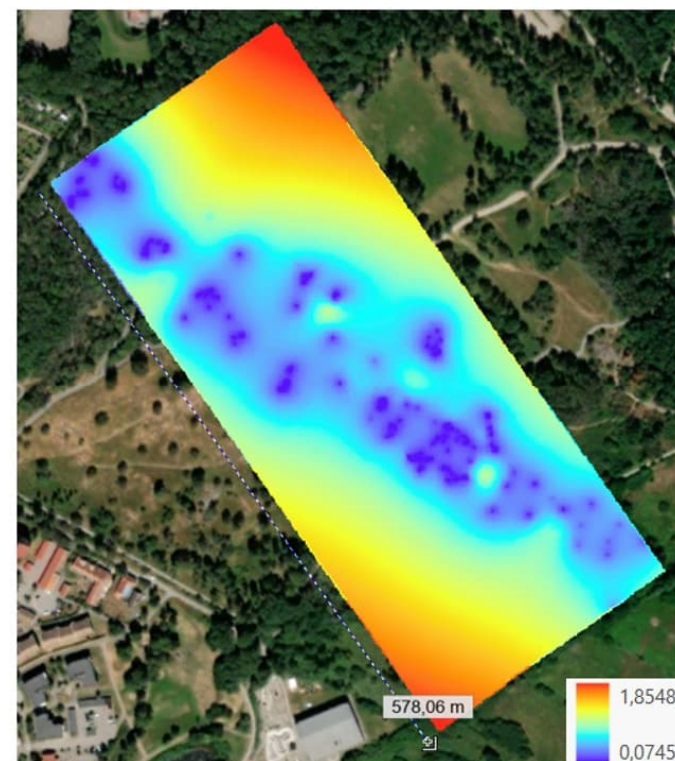
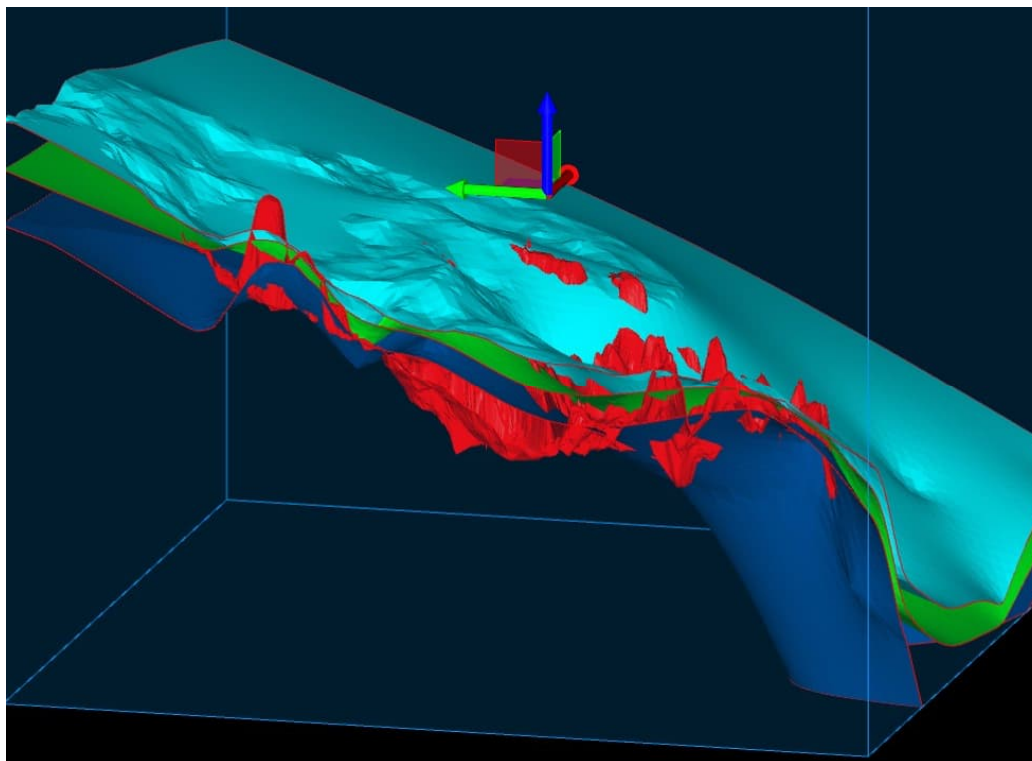
# FALL 2: E20 BÄLINGE – VÅRGÅRDA, MELLERSTA OMRÅDET



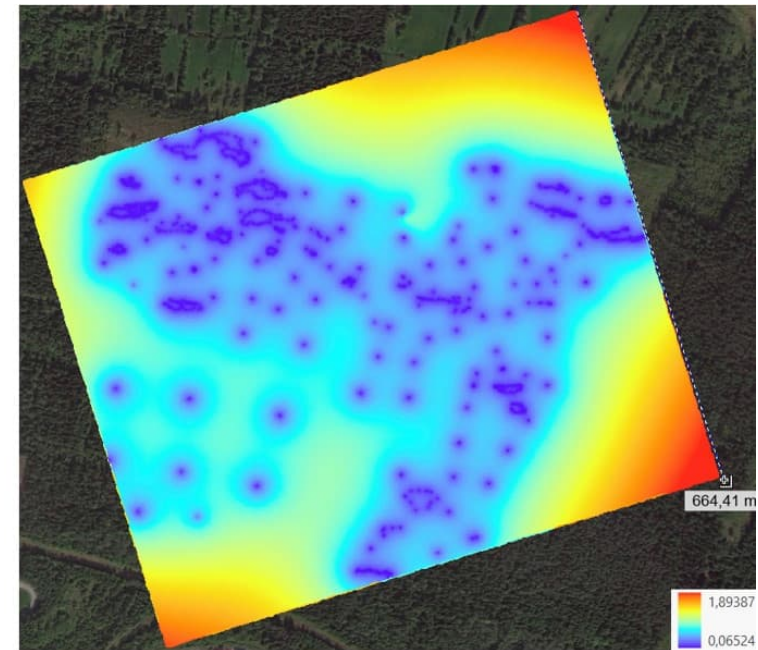
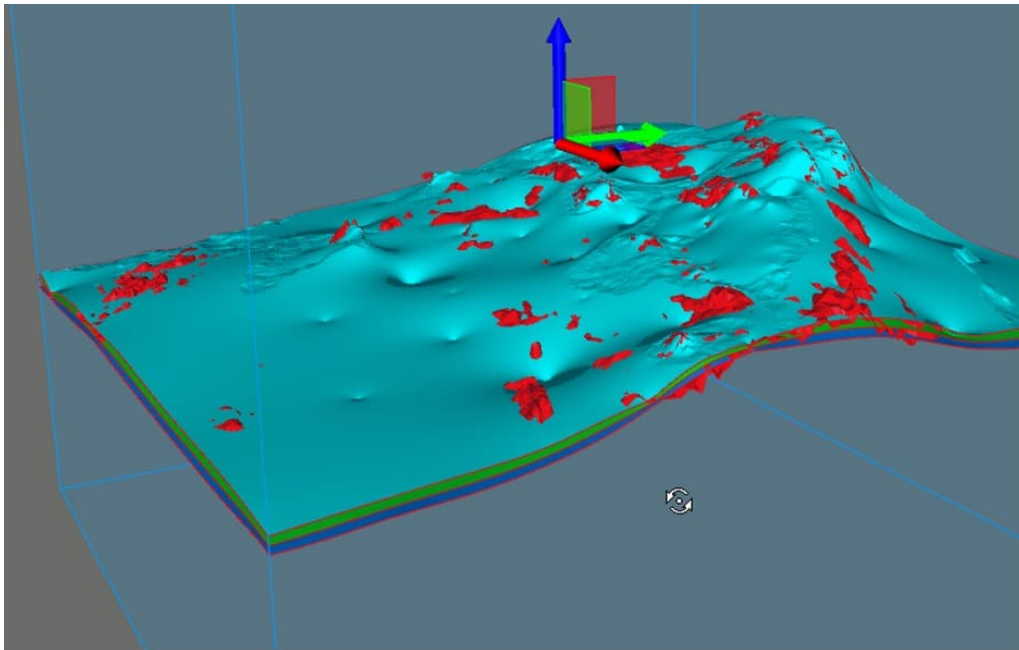
# FALL 3: E20 BÄLINGE – VÅRGÅRDA, NEDRE OMRÅDET



# FALL 4: VARBERGSTUNNELN, S PÅSLAGET



# FALL 5: HSE SKELLEFTEÅ (NORTHVOLT BATTERIFABRIK)





# Träffsäkerhet



	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4	CASE 5
TOTAL MISFIT (m)	<b>0.4</b>	<b>0.5</b>	<b>0.8</b>	<b>0.5</b>	<b>0.9</b>
MISFIT – MORE SOIL (m)	0.1	0.1	0.7	0.4	0.5
MISFIT – MORE ROCK (m)	0.3	0.4	0.1	0.1	0.4

# Indata

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	<b>Instruktioner</b>													
2	Mall för osäkerhetsbedömning av Geoarkiv, godkända typer = <b>Tolkning</b> , övriga metoder som man vill få med läggs i Övrigt material Annat (se kommentar)													
3	Notera att endast djup (orange fält) behöver bedömas (exkludera post från import genom att lämna Min-djup/Max-djup/Avvikelse uppåt/Avvikelse nedåt tomma)													
4	Fält i <b>fetstil</b> är obligatoriska, datum anges med ÅÅÅÅ-MM-DD, Riktning/lutning sätts till vertikalt om inget annat anges													
5														
6	<b>PunktID</b>	<b>Typ</b>	<b>Northing</b>	<b>Easting</b>	<b>Z-mark (m)</b>	Riktn	Lutni	Etappna	<b>Tolkat dj</b>	<b>Min-dju</b>	<b>Max-dju</b>	Tolkningskommen	Tolkningsdatum	Sig
44	15S30025	Tolkning	6493417,2	124883,23	39,81	0	-90		12,18					
45	15S30026	Tolkning	6493301,13	124808,75	40,11	0	-90		2,77					
46	15S30035	Tolkning	6492753,73	123867,5	32,19	0	-90		1,9					
47	15S30037	Tolkning	6492713,59	123815,27	36,41	0	-90		2,54					
48	15S30041	Tolkning	6490983,13	123112,74	61,51	0	-90		2,04					
49	15S30042	Tolkning	6490982,97	123098,22	61,05	0	-90		3,63					
50	15S30043	Tolkning	6490947,04	123073,69	59,64	0	-90		1,66					
51	15S30044	Tolkning	6490933,11	123101,63	58,4	0	-90		7,05					
52	15S30045	Tolkning	6490905,2	123043	60,07	0	-90		7,87					
53	15S30046	Tolkning	6490896	123061,51	58,44	0	-90		4,36					
54	15S30049	Tolkning	6490749,15	122932,67	43,8	0	-90		2,81					



Search job types

Alla

Validera Geoarkiv & Borrningspar:er	validering	Geoteknik
Importerera Geoarkiv	Import	Geoteknik
Importerera Befintlig mark	Import	Gemensamt
Jordparameterberäkning: exportera beräkning enligt urval	Export	Geoteknik
Exportera Ämnesområdesmodell Geoteknik	Export	Geoteknik
Exportera Modelleringsunderlag Geoteknik	Export	Geoteknik
<b>Osäkerhetsberäkning: importera osäkerhetsbedömning</b>	Import	Geoteknik
Osäkerhetsberäkning: kör osäkerhetsberäkning enligt urval	Export	Geoteknik
Uppdatera Webbkartan med planlägen och länkade dokument	Export	Geoteknik
Synkronisera behörighet Teams-till-Webbkarta	Export	Gemensamt

Beställ jobb



Search job types

Alla

Importerera Geoarkiv & Bottenaispurer	Importerera	Geoteknik
Importerera Geoarkiv	Import	Geoteknik
Importerera Befintlig mark	Import	Gemensamt
Jordparameterberäkning: exportera beräkning enligt urval	Export	Geoteknik
Exportera Ämnesområdesmodell Geoteknik	Export	Geoteknik
Exportera Modelleringsunderlag Geoteknik	Export	Geoteknik
Osäkerhetsberäkning: importera osäkerhetsbedömning	Import	Geoteknik
Osäkerhetsberäkning: kör osäkerhetsberäkning enligt urval	Export	Geoteknik
Uppdatera Webbkartan med planlägen och länkade dokument	Export	Geoteknik
Synkronisera behörighet Teams-till-Webbkarta	Export	Gemensamt

Beställ jobb

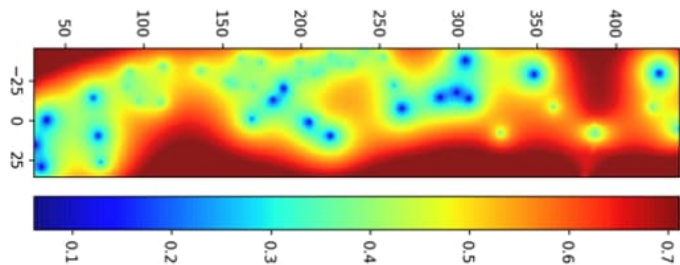


# Användbarhet - exempel

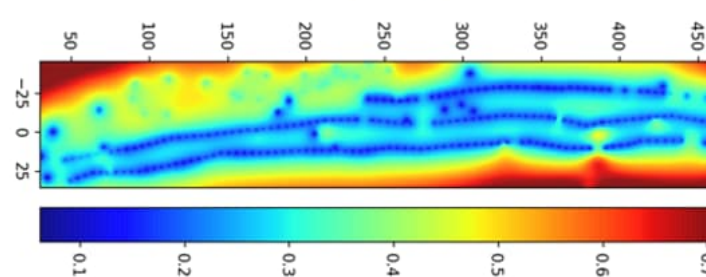


- Stora individuella osäkerheter övertrumfar stort antal punkter
- Underlag för beslut av metodbyte
  - Kärnborring, provgrop...

# Geofysik skapar stort värde



Uncertainty of bedrock level, Standard dev (m).  
Based only on **borehole sounding data**.

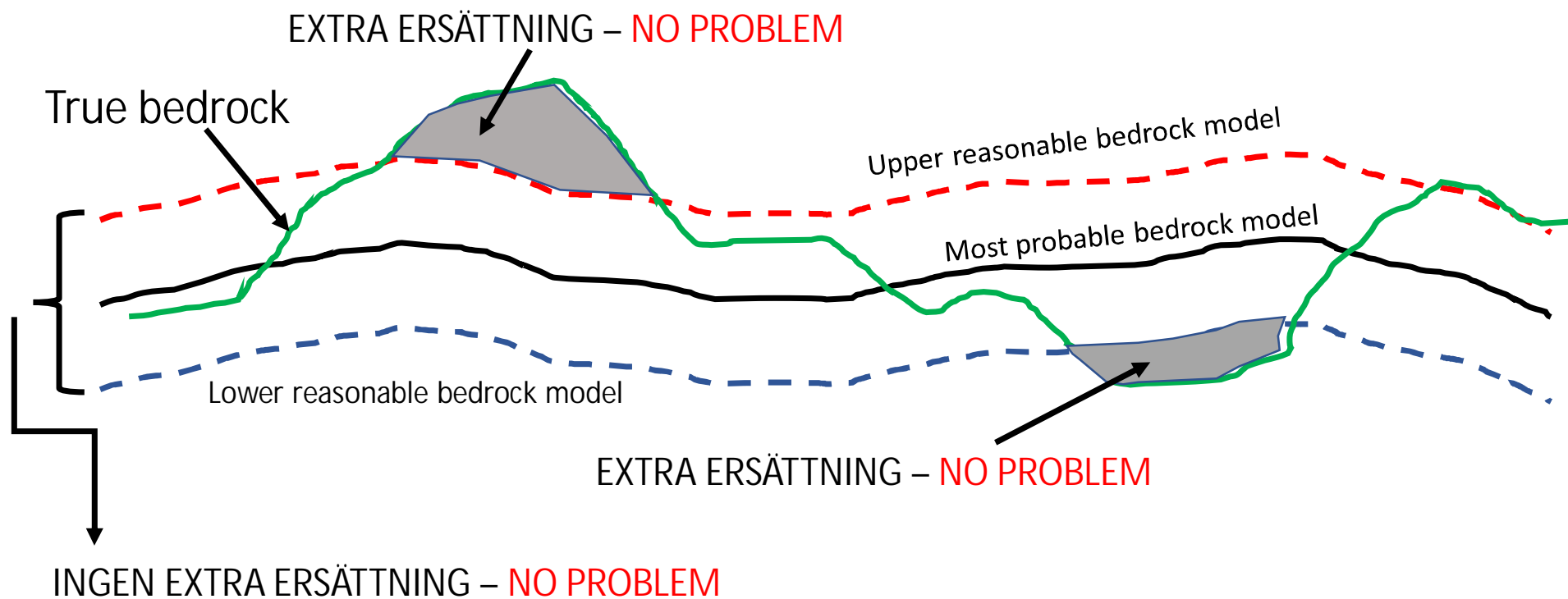


Uncertainty of bedrock level, Standard dev (m).  
Based on **borehole sounding data and seismics**.

# Säkra osäkerheter - fördelar

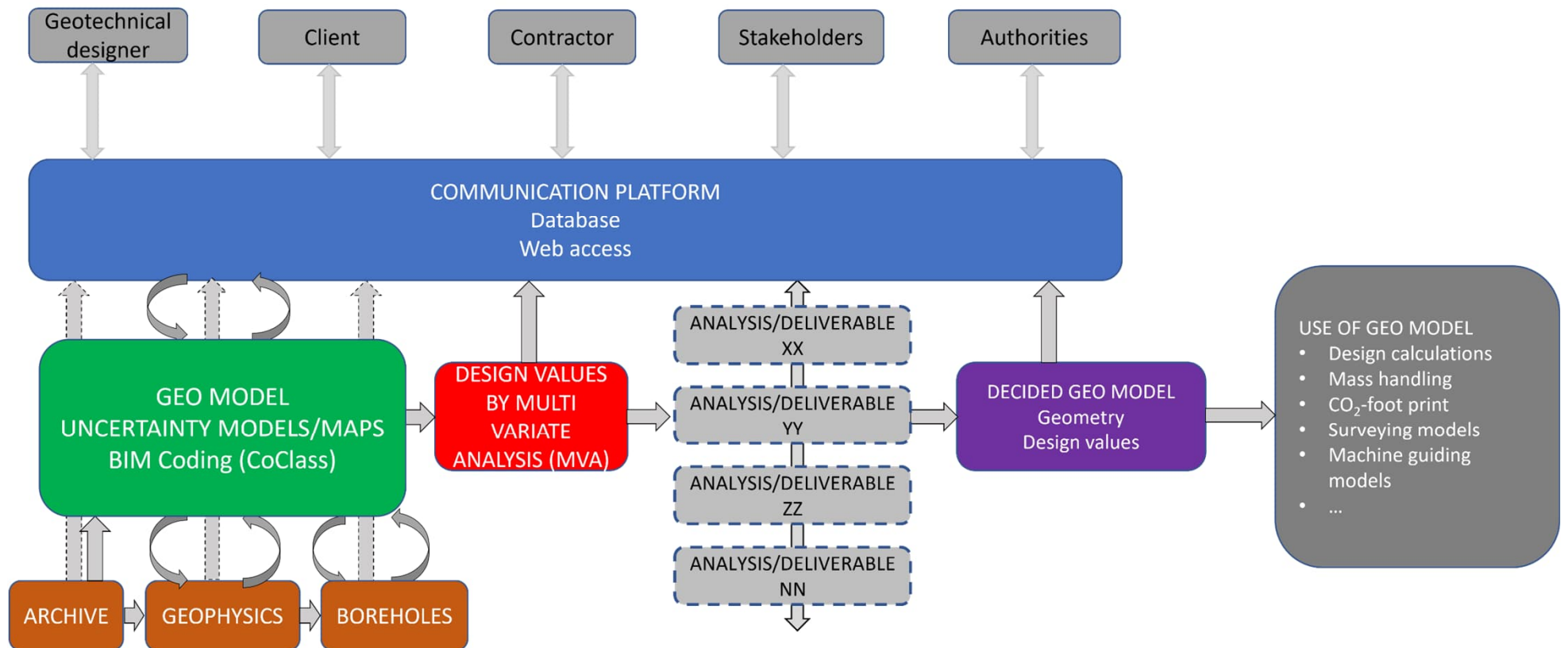
- Optimering av undersökningsprogram
  - Alltid mest värde för pengarna
- Trygghet i organisationen
  - Alltid kontroll på osäkerheternas storlek
- Tydligare riskfördelning i kontrakt
- Färre tvister
- ...

# Varför färre tvister?





# UPGRADED GEOTECHNICAL PROCESS





# Finansiärer



# TACK

Mats Svensson, PhD

[Mats.svensson@tyrens.se](mailto:Mats.svensson@tyrens.se)

[www.tyrens.se](http://www.tyrens.se)

