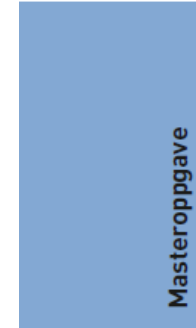


DAGBRUDDSSSTABILITET I NORCEM KJØPSVIK



NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for geovitenskap og petroleum

Sverre Paulsen Thoresen

Dagbruddsstabilitet i Norcem Kjøpsvik

Masteroppgave i Tekniske Geofag
Veileder: Steinar L. Ellefmo
Juni 2019

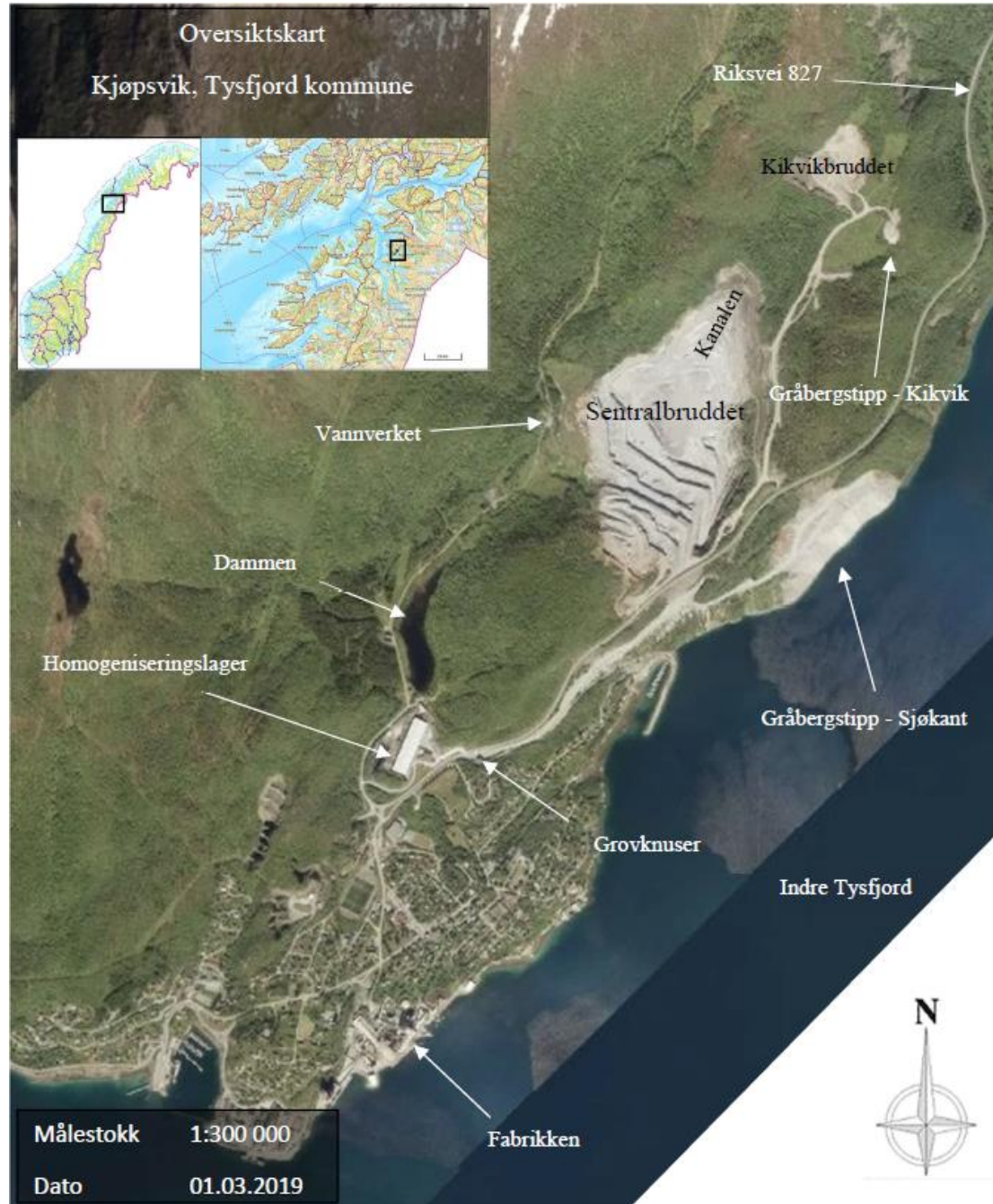
Fjellsprengningsdagen 26.november 2020

Sverre Paulsen Thoresen



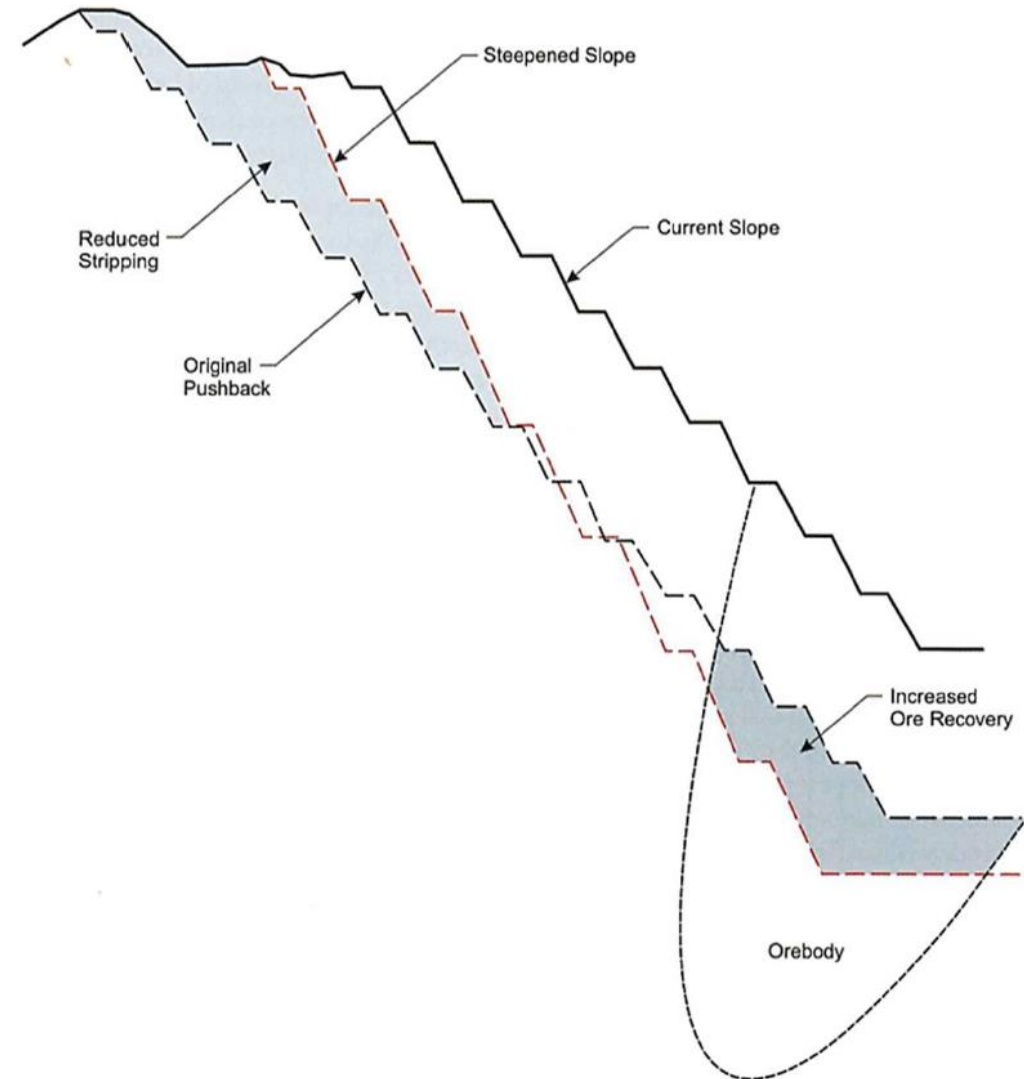
NORCEM KJØPSVIK

- Tysfjord, Nordland
- Uttak av kalsittmarmor
- Todelt dagbruddsområde



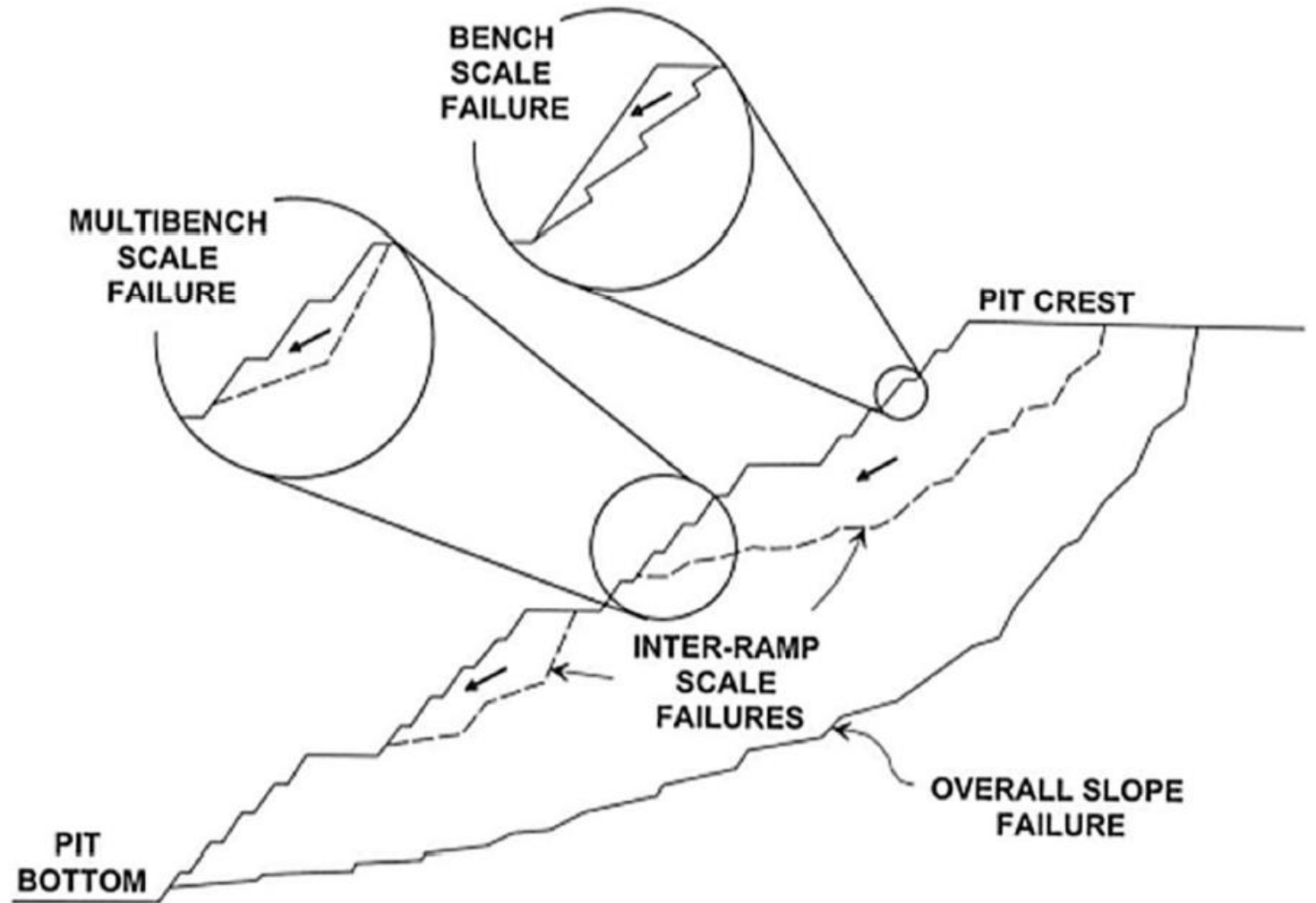
DAGBRUDDSSSTABILITET

- Økonomiske faktorer
 - Økt produksjonskapasitet
 - Stripping-forhold
- Direktoratet for mineralforvaltning med Bergmesteren for Svalbard
 - Anbefalt totalvinkel under 52°
 - Sikkerhet for personell og materiell
 - Forvalte mineralressursen



STABILITETSANALYSE

- Bakgrunn
 - Produksjon nær forekomstens yttergrense
 - Kvalitetsvariasjoner i forekomsten
- Totalstabilitet
 - Numerisk analyse
 - 3D-modellering av Q-verdi
- Detaljstabilitet
 - Kinematisk analyse

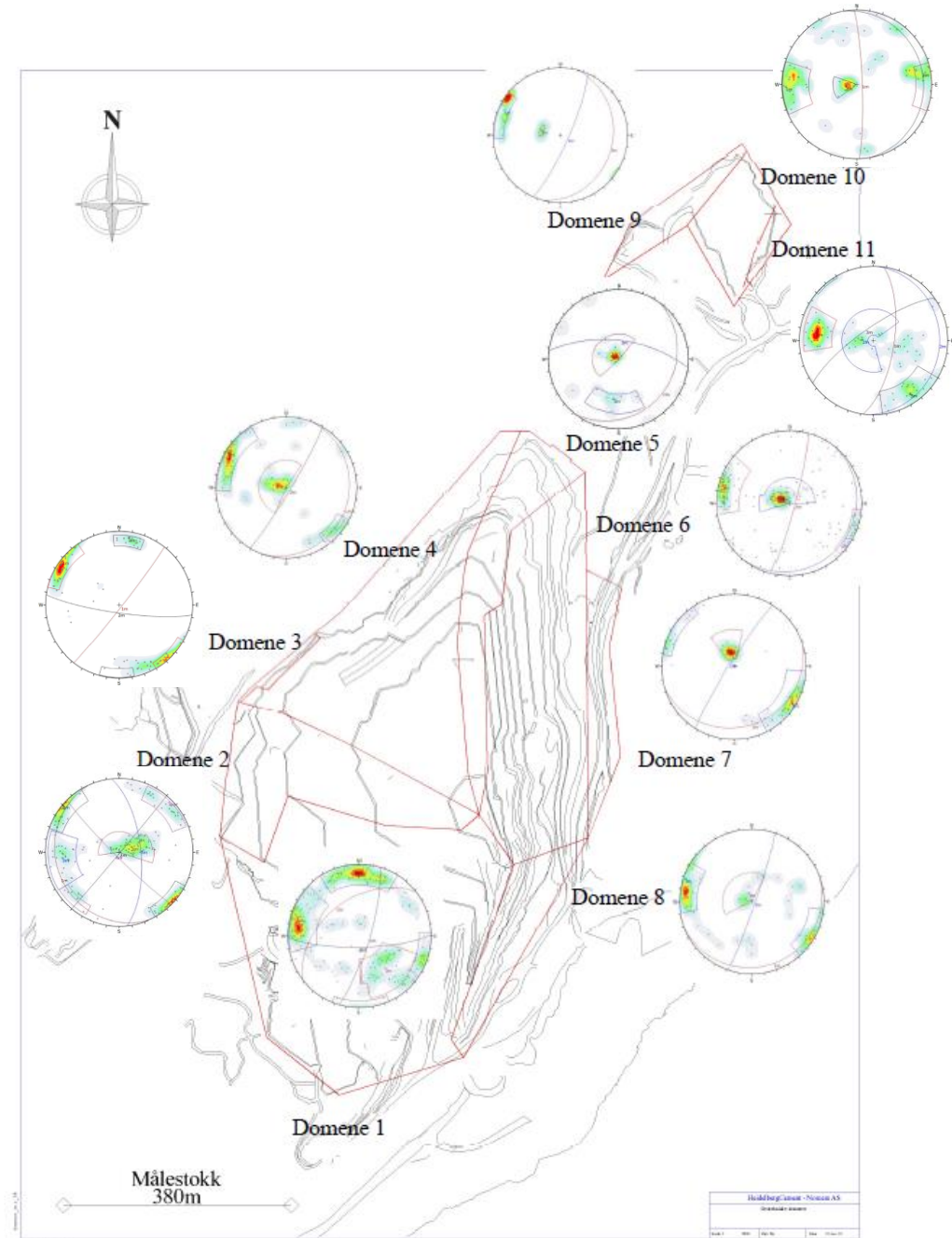
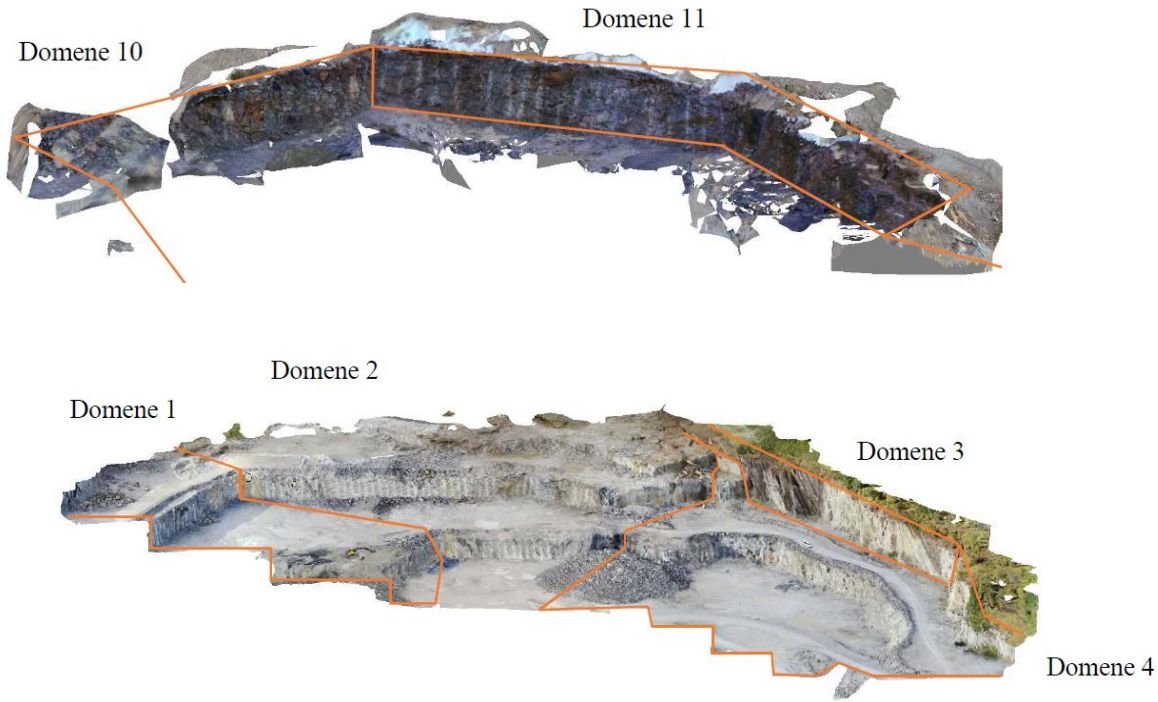


DESIGNPARAMETERE

- Sprekkekartlegging
- Sprekkeforhold
- Bergmekaniske parametere
- Bergspenningsmålinger
- Bergmasseklassifisering

BAKGRUNNSDATA

- Geotekniske domener
- Sprekkekartlegging



KINEMATISK ANALYSE

- Kinematisk analyse med Dips 7.0
- Vurdering av bruddmekanisme på pallnivå og evt. stabilitetstiltak

3D-MODELLERING

- 3D-modellering av Q-verdi med LeapFrog Geo
- Vurdering av områder med lav bergmassekvalitet

NUMERISKE METODER

- Valg av metode
 - Kontinuum og diskrete metoder
 - UDEC
 - Strukturkontrollerte brudd
 - Blokkdannet bergmasse
 - Relative bevegelse
 - RS2
 - Homogen bergmasse
 - Lite eller veldig oppsprukket
 - Brudd i bergmassen som helhet

Kontinuum-baserte metoder

- Finite Difference Method (**FDM**)
- Finite Element Method (**FEM**)
- Boundary Element Method (**BEM**)

Diskrete metoder

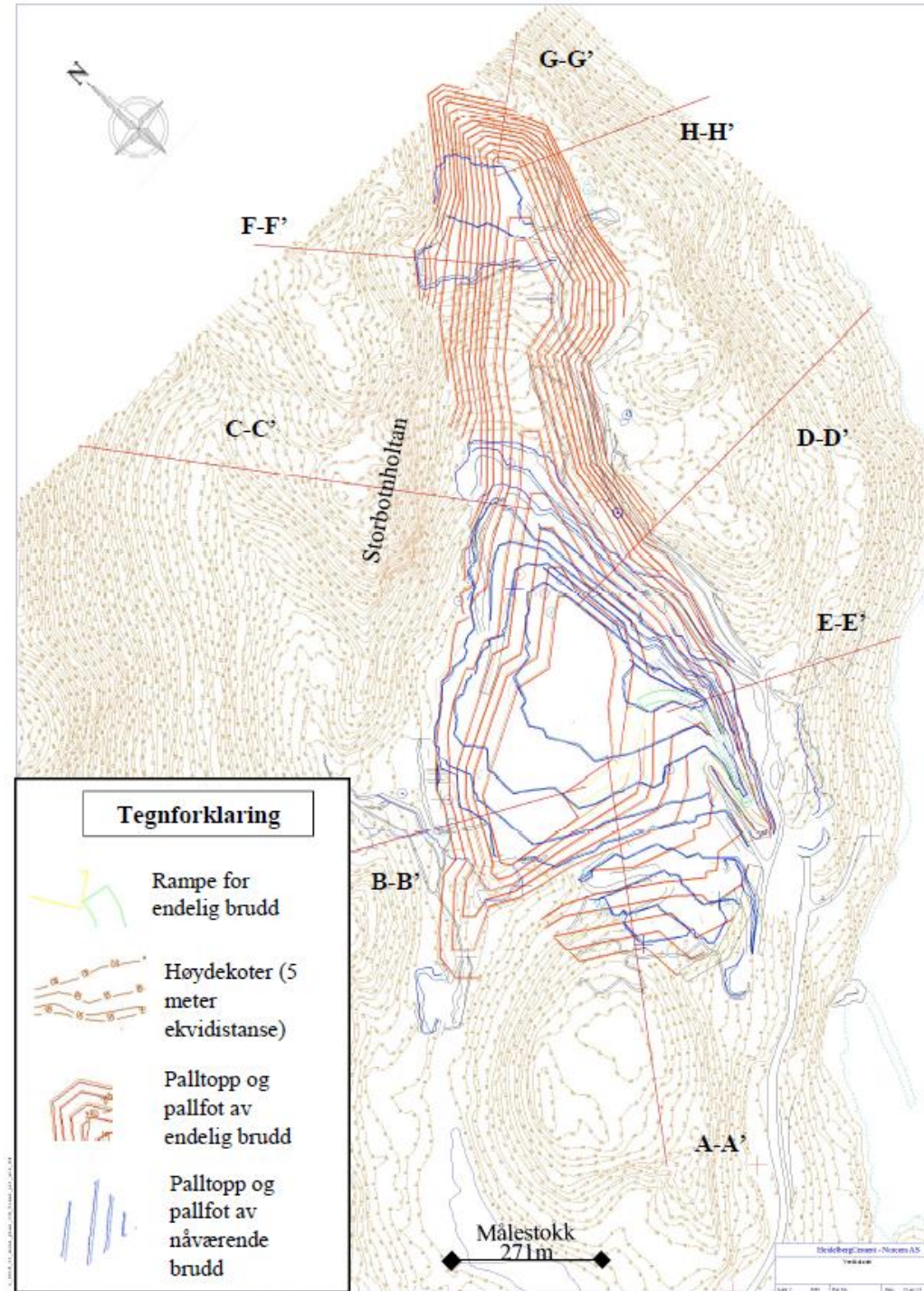
- Discrete Element Method (**DEM**)
- Discrete Fracture Network Method (**DFN**)

Hybride metoder

- Discrete Finite Element Method
- Combined Finite Discrete Element Method (**FEM/DEM**)

NUMERISKE METODER

- Numerisk analyse i åtte områder
- RS2 i profil B og C
 - Antatt brudd i bergmassen
- UDEC i profil A, D, E, F, G og H
 - Antatt strukturkontrollerte brudd



KINEMATISK ANALYSE - RESULTAT

- Dominerende eller sensitive bruddmekanismer
- Utvelting i alle domener
- Plan utglidning og kileutglidning i nordlig og sørlig område

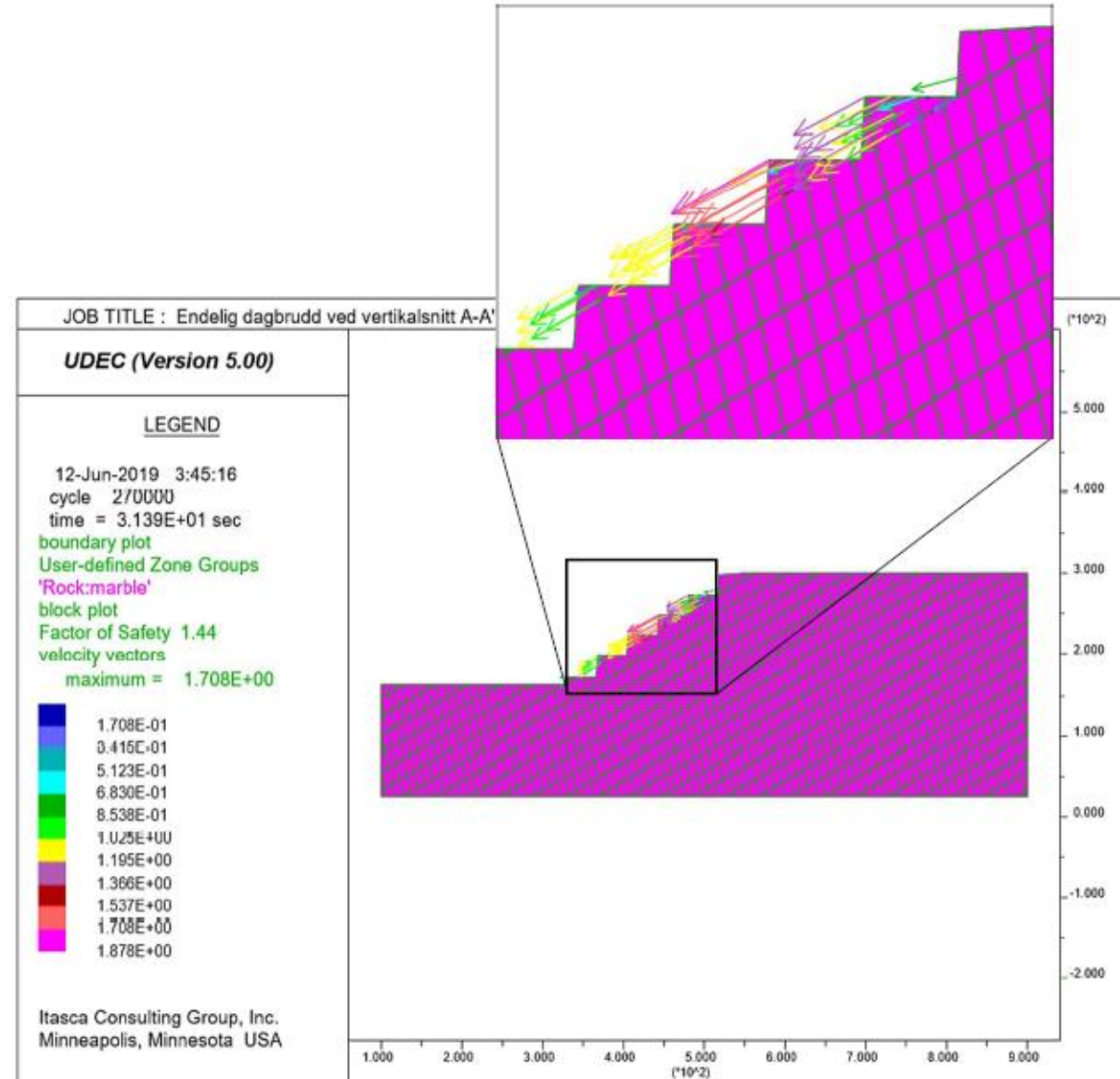
Domene	Veggorientering [Fallretning]	Plan utglidning		Kileutglidning	Utvelting	
		% kritisk total	% kritisk sprekk	% totale kritiske krysninger	% kritisk total	% kritisk sprekk
1	N020	3.65	0.00	25.55	12.50 ^b	41.82 ^b
2	N080	14.29	83.33	28.39	21.12 ^a	91.67 ^a
3	N130	6.17	9.52	14.60	17.28 ^b	30.95 ^b
4	N130	12.96	20.00	13.84	37.04 ^a	87.50 ^a
5	N180	0.00	0.00	0.48	14.29 ^a	25.00 ^a
6	N260	2.67	0.00	8.72	15.11 ^b	33.33 ^b
7	N260	8.00	0.00	21.39	22.00 ^b	32.14 ^b
8	N285	1.52	2.56	7.88	1.52 ^a	2.56 ^a
9	N110	37.50	50.00	42.86	62.50 ^a	100.00 ^a
10	N230	5.77	0.00	26.92	3.85 ^b	4.35 ^b
11	N290	10.0	4.76	19.62	27.50 ^b	83.30 ^b

^aBlokkutvelting.

^bBøyelig utvelting

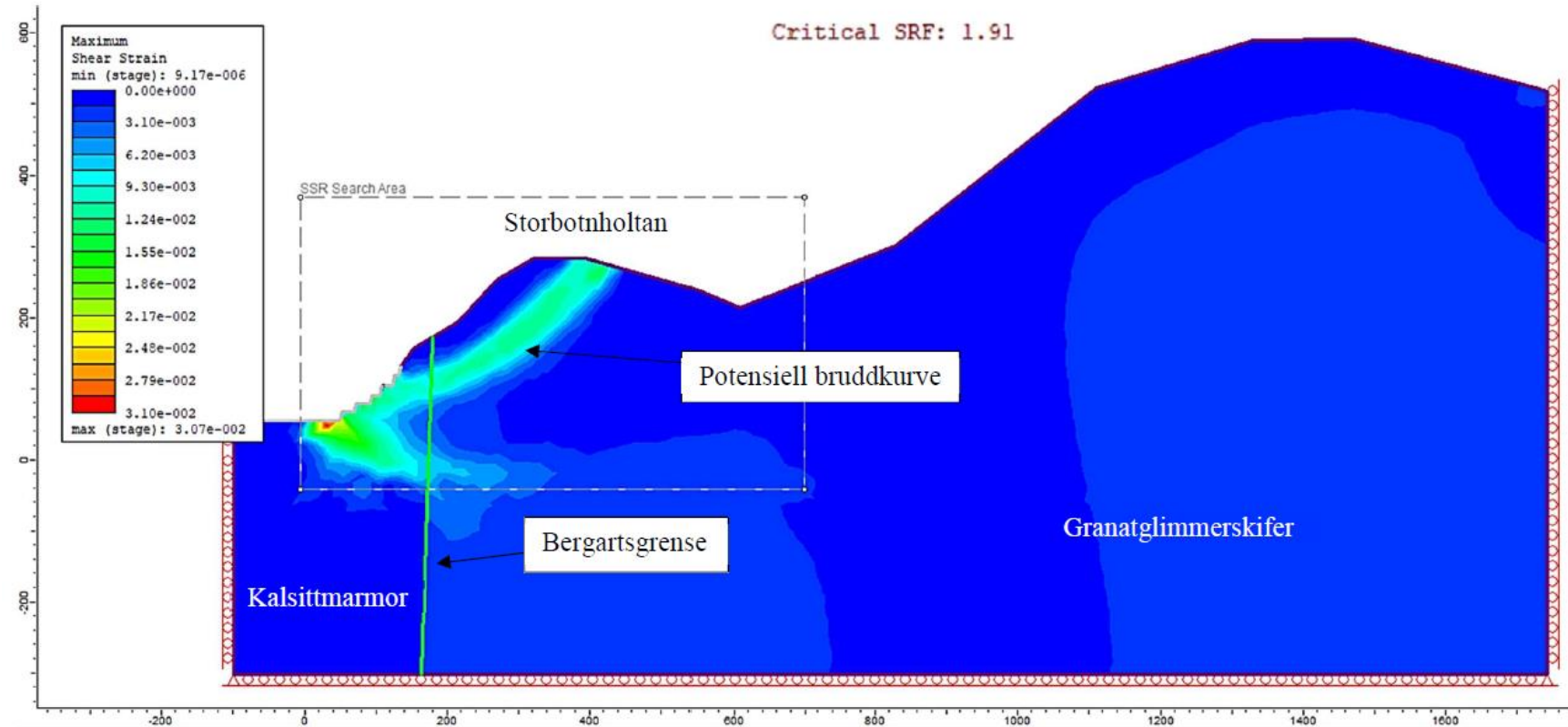
NUMERISKE METODER - RESULTAT

- Illustrering av bruddmekanismer for totalstabilitet
- Profil A-A'
 - UDEC - 38° totalvinkel
 - Kileutglidning som plan utglidning
 - Bevegelse langs bruddplan på pallnivå



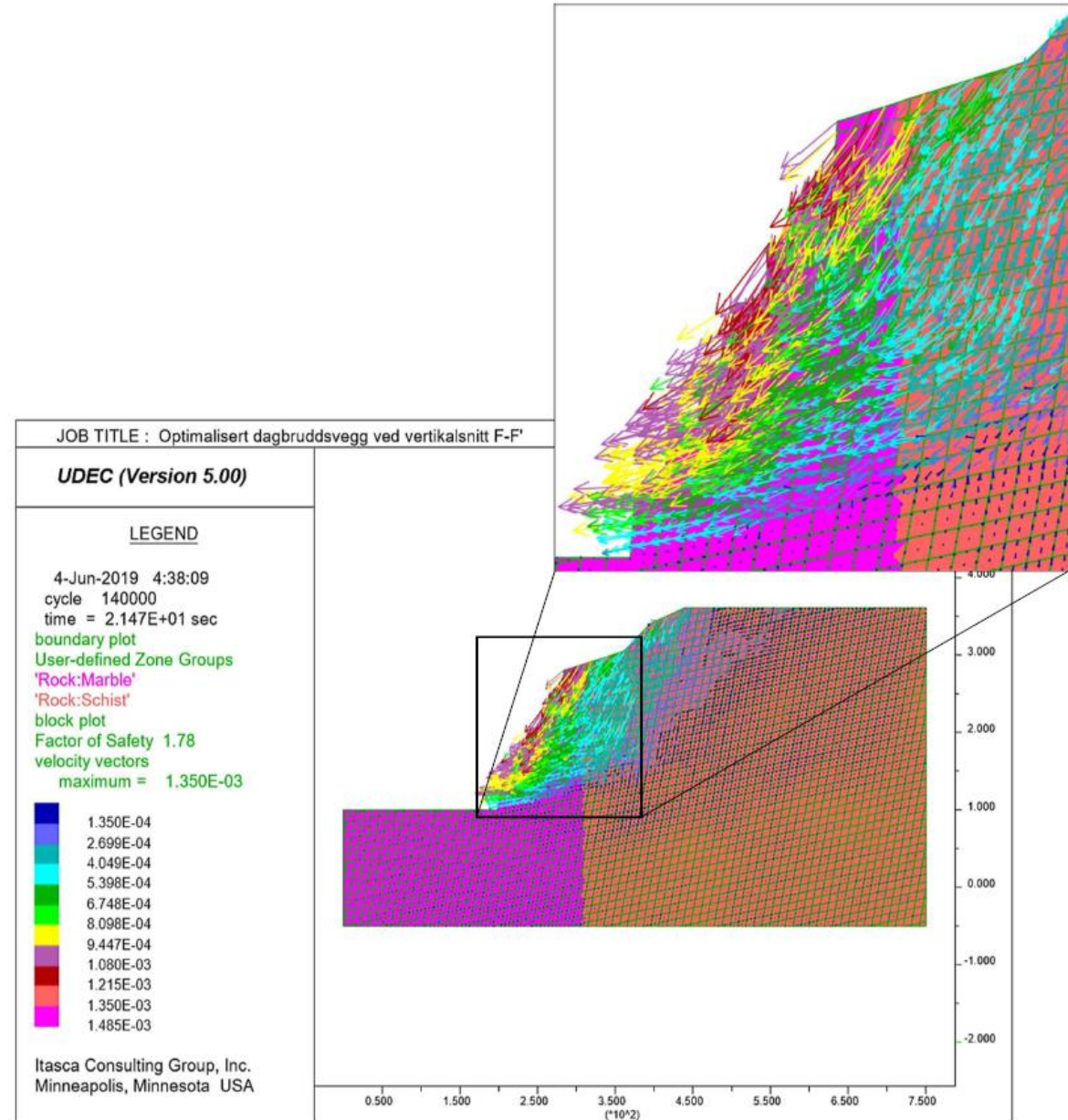
NUMERISKE METODER - RESULTAT

- Profil C-C'
- RS2 - 57° totalvinkel
- Sirkulær bruddkurve



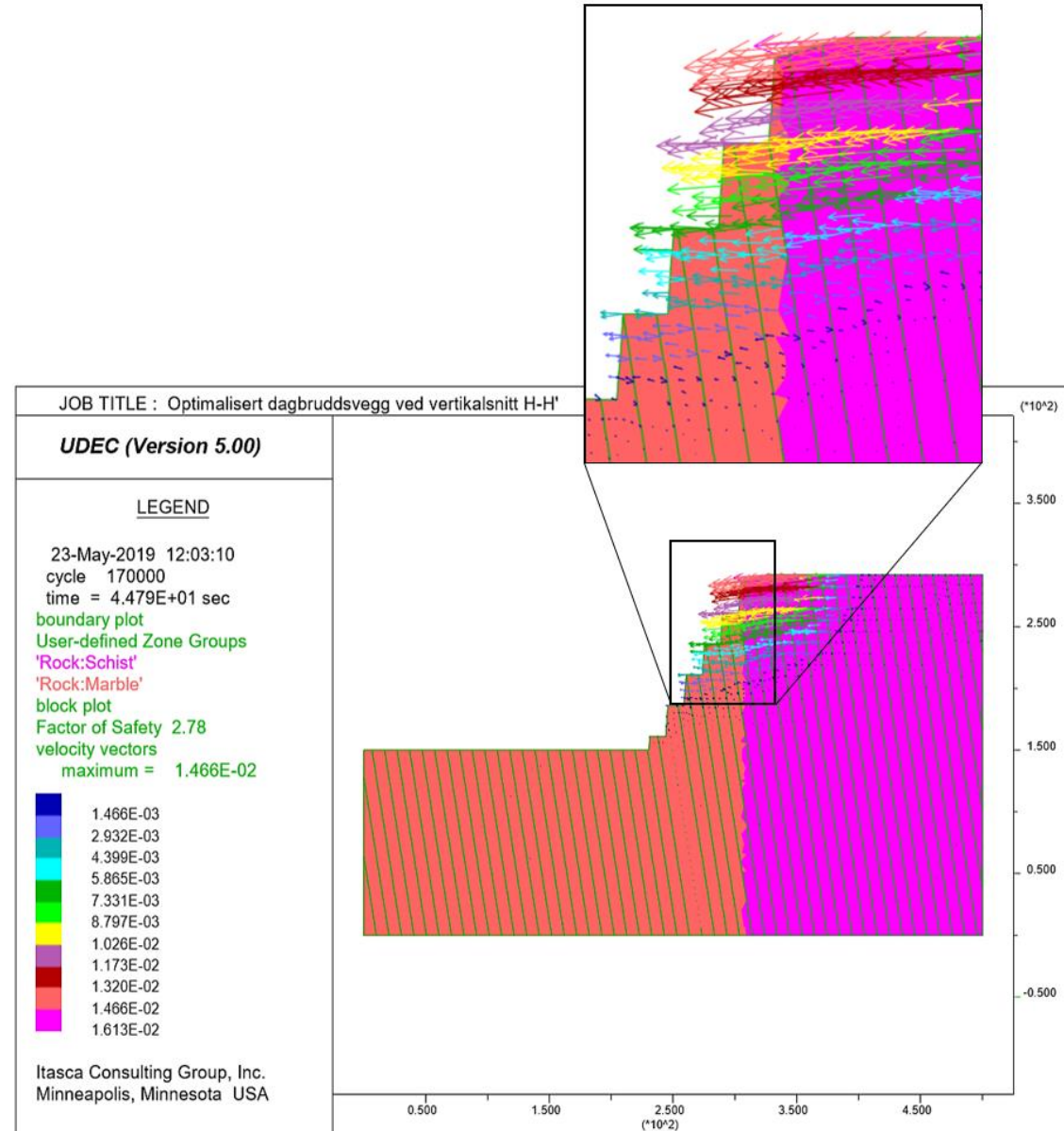
NUMERISKE METODER - RESULTAT

- Profil F-F'
- UDEC - 64° totalvinkel
- Sirkulær bergmassebevegelse



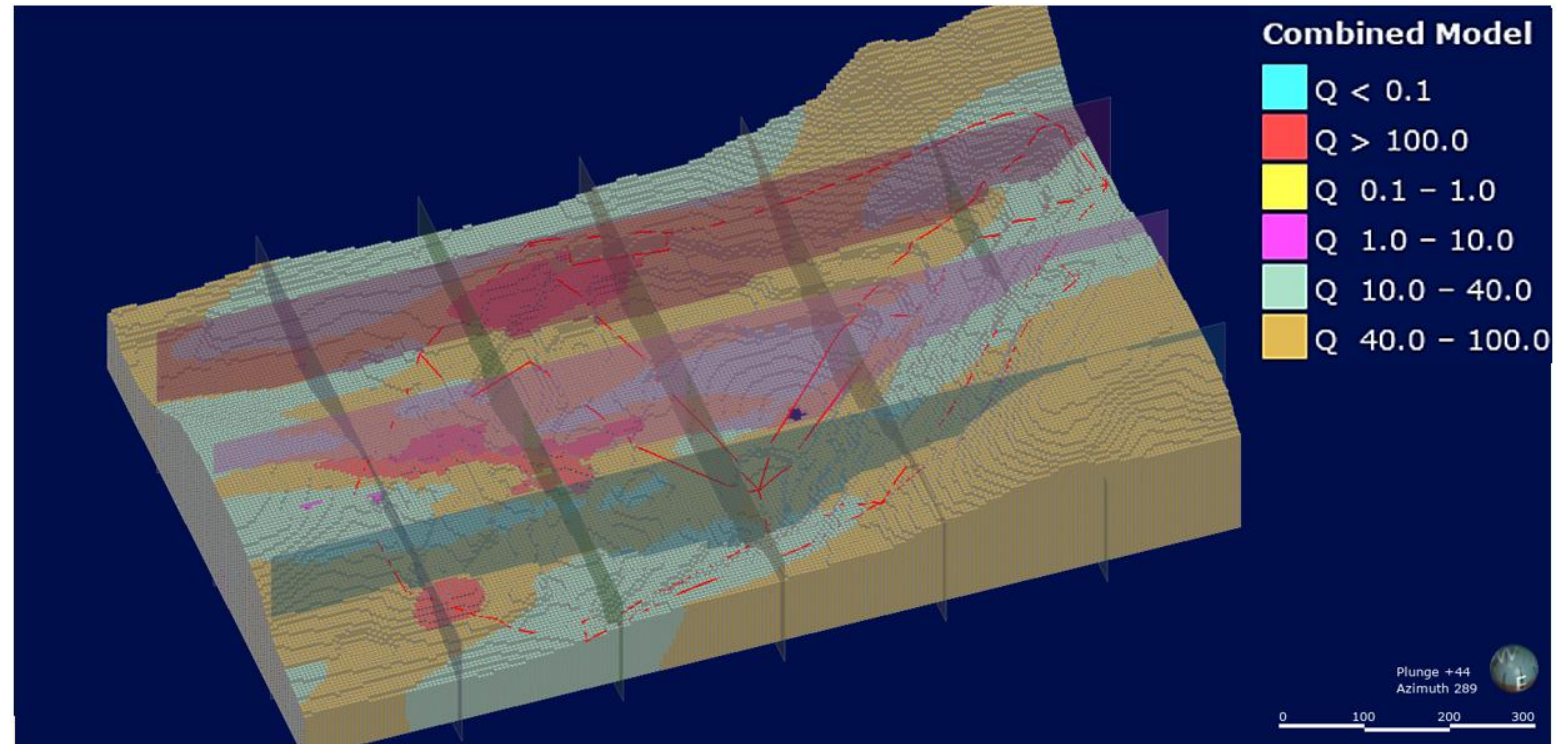
NUMERISKE METODER - RESULTAT

- Profil H-H'
- UDEC - 63° totalvinkel
- Utvelting



3D-MODELLERING - RESULTAT

- 3D-modellering av Q-verdi
 - Vekslede Q-verdi på tvers av forekomstens lengderetning
 - Høy bergmassekvalitet
 - Ingen identifiserte områder med stabilitetsproblemer



KONKLUSJON

- 3D bergmassekvalitet
 - Høy Q-verdi [10.0-100.0]
 - Ingen områder som truer stabiliteten
- Pallvinkel
 - Kalsittmarmor: 70-74°
 - Granatglimmerskifer: Foliasjonens fallvinkel
- Totalvinkel

Domene	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Anbefalt totalvinkel [°]	38.0	72.0	57.0	57.0	52.0	50.0	50.0	63.0	64.0	52.0	63.0

TAKK FOR OPPMERKSOMHETEN

RAMBOLL

Bright ideas. Sustainable change.