

Bilaga 1 - PM Bergmekanik, Pumpstation IN

Förstudie Nya Rya

1.0	2022-05-13	PM Bergmekanik	S. Bergqvist	P.Eriksson	M. Zetterlund
Version	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt

Detta dokument är framtaget av Norconsult AB som del av det uppdrag dokumentet gäller. Upphovsrätten tillhör Norconsult.

Innehåll

Förutsättningar	4
Objekt	4
Befintligheter	5
Underlag	5
Nu utförda undersökningar	6
Styrande dokument	6
Bergmassans geologiska förhållanden	7
Bergnivåer	7
Geologi/bergarter	7
Strukturgeologi	7
Svaghetszoner och svaghetsplan	10
Sprickegenskaper	10
Bergkvalitet	11
Bergartens enaxiella tryckhållfasthet	11
Rock quality designation, RQD	12
Rock quality Index, Q-värde	12
Rock mass rating, RMR	13
Geological Strength Index, GSI	13
Bergmassans mekaniska egenskaper	17
Utvärderade hållfastegenskaper sprickplan	17
Bergmekanisk analys, förutsättningar och antaganden	18
Tillämpning av partialfaktorer	18
Materialegenskaper bergmassa	19
Materialegenskaper bergförstärkning	19
Bergspänningsförhållanden	19
Grundvattenförhållanden	20
Bergmekanisk analys schaktväggar (empirisk)	21
Bergmekanisk analys schaktväggar (analytisk)	23
Kilanalys schaktväggar	23
Stabilitetsanalys schaktväggar	24
Kommentarer till bergmekanisk analys av schaktväggar	33

Bergmekanisk analys inloppstunnel (empirisk)	35
Bergmekanisk analys, inloppstunnel (analytisk)	38
Kilanalys enskilda block, inloppstunnel	38
Valvbildande bultning, inloppstunnel	39
Kommentarer till bergmekanisk analys av inloppstunnel	41
Överslag förstärkningsmängd	42
Förförstärkning släntrön	42
Ytförstärkning	42
Totalstabilitetsförstärkning	43
Förförstärkning befintlig tunnel	43
Sammanfattning	45
Kvarstående osäkerheter & risker	47

Bilaga 1 Kilanalys, DIPS

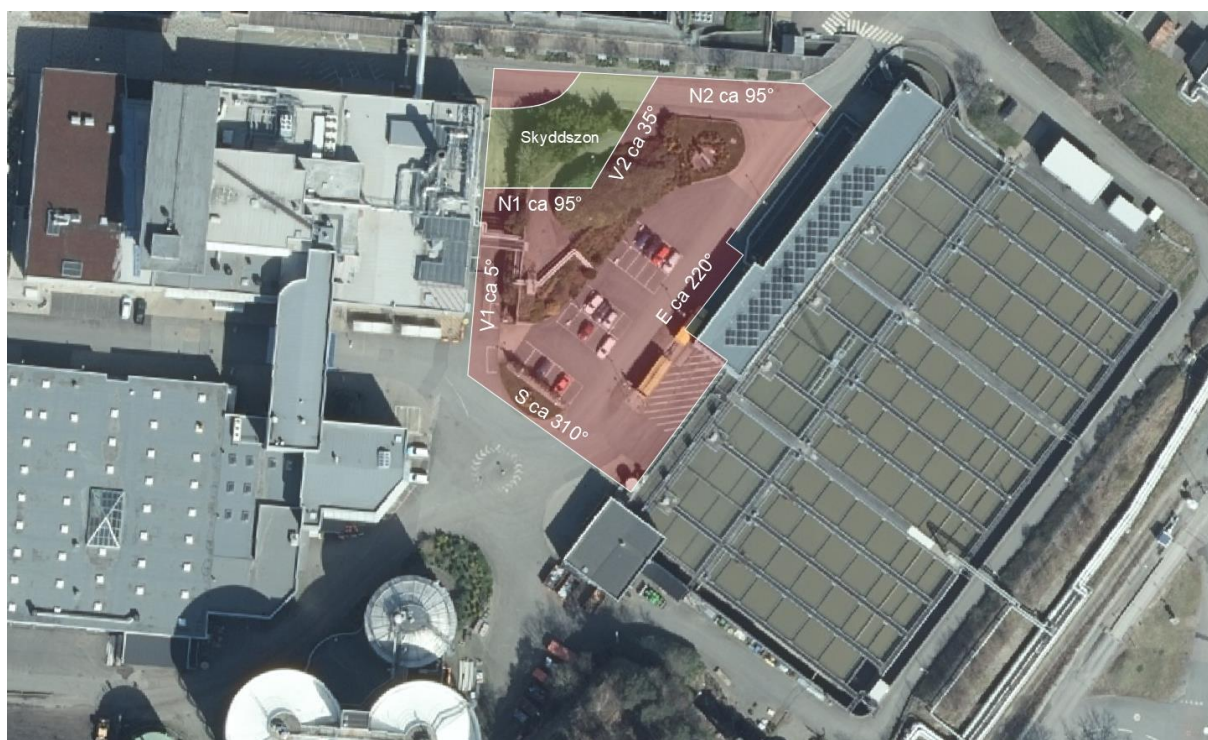
Bilaga 2 Indata överslagsberäkning Swedge

Bilaga 3 Överslagsberäkning plant brott

Förutsättningar

Objekt

Inom ramen för förstudie "Pumpstation nya Rya" har en översiktlig stabilitetsutredning utförts för planerat bergschakt. Geometri för bergschakt samt preliminär antagen skyddszon kring inloppstunnel belägen i nordvästra delen av området, redovisas i Figur 1. Analysens primära syfte är att utvärdera stabilitet för schaktväggar samt stabilitet för inloppstunneln i samband med berguttag



Figur 1. Översikt. Schaktområde i rött och ungefärlig utbredning av skyddszon runt inloppstunnel i gult. Text anger släntbenämning samt ungefärlig strykning enligt högerhandsregeln. (omarbetad från <http://minkarta.lantmateriet.se>).

Tabell 1. Preliminär orientering och geometri schaktväggar.

Slänt	Strykning [°]	Stupnings- riktning [°]	Stupning [°]	Nivå, [m.ö.h]	Nivå [m.ö.h]	Höjd [m]	Längd [m]
N1	95	185	84,3	+ 8	- 20	25–28	22
N2	95	185	84,3	+ 2	- 10	12	41
S	310	40	84,3	+ 5	- 20	25	43
E	220	310	84,3	+ 1,4–4,4	- 10	14	93
V1	5	95	84,3	+ 8	- 20	28	40
V2	35	125	84,3	+ 8	- 10	18	32

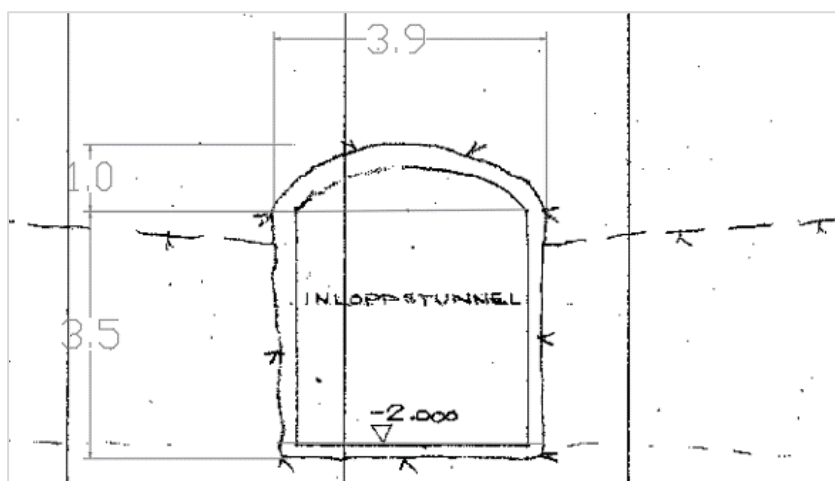
Befintligheter

Området begränsas av centralbyggnad och inloppstunnel i väst, av kanal till försedimentering i norr, av finrensbyggnad i öst och av bräddvattenledning i söder. Antagen grundläggningsnivå på berg för befintliga konstruktioner redovisas i Tabell 2, faktisk grundläggningsnivå bör fastställas för fortsatt projektering.

Tabell 2. Bedömd grundläggningsnivå konstruktioner.

Konstruktion	Grundläggningsnivå, min	Grundläggningsnivå, max
Centralbyggnad	-14,2	+ 2,5
Centralbyggnad utbyggnad	+4,5	+4,5
Inloppstunnel	- 12,0	- 8,0
Kanal till försedimentering	+ 2,0	+ 4,5
Finrensbyggnad	+1,8	+ 5,9
Bräddvattenledning	+3,0	+4,5

Inloppstunneln är enligt erhållet underlag ca 4–5 m bred och 4,5 m hög, se Figur 2. Tunneln är belägen mellan nivå -8 t.o.m. nivå -12, vilket medför ca 16 m bergtäckning.



Figur 2. Tunnelgeometri inloppstunnel, utklipp erhållet från ritning R10-010111-122.

Underlag

- Ytkartering av bergyta inför byggnation av rötkammare, Tyréns 2014
- Väggekartering av bergyta, bergschakt BE01, Tyréns 2014
- Gryaab, Rya skog: Uppföljning av kontrollprogram – Utvärdering av grundvattennivåer i Rya Skog juni 2005-september 2006, Ramböll 2006
- Gryaab Ryaverket Biogasanläggning - Berggeologisk undersökning, Bergab 1988

Nu utförda undersökningar

- Orientering, kartering samt point load test av borrhäla - KBH1, KB2 & KBH4, Norconsult AB 2021



Figur 3. Översikt, ungefärliga lägen för utförda kärnborrhål 2021. (omarbetad från <http://minkarta.lantmateriet.se>).

Tabell 3. Orientering utförd kärnborrning.

Kärnborrhål	Längd	Azimut [°]	Dip [°]
KBH1	24	180	40
KBH2	25	130	27
KBH4	30	30	70

Styrande dokument

Följande styrande dokument har använts:

- EKS 11 Boverkets konstruktionsregler
- SS-EN 1997-1:2005 Dimensionering av geokonstruktioner
- SS-EN 1992-1-1:2005 Dimensionering av betongkonstruktioner

Följande rådgivande dokument har använts:

- IEG Rapport 5:2010 Tillämpningsdokument Bergtunnel och berggrum
- Projektering av bergkonstruktioner 2019:062, Trafikverket

Bergmassans geologiska förhållanden

Bergnivåer

Bergytans naturliga läge inom aktuellt område varierar generellt mellan nivå ca + 8 till och med nivå + 9.

Nivå för planerad schaktbotten varierar, från nivå ca -10 i nordost till och med nivå ca -20 i sydväst.

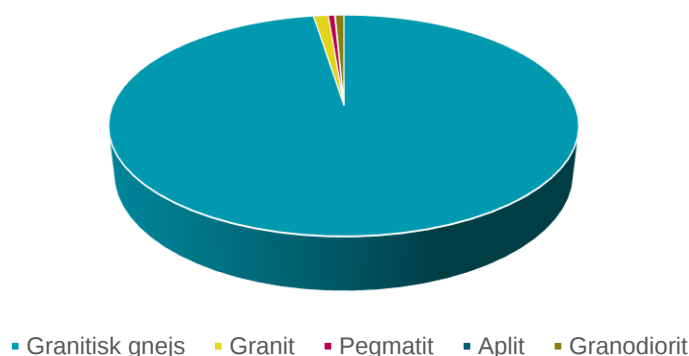
Geologi/bergarter

Enligt tidigare geologiska undersökningar utgörs bergmassan i området av en medelkornig, svagt förskiffrad granit. Skivor/mindre kroppar av pegmatit och basiska bergarter, så som amfibolit, förekommer (Bergab, 1988).

Nu utförda undersökningar verifierar i stort sett tidigare beskrivning. Bergmassan kan generellt beskrivas som en folierad, medelkornig granitisk gnejs. En sammanställning över karterade bergarter i KBH1, KBH2 och KBH4 redovisas i Figur 4.

Bergmassan i området bedöms generellt vara storblockig.

Sammanställning bergarter KBH1, KBH2, KBH4

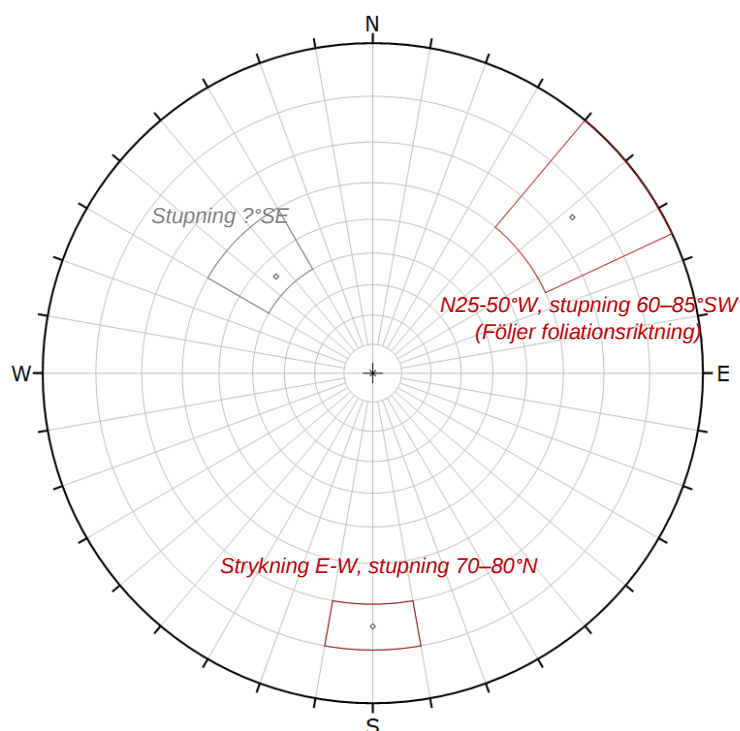


Figur 4. Sammanställning av karterade bergarter i KBH1, KBH2 och KBH4.

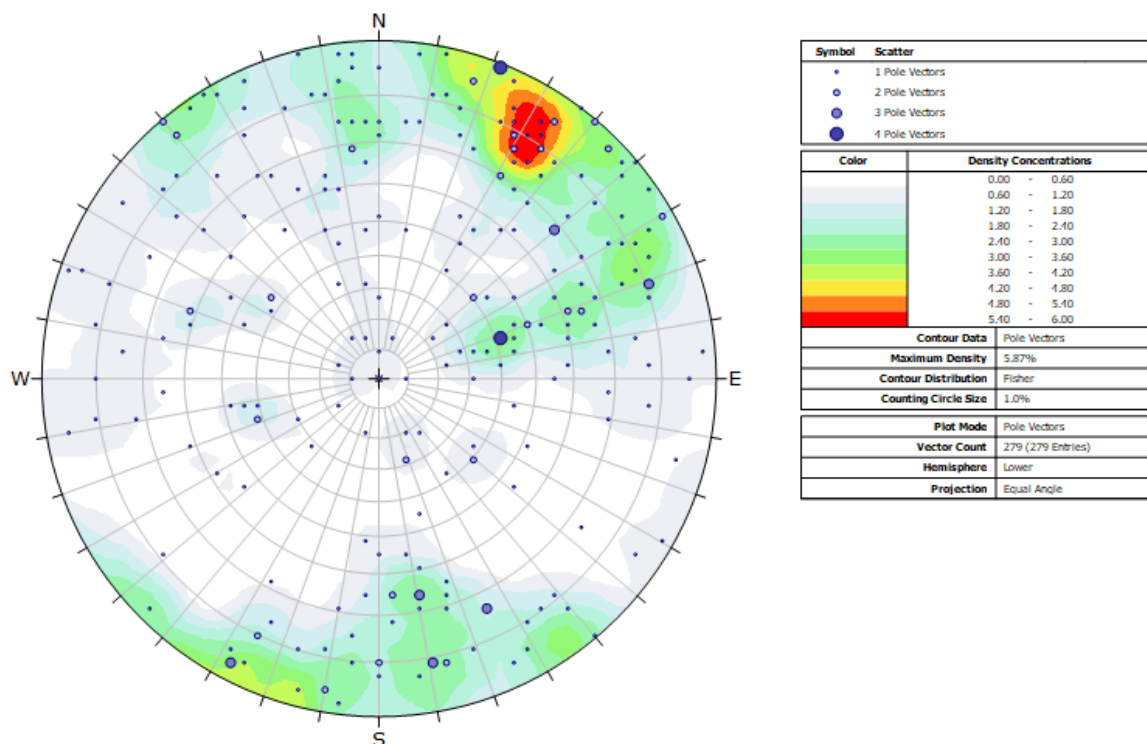
Strukturgeologi

Baserat på karteringsunderlag från 2014 och kartering av sprickor i KBH1, KBH2 och KBH4 har tre huvudsprickgrupper identifierats. Utöver huvudsprickgrupper förekommer sprickplan med slumpvis orientering och bankningsplan. Stereonet med polpunkter från respektive undersökningstillfälle redovisas i Figur 6 och Figur 7. Huvudsprickgrupper presenteras i stereonet i Figur 8 och Tabell 4.

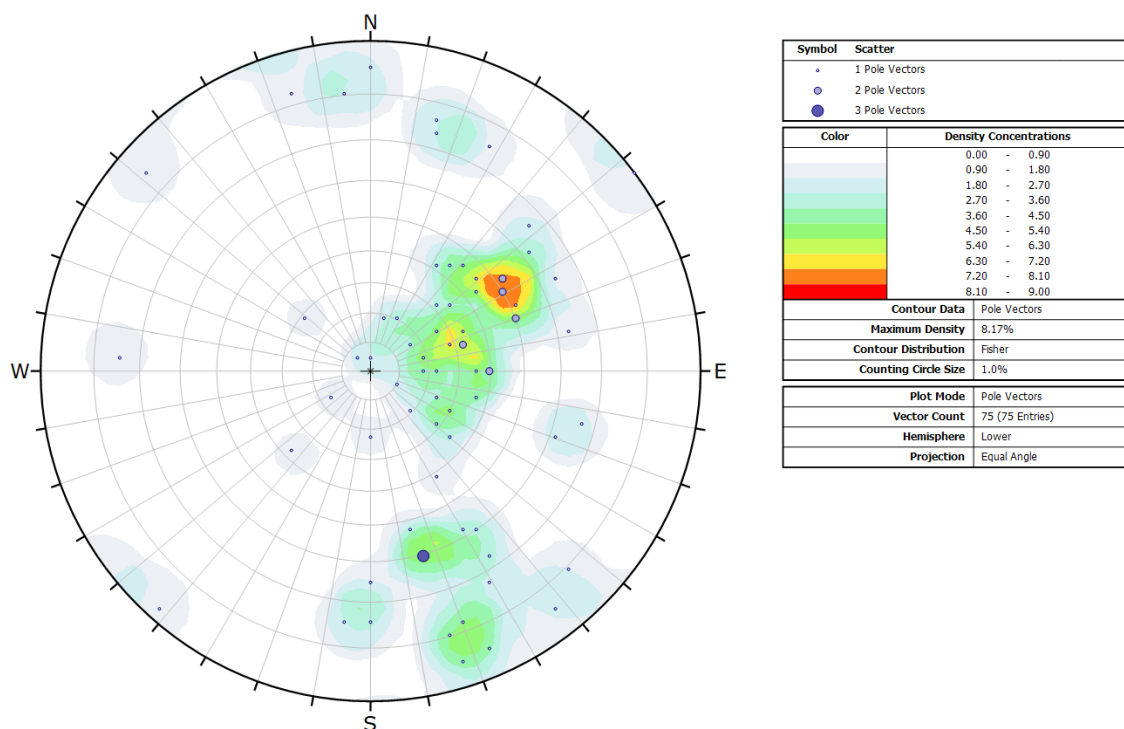
Sprickgrupp 2 och sprickgrupp 3 stämmer relativt väl med de sprickorienteringar som beskrivs i Bergabs publikation från 1988. Bergab beskriver även att sprickor med stupning mot sydost har iakttagits i de östra delarna av dåvarande undersökningsområde. Förekommer dessa sprickor i anslutning till den västra schaktväggen, intill inloppstunneln, kan det medföra instabilitet i schaktväggen samt inloppstunnelns väggar.



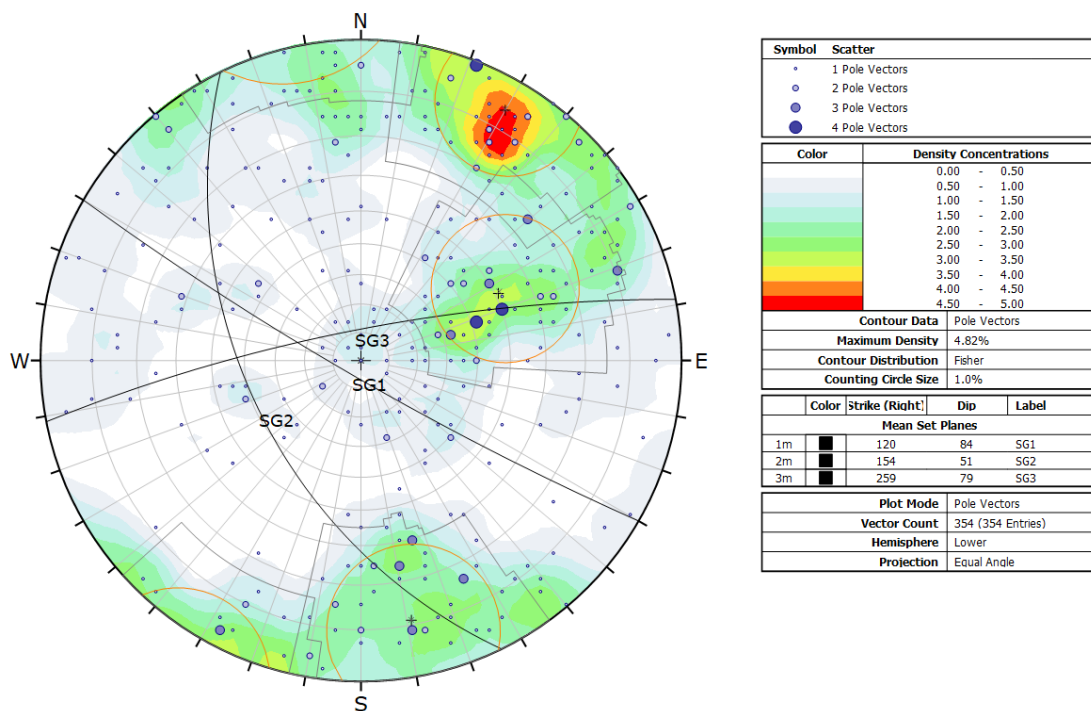
Figur 5. Ungefärligt läge för polpunkter tillhörande av Bergab angivna huvudsprickgrupper redovisas med röd markering. Antaget läge för polpunkter tillhörande sprickplan med stupning åt sydost, vilka observerats i östra delarna av området, redovisas med grå markering. Angiven orientering för då identifierade sprickgrupper beskrivs i text, Bergab 1988.



Figur 6. Stereonet med polpunkter, baserat på yt- och väggkartering utförd av Tyréns 2014.



Figur 7. Stereonet med polpunkter baserat på kartering av orienterade borrhäror KBH1, KBH2 och KBH4.



Figur 8. Identifierade huvudsprickgrupper, sammanställning baserad på yt- och väggkartering utförd av Tyréns 2014 samt karterade borrhäror från KBH1, KBH2 & KBH4 2022. Orange cirkel visar variabilitetskon för 1 standardavvikelse (68,2 % sannolikhet att en polpunkt inom aktuell sprickgrupp återfinns inom detta intervall).

Tabell 4. Identifierade huvudsprickgrupper enligt sammanställning baserad på yt- och väggkartering utförd av Tyréns 2014 samt karterade borrhäror från KBH1, KBH2 & KBH4 2022. Orientering enligt högerhandsregeln. Väderstreck inom parentes.

	Strykning [°]	Stupnings- riktning [°]	Stupning [°]	Variabilitet (68,27%) [°]	Variabilitet (95,44%) [°]	Fisher K [-]
SG1	120 (SO-NV)	210 (SV)	84	15	25	36,50
SG2*	154 (SO-NV)	244 (SV)	51	25	35	17,15
SG3	259 (V-Ö)	349 (NNV)	79	20	30	23,31

* Följer foliationen

Svaghetszoner och svaghetsplan

Enstaka krosszoner (<20cm) identifierats vid kartering av borrhäror från KBH1, KBH2 och KBH4.

I KBH 4 har glimmerstråk (biotitrika stråk) noterats, vilka orsakat uppsprickning längs med foliationen (SG2), i bergmassan. Det förekommer även kraftigt vittrade zoner samt krosszoner med förekomst av glimmer (biotit) och kalcit.

Sprickegenskaper

Sprickegenskaper beskrivs, enligt Q-systemet, se Tabell 5 och Tabell 6.

Vanligt förekommande sprickfyllnad redovisas i Tabell 7.

Sprickråhetstal varierar generellt mellan 1 och 4, vilket motsvarar släta, plana sprickytor till diskontinuerliga sprickytor. Mest förekommande J_r -värde (3) motsvarar råa/ojämna vågformiga sprickytor.

Sprickomvandlingstal varierar från 0,75 till 8, vilket motsvarar läkta sprickor till sprickor med deformationsmjuknande lermineralfyllning som saknar initial bergkontakt vid skjuvning. Mest förekommande J_a -värde (1,0) motsvarar opåverkade sprickytor med missfärgning/beläggning.

Enligt Bergab (1988) förekommer glatta och ibland lerfyllda glidplan, främst längs med förskiffringen (orientering motsvarande SG2). Inom samma sprickgrupp, SG2, har som tidigare nämnts uppsprickning längs med glimmerrika stråk noterats vid kartering av KBH4. Sprickplan med lermineraliseringar förekommer enligt Bergab även för sprickor med orientering motsvarande SG3. Spår av utfall längs med ovan nämnda sprickplan kan enligt Bergab observeras i befintliga bergskärningar.

Tabell 5. Sprickråhetstal J_r , klassificering enligt Q-systemet. Underlag avseende J_r -värden saknas för väggkartering BE01.

Kärnborrhål	$J_{r,min}$ [-]	$J_{r,max}$ [-]	$J_{r,median}$ [-]	$J_{r,medel}$ [-]	$J_{r,typ}$ [-]
KBH1	1,0	4,0	3,0	2,5	3,0
KBH2	1,5	4,0	3,0	2,7	3,0
KBH4	1,0	4,0	3,0	2,7	3,0
Samtliga KBH	1,0	4,0	3,0	2,7	3,0
Ytkartering BE01	1,0	4,0	2,0	1,9	2,0
Samtliga KBH+Ytkartering BE01	1,0	4,0	3,0	2,5	3,0

Tabell 6. Sprickomvandlingstal, J_a , klassificering enligt Q-systemet. Underlag avseende J_a - värden saknas för väggkartering BE01.

Kärnborrhål	$J_{a,min}$ [-]	$J_{a,max}$ [-]	$J_{a,median}$ [-]	$J_{a,medel}$ [-]	$J_{a,typ}$ [-]
KBH1	1,0	4,0	1,0	1,4	1,0
KBH2	1,0	4,0	1,0	1,4	1,0
KBH4	0,75	4,0	1,0	1,7	1,0
Samtliga KBH	0,75	4,0*	1,0	1,5	1,0
Ytkartering BE01	0,75	8,0**	1,0	1,6	1,0
Samtliga KBH+Ytkartering BE01	0,75	8,0	1,0	1,5	1,0

** Glimmertäta lager som lätt spricker upp längs med foliation.

** Sprickfyllnad av grön lera och kalcit, sprickvidd 1–2 cm.

Tabell 7. Vanligt förekommande sprickfyllnad.

Kärnborrhål	Sprickfyllnad
KBH1	järnoxid, kalcit, silt, klorit, glimmer
KBH2	järnoxid, kalcit, silt, klorit, glimmer
KBH4	glimmer*, järnoxid, kalcit, silt, lera
Ytkartering BE01	lera, sand, klorit, kvarts, järnoxid, kalcit, glimmer, kvarts, hematit, fältspat
Väggkartering BE01	kalcit, sand, glimmerskiffer, klorit, lera, oxider, kvarts, bergkross, epidot

* Glimmertäta lager som lätt spricker upp längs med foliation

Bergkvalitet

Bergartens enaxiella tryckhållfasthet

Bergets intakta tryckhållfasthet har utvärderats genom Point load test, se ekvation 1–4 (ISRM,1985). En sammanställning av resultatet redovisas i Tabell 8. Tryckhållfastheten för själva bergmassan, dvs kombinationen av intakt berg, sprickor och diskontinuiteter, har inte utvärderats.

Tryckhållfastheten för intakt berg bedöms generellt variera mellan 150 - 180 MPa, vilket motsvarar mycket starkt berg enligt ISRM-index.

$$I_s = \frac{P}{D^2} \quad \text{Ekvation 1}$$

$$I_{s,50} = F \cdot I_s \quad \text{Ekvation 2}$$

$$F = \left(\frac{D_g}{50}\right)^{0,45} \quad \text{Ekvation 3}$$

$$\sigma_c = [20 \text{ till } 25] \cdot I_{s,50} \quad \text{Ekvation 4}$$

Där

I_s är punktlastindex

D är provkroppens diameter (standard 50 mm)

$I_{s,50}$ är korrigerat punktlastindex vid annan provdiameter

σ_{ci} är beräknad enaxiell tryckhållfasthet

Tabell 8. Bergartens intakta tryckhållfasthet, utvärderad genom Point load test. Vid beräkning av medelvärde exkluderas de två lägsta respektive två högsta värdena för respektive provkropp.

Kärnborrhål	$\sigma_{ci.min}$ [MPa]	$\sigma_{ci.max}$ [MPa]	$\sigma_{ci.median}$ [MPa]	$\sigma_{ci.medel}$ [MPa]	$\sigma_{ci.typpvärde}$ [MPa]
KBH1	125	257	174	179	-
KBH2	89	217	186	180	-
KBH4	107	295	156	153	-
Samtliga	89	295	167	172	-

Rock quality designation, RQD

Rock quality designation, RQD, är en metod för att beskriva bergkvaliteten baserat på hur uppsprucken bergmassan är. RQD har beräknats för borrhäna KBH1, KBH2 & KBH4 enligt ekvation 5. RQD är beräknat per meter borrhäna. Resultat presenteras i Tabell 9.

Bergmassan kan enligt tabellvärden generellt klassificeras som acceptabel till utmärkt även om enstaka partier med dåligt till acceptabelt berg förekommer.

$$RQD = \frac{\Sigma \text{Längd på borrhäna} > 10 \text{ cm}}{\text{Total längd borrhäna}} \cdot 100 (\%)$$

Ekvation 5

Tabell 9. Rock quality designation, RQD.

Kärnborrhål	RQD min [-]	RQD max [-]	RQD median [-]	RQD medel [-]	RQD typpvärde [-]
KBH1	62,1	100,0	91,1	93,3	100,0
KBH2	50,0	100,0	92,2	94,4	100,0
KBH4	42,7	100,0	88,1	92,6	100,0
Samtliga	42,7	100,0	93,7	90,4	100,0

Rock quality Index, Q-värde

Q-systemet används primärt för att klassificera bergmassa och bedöma förstärkningsbehov för bergkonstruktioner under mark, men systemet kan även användas för att bedöma bergmassans kvalitet vid fältkartering eller vid kartering av borrhäna (Q-bas). Q-bas har beräknats enligt ekvation 6.

$$Q_{bas} = \left(\frac{RQD}{J_n}\right) \cdot \left(\frac{J_r}{J_a}\right)$$

Ekvation 6

Där:

RQD är Rock quality designation

J_n är sprickgruppstal

J_r är sprickråhetstal

J_a är sprickomvandlingstal

Tabell 10. Indata för beräkning av Q-bas. Värden baseras på nu utförda undersökningar samt tidigare utförd yt- och väggkartering. Värde för Jr/Ja har utvärderats per spricka.

Indata	Min	Max	Median	Medel	Typvärde
RQD	42,7	100	93,7	90,4	100
J _n	12	12	12*	12*	12*
J _r /J _a	0,2	7,0	1,75	2,05	3,0
Q-bas	1	44	12	15	25

* Bedömt (ej beräknat) median-, medel- samt typvärde.

Rock mass rating, RMR

RMR systemet kan precis som Q-systemet användas för att klassificera bergmassa och bedöma förstärkningsbehov, dels för bergkonstruktioner under mark, dels för bergslänter.

Bergmassan har klassificerats enligt RMR₈₉, för framtagande av basindexvärde, se ekvation 7 (Bieniawski,1989).

$$RMR_{BAS} = A1 + A2 + A3 + A4$$

Ekvation 7

Tabell 11. Beräkning av RMR_{BAS}. Värden på termer baseras på nu utförda undersökningar samt tidigare utförd yt- och väggkartering.

Indata	Min	Max	Median	Medel	Typvärde
A1 (σ_c)	7	15	12	12	12***
A2 (RQD)	8	20	20	20	20
A3 (Sprickavstånd)	15*	15*	15*	15*	15*
A4 (Sprickegenskaper)	8	30	20**	18	20**
RMR _{BAS}	38	80	67	65	67

* Antaget värde

** Bedömt (ej beräknat) median-, medel- samt typvärde.

*** Bedömt typvärde

Geological Strength Index, GSI

Geological strength index, GSI, har utvärderats baserat på befintliga bergskärningars utseende. För bedömningsunderlag, se Figur 10 till och med Figur 12. GSI bedöms generellt variera mellan 50 och 80, se Figur 9.

GSI kan även uppskattas med hjälp av erhållet värde för RMR_{BAS}, ekvation 8 (Trafikverket,2019). Används tidigare framräknat medelvärde för RMR_{BAS} erhålles GSI 60, vilket ligger inom ovan nämnt intervall.

$$GSI = RMR_{BAS} - 5 = 65 - 5 = 60$$

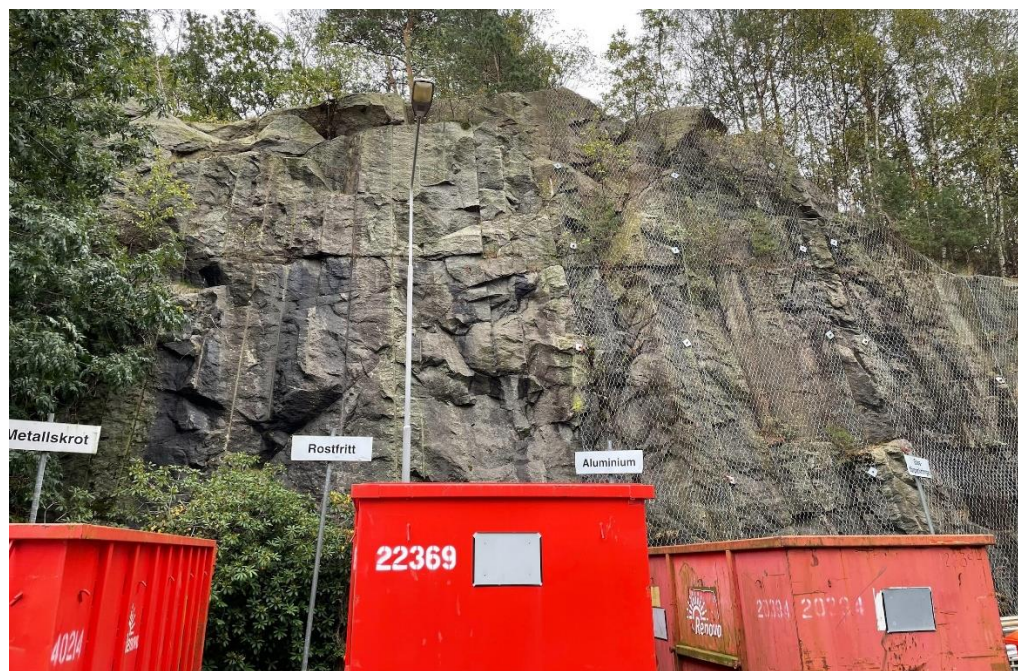
Ekvation 8

GSI Geological Strength Index (översatt från Hoek & Karzulovic, 2001, Hoek et al, 2002 och RocScience, 2014a)		SPRICKORS YTKVALITET				
STRUKTUR		MINSKANDE YTKVALITET				
	INTAKT ELLER MASSIV Intakt bergprov eller massivt berg in-situ med få sprickor och stort sprickavstånd.					
	BLOCKIG Väl fastlåsta kubiska block i icke tektoniskt påverkad bergmassa med tre sprickgrupper.					
	VÅLDIGT BLOCKIG Många fastlåsta block formade av fyra eller fler sprickgrupper i en delvis tektoniskt påverkad bergmassa.					
	BLOCKIG/PÅVERKAD Förkastad och/eller veckad bergmassa med kantiga block formade av många sprickgrupper.					
	DESINTEGRERAD Svagt fastlåsta block i en kraftigt uppsprucken bergmassa med blandning av kantiga och rundade block.					
	SKIKTAD/FOLIERAD Skiktad och tektoniskt skjuvad bergmassa. Avsaknad av blockighet p g a dominerande skiffrihet.					
		MINSKANDE LÅSNING MELLAN BLOCK				
		90	80	70	60	50
						40
						30
						20
						10
		N/A	N/A			

Figur 9. GSI-tabell för blockig bergmassa, aktuellt område markerat i rött.



Figur 10. Exempelbild bergskärning, vy mot SV.



Figur 11. Exempelbild bergskärning bakom rötammare, vy mot SO.



Figur 12. Exempelbild bergskärning bakom rötammare, vy mot VSV.



Figur 13. Exempelbild bergskärning längs med järnvägsspår, vy mot N.

Bergmassans mekaniska egenskaper

Utvärderade hållfasthetsgenskaper sprickplan

Sprickplanens hållfasthetsgenskaper har utvärderats baserat på angivna parametervärden enligt Q-systemet. Sprickplanens skjuvhållfasthet har antagits uppfylla Mohr-Coulombs brottkriterium, ekvation 9. Friktionsvinkel beräknas enligt ekvation 10. Ingen kohesion antas verka längs med sprickplanet, ekvation 11. Beräkningsmetodiken ger generellt en konservativ skattning av sprickplanens hållfasthetsgenskaper och kan tillämpas för plana sprickor med lite eller ingen fyllning (Trafikverket, 2019).

Medelvärde, maxvärde samt minvärde för borrhål BH1, BH2 samt BH4 redovisas i Tabell 12.

$$\tau = c_j + \sigma_n \tan(\phi_j) \quad \text{Ekvation 9}$$

$$\phi_j = \arctan\left(\frac{I_r}{J_a}\right) \quad \text{Ekvation 10}$$

$$c_j = 0 \quad \text{Ekvation 11}$$

Där

τ är sprickplanets skjuvhållfasthet

σ_n är normalspänning längs med sprickplanet

ϕ_j är sprickplanets friktionsvinkel

c_j är sprickplanets kohesion

Tabell 12. Bedömd friktionsvinkel enligt Mohr-Coulombs brottkriterium. Sprickplan med $J_r \geq 3$ har exkluderats från analysen i enlighet med beräkningsföresättningar för ekvation 10 (plana ytor).

Kärnborrhål	$\phi_{j.min}$ [°]	$\phi_{j.max}$ [°]	$\phi_{j.median}$ [°]	$\phi_{j.medel}$ [°]	$\phi_{j.typpvärde}$ [°]
KBH1	20,6	56,3	36,9	44,1	36,9
KBH2	20,6	56,3	36,9	45,4	56,3
KBH4	14,0	69,4	36,9	39,7	56,3
KBH samtliga	14,0	69,4	36,9	42,7	56,3
Ytkartering BE01	11,3	69,4	45,0	47,2	45,0
Samtliga KBH + Ytkartering BE01	11,3	69,4	45,0	45,0	56,3

Erhållna värden kan jämföras med empiriska värden för basfriktionsvinkeln på ovittrat berg. Basfriktionsvinkel för finkornig, fuktig granit 29–31° och basfriktionsvinkel för fuktig gnejs mellan ca 23–26° (Trafikverket, 2019).

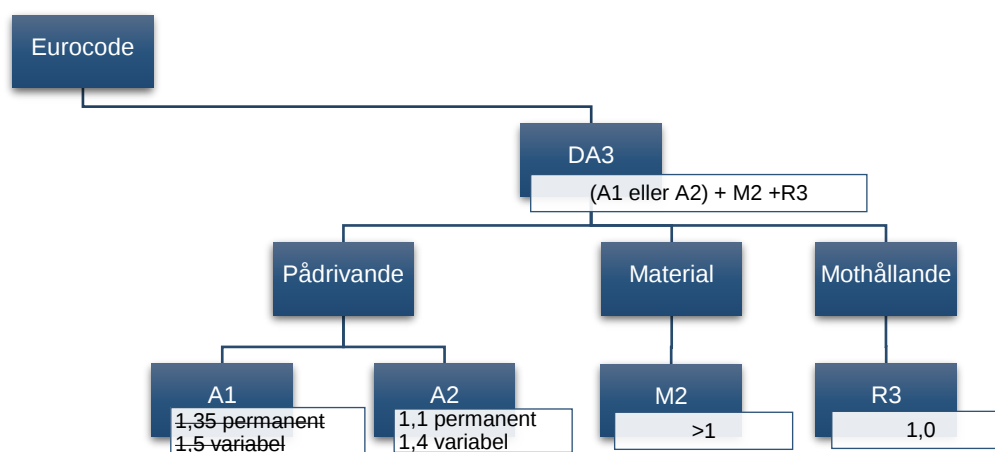
Bergmekanisk analys, förutsättningar och antaganden

Tillämpning av partialfaktorer

Analytiska beräkningar har utförts genom användande av partialkoefficientmetoden. En översikt av vald dimensioneringsmetodik (DA3) redovisas i Figur 14.

Objektet antas tillhöra geoteknisk kategori (GK) 3 varvid partialkoefficient för säkerhetsklass $\gamma_d = 1$. Förhållandet av pådrivande och mothållande krafter ska vara ≥ 1 .

Partialkoefficienter för samtliga pådrivande laster har beräknas enligt metod A2.



Figur 14. Översikt för val av partialfaktorer, (figur inspirerad illustration av Franzén, G. & Garin, H., U.Å.).

Tabell 13. Partialfaktorer enligt styrande dokument BFS 2011:10, EKS 8, SS-EN 1997-1:2005 samt SS-EN 1992-1-1:2005.

Partialfaktor	Beteckning	Värde
Säkerhetsklass GK3	γ_d	1,0
Last, permanent påförd ogynnsam geoteknisk last	$\gamma_{G.dst(DA3.A2)}$	1,1
Last, variabel påförd ogynnsam geoteknisk last	$\gamma_{G.dst(DA3.A2)}$	1,4
Material, bergmassa friktionsvinkel	$\gamma_{\phi.(DA3.M2)}$	1,3
Material, bergmassa kohesion	$\gamma_{c.(DA3.M2)}$	1,5
Material, bergmassa skjuvmotstånd	$\gamma_{R.(DA3)}$	1,0
Material, stålqualitet	γ_s	1,15
Material, betong hållfasthet	γ_c	1,5

Materialegenskaper bergmassa

Valda materialegenskaper för bergmassan baseras dels på empiri, dels på framräknade värden vid utförd klassificering av bergmassan. Valda värden presenteras i Tabell 14.

Tabell 14. Materialegenskaper bergmassa. Karakteristiska värden.

Materialegenskaper bergmassa	Beteckning	Karakteristiskt värde	Enhet
Bergmassans densitet	ρ	2700	kg/m ³

Valda materialegenskaper för sprickplan i bergmassan presenteras i Tabell 15. Valt värde på friktionsvinkel baseras medianvärde erhållet från KBH1, KBH2 och KBH4 (se Tabell 12). Det bör understrykas att bland karterade sprickplan, finns sprickplan vars friktionsvinkel bedömts till ett signifikant lägre värde. Val av medianvärde har gjorts eftersom det bedöms vara alltför konservativt att utvärdera schaktväggarnas övergripande stabilitet baserat på lägsta uppmätta värde. För de fall en lägre friktionsvinkel identifieras krävs därför en enskild utvärdering av stabilitet och förstärkningsbehov.

Tabell 15. Materialegenskaper sprickplan.

Materialegenskaper sprickplan	Beteckning	Karakteristiskt värde
Friktionsvinkel sprickplan, karakteristisk*	φ_{jk}	35,0°
Friktionsvinkel sprickplan, dimensionerande	φ_{jd}	28,3°
Kohesion sprickplan, karakteristisk	c_{jk}	0 kPa
Dilatationsvinkel	ψ_{jk}	0 °

Materialegenskaper bergförstärkning

Materialegenskaper för förstärkning redovisad i exempel presenteras i Tabell 16.

Tabell 16. Materialegenskaper bergförstärkning.

Materialegenskaper förstärkning	Beteckning	värde
Flytgränsvärde stål, Gewi Plus S670/800, kar.	$f_{yd.GPRB}$	670 MPa
Flytgränsvärde stål, Gewi Plus S670/800, dim.	$f_{yd.GPRB}$	582,6 MPa
Flytgränsvärde stål, K500, kar.	$f_{yk.K500}$	500 MPa
Flytgränsvärde stål, K500, dim.	$f_{yk.K500}$	434,7 MPa

Bergspänningsförhållanden

Till följd av intilliggande konstruktioner, grundlagda under markytan, bedöms det nuvarande spänningstillståndet kring planerat schakt och inloppstunneln vara svårbestämt. Konservativa antaganden har därför gjorts vid beräkning.

För beräkningar där låga bergspänningar är ogynnsamma har spänningstillståndet i bergmassan enbart antagits bero av gravitationen, ekvation 12 och 13 (Nordlund, Rådberg & Sjöberg, 1998).

$$\sigma_v = \rho gh \quad \text{Ekvation 12}$$

$$\sigma_H = \frac{v_m}{1-v_m} \sigma_v \quad \text{Ekvation 13}$$

Där:

ρ är bergmassans densitet

g är tyngdaccelerationen

h är bergtäckning

ν_m är Poissons tal

För beräkningar där höga horisontalspänningar är ogynnsamma har höga spänningstillstånd antagits överensstämma med ekvation 14 till ekvation 16, vilket baseras på tidigare utförda spänningsmätningar i Skandinavien (Stephansson, 1993). Största huvudspänning antas vara orienterad i nordvästlig-sydöstlig riktning.

$$\sigma_H = 2,8 + 0,0399z \quad \text{Ekvation 14}$$

$$\sigma_H = 2,2 + 0,0240z \quad \text{Ekvation 15}$$

$$\sigma_H = \rho g z \quad \text{Ekvation 16}$$

Undersökningar utförda i anslutning till Röda Sten, på andra sidan Göta Älv, indikerar dock att horisontalspänningarna i området kan vara signifikant högre. Största härledda huvudspänningen vid utförda bergspänningsmätningar varierar enligt Glamheden, Ek & Nilsson (1997) mellan 7 och 16 Mpa, med orientering i sydsydvästlig-nordnordvästlig riktning (103°). Undersökningarna är utförda på 70 m djup och avviker något mot förväntade värden på motsvarande djup. Resultaten från Röda Sten indikerar att primärspänningarna i området är högre än vad ovan nämnda antagande anger.

Grundvattenförhållanden

Inga grundvattenmätningar har utförts i detta skede. Tidigare utvärdering av grundvattenytans läge har utförts i de nordvästra delarna av området, se rapport "Uppföljning av kontrollprogram – Utvärdering av grundvattennivåer i Rya Skog, juni 2005-september 2006, rev 2006-11-22, Ramböll".

Tidigare grundvattenmätningar utförda i anslutning till Rya Skog, belägen nordväst om centralbyggnaden, visar att grundvattenytan i det nedre magasinet är beläget på nivå ca +7,9 (+17,84 enligt GH88) i den mätpunkt där högst grundvattennivåer noterats. Enligt underlag strömmar vatten från Rya Skog mot bassängerna i öst som är grundlagda på sprängstensfyllning.

Då underlag avseende grundvattenyta i direkt anslutning till aktuellt område saknas, antas grundvattenytan i området följa bergöverytan.

Laster ovan släntrönn

Preliminära laster erhållna från beställare redovisas i tabell.

Tabell 17. Konstruktionslaster

Slänt	Karaktäristiskt värde last	
N1	20 kPa	Trafiklast
N1 Utbyggnad	20 kPa 160 kN/m 50 kPa	Trafiklast Konstruktionslast släntrön Konstruktionslast
N2	265 kN/m 550 kN/m 690 kN/m	Konstruktionslast släntrön, sektion A Konstruktionslast pelare, sektion B Konstruktionslast pelare, sektion B
S	20 kPa 72 kPa	Trafiklast Last ovanliggande jordmassor
E	240 kN/m 110 kPa	Konstruktionslast släntrön, pelare Konstruktionslast
V1	440 kN/m 200 kPa	Konstruktionslast släntrön Konstruktionslast
V2	20 kPa	Trafiklast

Bergmekanisk analys schaktväggar (empirisk)

En översiktlig analys av schaktväggarnas förstärkningsbehov har utförts med hjälp av Q-systemet.

Förstärkningsbehovet har utvärderats baserat på lägsta förväntade värde samt medianvärde. Den något konservativa värderingen motiveras främst av osäkerheter avseende sprickegenskaper i området, då tidigare undersökningar påvisat lerfyllda slag eller strukturer med annan lågfiktionsfyllning.

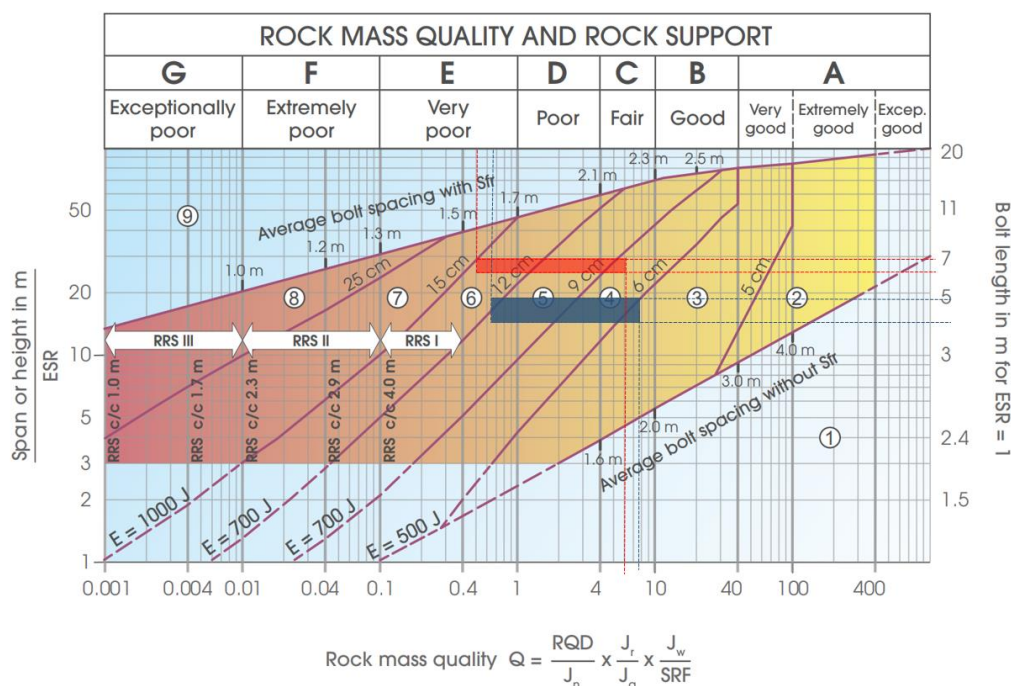
Vid utförd kärnkartering uppvisar ett av borrhålen, KBH4 något sämre kvalitet än övriga, till följd av detta antas 30 % av bergmassan ha mycket dålig- till dålig kvalitet och 70 % av bergmassan antas ha acceptabel kvalitet. Uppskattad förstärkningsmängd för schaktväggar redovisas i Tabell 19 och Tabell 20.

Erhållna värden ska betraktas med försiktighet. För utvärdering av förstärkningsbehov är det viktigt att en undersökning av de geologiska förhållandena utförs i direkt anslutning till planerade schaktväggar. Till exempel krävs ökad förstärkningsmängd i anslutning till svaghetszoner och längre bultar kan också vara nödvändiga vid ogynnsamma sprickorienteringar (exempelvis för östra schaktväggen där större kilar kan bildas). Q-systemet beaktar dessutom inte laster placerade i anslutning till släntrön.

Tabell 18. Beräkning av Q-värde för schaktväggar baserat på Q-bas.

Slänt	Höjd [m]	Längd [m]	J _w	SRF	Q _{Bas.MIN}	Q _{Bas.Median}	Q _{MIN.} VÄGG*	Q _{MEDIAN.} VÄGG*	Q _{TYP.} VÄGG*
N1	28	22	0,50	2,5	1	12	0,50	6	12,5
N2	12	41	0,66	2,5	1	12	0,66	7,9	16,5
S	25	43	0,50	2,5	1	12	0,50	6,0	12,5
E	14	93	0,66	2,5	1	12	0,66	7,9	16,5
V1	28	40	0,50	2,5	1	12	0,50	6,0	12,5
V2	18	32	0,66	2,5	1	12	0,66	7,9	16,5

* Erhållet Q-värde har multiplicerats med 2,5 pga väggförstärkning och Q värde inom intervall 0,1<Q<10



Figur 15. Utvärdering av erforderlig förstärkningsmängd mha Q-systemet. Excavation support ratio, ESR, har satts till 1, vilket omfattar konstruktioner så som vattenreningsverk. Bultavstånd i diagrammet är baserat på bultar med bultdiameter > 20 mm.

Tabell 19. Uppskattat förstärkningsbehov baserat på Q-systemet. Slänter högre än 20 m. 30 % av släntarean antas utgöras av "mycket dålig- till dåligt berg", 70 % av släntarean antas utgöras av "acceptabelt berg".

Slänt	Area [m ²]	C/C (Q > 0,5)	C/C (Q > 6,0)	Spbtg (Q > 0,5)	Spbtg (Q > 6,0)	Bultlängd	Bult	Sprutbetong 15 cm
N1	616	1,5 m	1,7 m	15 cm	-	7 m	231 st	190 m ²
S	1075	1,5 m	1,7 m	15 cm	-	7 m	404 st	325 m ²
V1	1120	1,5 m	1,7 m	15 cm	-	7 m	421 st	335 m ²

Tabell 20. Uppskattat förstärkningsbehov baserat på Q-systemet. Slänter lägre än 20 m. 30 % av släntarean antas utgöras av "mycket dålig- till dåligt berg", 70 % av släntarean antas utgöras av "acceptabelt berg".

Slänt	Area [m ²]	C/C (Q > 0,6)	C/C (Q > 7,9)	Spbtg (Q > 0,6)	Spbtg (Q > 7,9)	Bultlängd	Bult	Sprutbetong 12 cm
N2	492	1,6 m	1,8 m	12 cm	-	5 m	164 st	150 m ²
E	1302	1,6 m	1,8 m	12 cm	-	5 m	434 st	395 m ²
V2	576	1,6 m	1,8 m	12 cm	-	5 m	192 st	175 m ²

Bergmekanisk analys schaktväggar (analytisk)

En kil- och stabilitetsanalys har utförts för samtliga schaktväggar. Analysen utförs i syfte att identifiera potentiella brottformer, möjlig geometri på instabila block samt en översiktlig utvärdering av erforderlig förstärkning för instabila block.

Kilanalys schaktväggar

Kilanalysen har utförts med programvaran DIPS (RockScience, version 7.016). Analyserade brottformer omfattar planbrott, kilbrott samt överstjälpning.

En sammanställning av resultatet från kilanalyserna redovisas Tabell 21.

Baserat på erhållet resultat bedöms risken för plant brott vara störst för norra schaktväggen. Kilbrott bedöms kunna inträffa i samtliga schaktväggar, störst risk bedöms dock föreligga i den norra och den östra schaktväggen. Risk för överstjälpning bedöms vara störst i den södra schaktväggen.

Analysen presenteras i sin helhet i bilaga 1.

Tabell 21. Sammanställning av resultat från kilanalys.

Färgskalan i tabellen indikerar procentuell andel av totalt antal inmätta sprickplan (oberoende av sprickgrupp) som medverkar till någon av brottformerna plant brott, kilbrott eller överstjälpning för de olika schaktväggarna. Mörkare färgsättning indikerar att en högre andel av inmätta sprickplan kan medföra brott. Angivna sprickgrupper bedöms vara de som huvudsakligen bidrar till brott inom respektive slänt. Kilanalysen har utförts underförutsättning att slänten är helt vertikal (dvs lutning 90°), sprickplanens friktionsvinkel är ansatt till $\varphi_{\text{dim}}=28^\circ$.

Slänt:		Orientering [°]	Längd [m]	Plant brott	Kilbrott	Överstjälpning
Norra	N1	95/90	22	SG1, SG3	SG2, SG3	SG1, SG2, SG3
Norra	N2	95/90	41	SG1, SG3	SG2, SG3	SG1, SG3
Södra	S	310/90	43	SG1		SG1, SG2
Östra	E	220/90	93	SG3	SG1, SG2, SG3	SG2
Västra	V1	5/90	40			SG2
Västra *	V2	35/90	32			

* Bergab 1988 nämner sprickplan med stupning mot sydost, vilka noterats i de västra delarna av det då undersökta området. Dessa har inte identifierats som en sprickgrupp vid nu utförda undersökningar. Förekommer dessa sprickplan i anslutning till västra väggen kan det medföra risk för plant brott i schaktvägg i anslutning till inloppstunnel. Se kommentar på sida 7–8.

Stabilitetsanalys schaktväggar

Baserat på utförd kilanalys, har stabilitetsanalyser utförts för de schaktväggar och brottfall som bedömts kritiska. Stabilitetsanalysen omfattar plant brott och kilbrott.

Beräkningsantaganden

Följande antaganden har gjorts:

- ❖ Analys har utförts för schaktväggar med lutning uppgår till 8:1 och 5:1
- ❖ Potentiella kilars utbredning begränsas av antagen schaktgeometri (l.e schaktväggens höjd och längd).
- ❖ Potentiella kilars utbredning in i slänt har begränsats till 15 m bakom släntröner
- ❖ Vattentryck antas vara 0 kPa vid antagen grundvattenyta (släntröner) och antas därefter öka proportionerligt mot djupet.
- ❖ Förankring antas installeras i horisontellt. Analys av bultars installationsvinkel har ej utförts i detta skede, men bör beaktas vid fortsatt projektering. Vid användning av förspända förankringar får exempelvis förankringen inte orienteras på ett sådant sätt att uppspänningskraften riskerar att verka som en pådrivande kraft.

Plant brott (analytisk beräkning)

För att plant brott ska kunna inträffa måste sprickplanet måste löpa parallellt med schaktväggen ($\pm 20^\circ$), sprickplanets lutning måste vara mindre än schaktväggens lutning och avskärningsytor (e.g. slumpvisa sprickplan orienterade vinkelrätt slänten) måste existera så att utglidning tillåts.

Stabilitetsanalys avseende plant brott har utförts genom analytiska beräkningar. Blockens säkerhet mot utglidning och dess förstärkningsbehov har utvärderats enligt ekvation 17–18 (Wyllie & Mah, 2005). Ekvation 19 har använts vid beräkning med ospänd förankring. I tillägg till blockets tyngd medräknas även last från ovanliggande jordmassor och konstruktioner enligt samma princip när så är tillämpligt.

Vattentryck beräknas enligt ekvation 20.

$$F_{s.O\text{förstärkt}} = \frac{\text{Mothållande krafter}}{\text{Pådrivande krafter}} = \frac{c_j A + (W \cos \psi_p - U) \tan \varphi_j}{W \cos \psi_p} \quad \text{Ekvation 17}$$

$$F_{s.F\text{örstärkt.förspänd}} = \frac{\text{Mothållande krafter}}{\text{Pådrivande krafter}} = \frac{c_j A + (W \cos \psi_p - U + T \sin(\psi_t + \psi_p)) \tan \varphi_j}{W \cos \psi_p - T \cos(\psi_t + \psi_p)} \quad \text{Ekvation 18}$$

$$F_{s.F\text{örstärkt.ospänd}} = \frac{\text{Mothållande krafter}}{\text{Pådrivande krafter}} = \frac{c_j A + (W \cos \psi_p - U) \tan \varphi_j + T \cos(\psi_t + \psi_p)}{W \cos \psi_p} \quad \text{Ekvation 19}$$

$$U = \frac{1}{2} \frac{z_w^2}{\sin \psi_p} \gamma_w \quad \text{Ekvation 20}$$

Där:

F_s är blockets säkerhetsfaktor mot glidning

c_j är sprickplanets kohesion [kPa]

ψ_p är sprickplanets stupning

A är glidplanets area [m²/m]

W är blockets tyngd [kN/m]

U är upplyftande kraft pga vattentryck längs med sprickplanets glidyta [kN/m]

V är upplyftande kraft pga vatten i dragspricka [kN/m]

T är total uppspänningskraft [kN/m]

ψ_t är förankringens installationsvinkel (mätt nedåt från horisontalplanet)

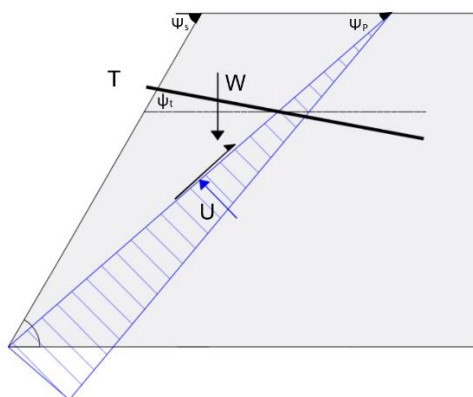
s är erforderligt horisontellt avstånd mellan förstärkning

T_B är uppspänningskraft för en förankring

n är antal förankringar [antal/m]

z_w är vattenpelarens höjd i bergmassan [m]

γ_w vattnets tunghet [kN/m³]



Figur 16. Principskiss beräkningsmetodik plant brott.

Förstärkningsbehovet har bestämts genom att utvärdera det horisontella tryck som krävs för att stabilisera planet, dvs säkerhetsfaktor ≥ 1 . Aktivt tryck representerar tryck mot släntyta från förspänd förankring medan passivt tryck representerar tryck mot släntyta från ospänd förankring.

Bultmönster kan uppskattas genom ekvation 21. Partialfaktor för stålets kapacitet ska inkluderas i denna beräkning.

$$c = \sqrt{\frac{F_{dim.bult}}{\text{Erforderligt tryck}}}$$

Ekvation 21

Där:

$F_{dim.bult}$ är bultens dimensionerande kapacitet för bult.

Resultat

Resultat av beräkningar avseende plant brott redovisas nedan. Exempelberäkning avseende förstärkningsmängd redovisas nedanför.

Tabell 22. Beräkningsresultat plant brott, släntlutning 8:1. Slanter där plant brott inte bedöms inträffa till följd av identifierade sprickgrupper markeras med streck.

Slänt 8:1	Höjd [m]	Längd [m]	Area [m ²]	Antagen stupning sprickplan [°]	Erforderlig kapacitet från förstärkning (aktivt) [kPa]	Erforderlig kapacitet förstärkning (passivt) [kPa]
N1	28	22	616	70–90* (60–90**)	190* (220**)	290* (350**)
N1Utbyggnad	25	22	550	70–90* (60–90**)	190* (220**)	320* (370**)
N2	12	41	492	70–90* (60–90**)	110* (150**)	190* (290**)
S	25	43	1075	80–90* (70–90**)	130* (190**)	140* (315**)
E	14	93	1302	60–90* (50–90**)	170* (170**)	300* (300**)
V1	28	40	1120	-	-	-
V2	18	32	576	-	-	-

* Sprickplanets stupning 68,26 % variabilitet, dvs 84±15 för SG1samt 79±20 för SG3

** Sprickplanets stupning 95,44 % variabilitet, dvs 84±25 för SG1 samt 79±30 för SG3

Tabell 23. Beräkningsresultat plant brott, släntlutning 5:1. Slanter där plant brott inte bedöms inträffa till följd av identifierade sprickgrupper markeras med streck.

Slänt 5:1	Höjd [m]	Längd [m]	Area [m ²]	Antagen stupning sprickplan [°]	Erforderligt tryck från förstärkning (aktivt) [kPa]	Erforderligt tryck från förstärkning (passivt) [kPa]
N1	28	22	616	70–90* (60–90**)	160* (200**)	200* (290**)
N1Utbyggnad	25	22	550	70–90* (60–90**)	160* (200**)	230* (310**)
N2	12	41	492	70–90* (60–90**)	90* (140**)	150* (270**)
S	25	43	1075	- (70–90**)	- * (160**)	- * (220**)
E	14	93	1302	60–90* (50–90**)	150* (160**)	260* (270**)
V1	28	40	1120	-	-	-
V2	18	32	576	-	-	-

* Sprickplanets stupning 68,26 % variabilitet, dvs 84±15 för SG1 samt 79±20 för SG3

** Sprickplanets stupning 95,44 % variabilitet, dvs 84±25 för SG1 samt 79±30 för SG3

Exempel på förstärkningsmängd slänt N1 i anslutning till utbyggnad vid släntlutning 8:1 samt användning av passiv förstärkning. Sprickplanets stupning 60–90°. För exempelberäkning används Gewi Plus Rock bolt 670 Mpa, Ø50 mm :

$$F_{dim.bult} = 670 \text{ Mpa} \cdot \frac{\pi \cdot 0,05^2}{4 \cdot 1,15} = 1143,9 \text{ kN}$$

$$c = \sqrt{\frac{F_{dim.bult}}{\text{Erforderligt tryck}}} = \sqrt{\frac{1143,9}{370}} = 1,76 \text{ m} \rightarrow cc \text{ } 1,75 \text{ m}$$

Exempel på förstärkningsmängd slänt N1 i anslutning till utbyggnad vid släntlutning 5:1 samt användning av passiv förstärkning:

$$c = \sqrt{\frac{F_{dim.bult}}{\text{Erforderligt tryck}}} = \sqrt{\frac{1143,9}{290}} = 1,98 \text{ m} \rightarrow cc \text{ } 1,95 \text{ m}$$

Kilbrott (analytisk beräkning mha programvaran Swedge)

Stabilitetsanalys avseende kilbrott har utförts med hjälp av programvaran Swedge (RocScience, version 7.014).

Förstärkningsbehov har utvärderats för kilar som bildas av strukturer orienterade enligt huvudsprickgruppernas medelvärde. I tillägg har mest kritiska kil avseende säkerhetsfaktor använts för uppskattning av förstärkningsbehov för respektive slänt. Förstärkningsbehov för mest kritiska kil har utförts genom sannolikhetsbaserad analys med underlag från utförda karteringar.

Last från ovanliggande jordmassor och konstruktioner har beaktats när så är tillämpligt. Partialfaktorer har tillämpats enligt Tabell 13. Det bör nämnas att vid användning av partialfaktorer för last i Swedge bidrar den ökade ogynnsamma lasten även till en ökad normalkraft på sprickplanet, vilken bidrar till ökat skjuvmotstånd. I praktiken kan detta medföra att flacka kilar får en högre säkerhetsfaktor med partialfaktor än utan. Till följd av relativt brantstående sprickplan i nuvarande analys har inga åtgärder vidtagits för att justera detta. Denna frågeställning bör dock beaktas vid fortsatt projektering.

Tabell 24. Uppskattade laster, anpassade för Swedge, ovan släntröen. Kilar antas nå minst 3 m bakom släntröen vilket gör att ett medelvärde av avstånd till fasad, linjelast för fasad och konstruktionslast under platta används. För kilar av medelstorlek har laster anpassats kilens aktuella geometri i så stor utsträckning som möjligt.

Slänt	Last	
N1	20 kPa	Variabel ogynnsam (trafiklast)
N1Utbyggnad	105 kPa	Permanent ogynnsam (antaget medelvärde ovanliggande konstruktion i anslutning till släntröen)
N2	205 kPa	Permanent ogynnsam (antaget medelvärde ovanliggande konstruktion i anslutning till släntröen)
S	100 kPa	Permanent ogynnsam (ovanliggande jordmassor + trafiklast*)
E	155 kPa	Permanent ogynnsam (antaget medelvärde ovanliggande konstruktion i anslutning till släntröen)
V1	280 kPa	Permanent ogynnsam (antaget medelvärde ovanliggande konstruktion i anslutning till släntröen)
V2	20 kPa	Variabel ogynnsam (trafiklast)

* Justerat värde för att erhålla lastfaktor motsvarande variabel ogynnsam last

Vattentryck beräknas enligt "peak pressure toe", ekvation 22, vilket motsvarar beräkningsmetodik som använts vid analys av plant brott. Framräknade medeltryck Swedge är något lägre än det medelvärde som används vid analytisk beräkning av plant brott till följd av blockens geometri.

$$u_1 = u_2 = \frac{\gamma_w \cdot H_w}{3} \quad (\text{ekvation 22})$$

Där:

u_1 är medelvattentrycktryck längs sprickplan 1

u_2 är medelvattentrycktryck längs sprickplan 2

H_w är kilens totala höjd

Förstärkningsbehovet har bestämts genom att utvärdera det horisontella tryck som krävs för att stabilisera samtliga kilar, dvs säkerhetsfaktor ≥ 1 . Aktivt tryck representerar tryck mot släntyta från förspänd förankring medan passivt tryck representerar tryck mot släntyta från ospänd förankring.

För kilar av medelstorlek har detta utförts genom att utvärdera erforderligt bultbehov i Swedge (RocScience, 2022a) och därefter dividera detta med kilens yta mot schaktet. På detta sätt kan

bultarnas verkningsätt och effektivitet beaktas av programvaran (e.g. skjuvning vid brantstående strukturer).

För sannolikhetsbaserad analys har ett tryck, verksamt i horisontalplanet, i stället applicerats på samtliga kilar (RocScience, 2022b). Detta förfarande innebär att bultens verkningsätt och effektivitet inte beaktas vid analys, utan reducering av bultens bärkraft beaktas i efterföljande beräkningssteg.

Bultmönster kan uppskattas genom ekvation 21. Partialfaktor för stålets kapacitet ska inkluderas i denna beräkning.

Resultat

Enligt utförda analyser kan kilbrott ske i samtliga slänter till följd av sprickornas variation inom respektive sprickgrupp. Generellt bedöms brantstående kilar kunna bildas i anslutning till släntröner. I den östra och den norra slänten finns även risk för större kilbildning och blockutfall. Medelkilar som bildas till följd av huvudsprickgrupper i östra slänten redovisas i Figur 17 t.o.m. Figur 22.

För samtliga slänter har en överslagsberäkning av förstärkningsbehov utförts för mest kritiska kil avseende säkerhetsfaktor. Resultat redovisas i Tabell 27 och Tabell 28.

Tabell 25. Stabilitetsanalys av kilar som bildas av sprickplan med medelorientering i sprickgrupp SG1, SG2 och SG3. Släntlutning 8:1. Partialfaktor för stål har inte beaktats i detta beräkningssteg.

Slänt 8:1	Höjd [m]	Längd [m]	Area [m ²]	Erforderligt tryck från förstärkning (aktivt) [kPa]	Erforderligt tryck från förstärkning (passivt) [kPa]
E _{SG1&SG2}	14	93	1302	35	40
E _{SG1&SG3}	14	93	1302	185	285
E _{SG2&SG3}	14	93	1302	160	230

Tabell 26. Stabilitetsanalys av kilar som bildas av sprickplan med medelorientering i sprickgrupp SG1, SG2 och SG3. Släntlutning 5:1. Partialfaktor för stål har inte beaktats i detta beräkningssteg.

Slänt 5:1	Höjd [m]	Längd [m]	Area [m ²]	Erforderligt tryck från förstärkning (aktivt) [kPa]	Erforderligt tryck från förstärkning (passivt) [kPa]
E _{SG1&SG2}	14	93	1302	37	40
E _{SG1&SG3}	14	93	1302	170	170
E _{SG2&SG3}	14	93	1302	145	185

Exempel på förstärkningsmängd slänt E vid släntlutning 8:1 vid användning av passiv förstärkning. För exempelberäkning används Gewi Plus Rock bolt 670 Mpa, Ø50 mm :

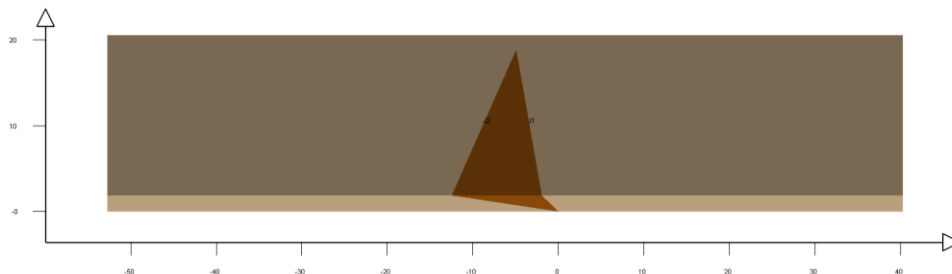
$$F_{dim.bult} = 670 \text{ Mpa} \cdot \frac{\pi \cdot 0.05^2}{4 \cdot 1.15} = 1143,9 \text{ kN}$$

$$c = \sqrt{\frac{F_{dim.bult}}{\text{Erforderligt tryck}}} = \sqrt{\frac{1143,9}{285}} = 2,00 \text{ m} \rightarrow \text{cc } 2,00 \text{ m}$$

Exempel på förstärkningsmängd slänt E vid släntlutning 5:1 vid användning av passiv förstärkning:

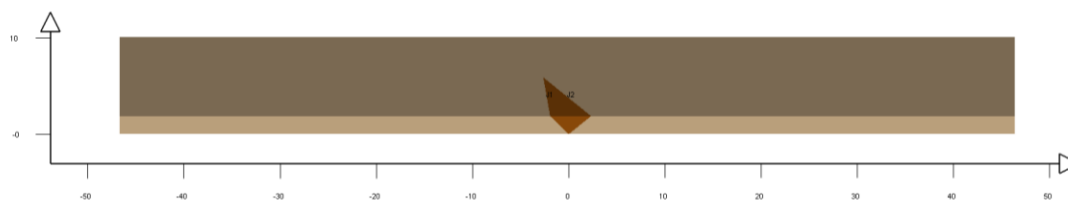
$$c = \sqrt{\frac{F_{dim.bult}}{\text{Erforderligt tryck}}} = \sqrt{\frac{1143,9}{185}} = 2,48 \text{ m} \rightarrow \text{cc } 2,45 \text{ m}$$

Släntlutning 8:1



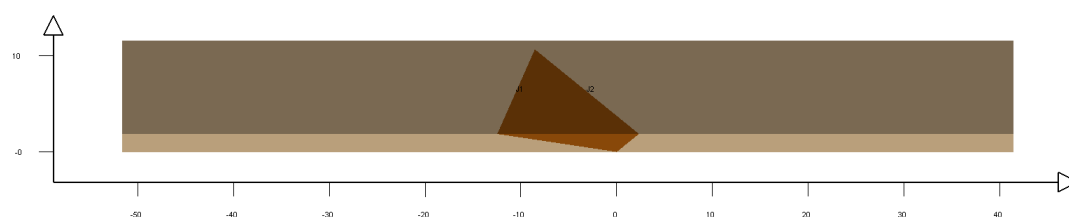
Figur 17. Medelkil östra slänten till följd av SG1 och SG2. Utsträckning bakom släntrön uppgår till 17 m om inga restriktioner avseende kilens utbredning in i slänt tillämpas. Initial beräkning baseras på $ytlast = (10 \cdot 240 + 79 \cdot 110) / 89 \approx 125$ kPa. Laster verkar stabiliserande på kilen. Kilen uppnår säkerhetsfaktor ≥ 1 med ytlast. Utan ytlast är kilens säkerhetsfaktor 0,49. Det krävs 35 kPa aktiv kapacitet respektive 35 kPa passiv kapacitet för att stabilisera kil utan ytlast (partialfaktor för stål ej inkluderat).

Släntlutning 8:1



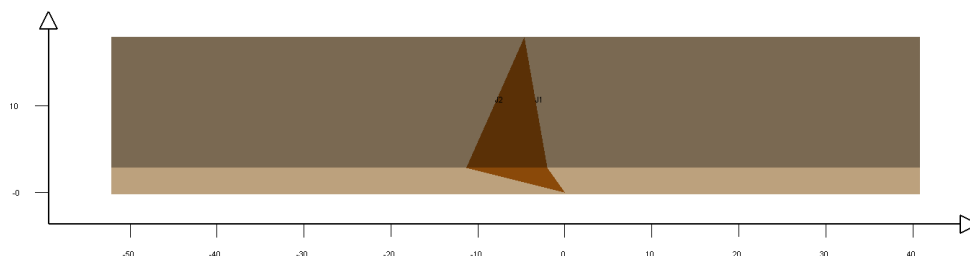
Figur 18. Medelkil östra slänten till följd av sprickgrupp SG1 och SG3. Utsträckning bakom släntrön 4,0 m om inga restriktioner avseende kilens utbredning in i slänt tillämpas. Initial beräkning baseras på $ytlast = (4 \cdot 240 + 4,5 \cdot 110) / 8,5 \approx 175$ kPa. Kilen har säkerhetsfaktor 0,1 före förstärkning. Det krävs 185 kPa aktiv kapacitet respektive 285 kPa passiv kapacitet för att stabilisera kil utan ytlast (partialfaktor för stål ej inkluderat).

Släntlutning 8:1



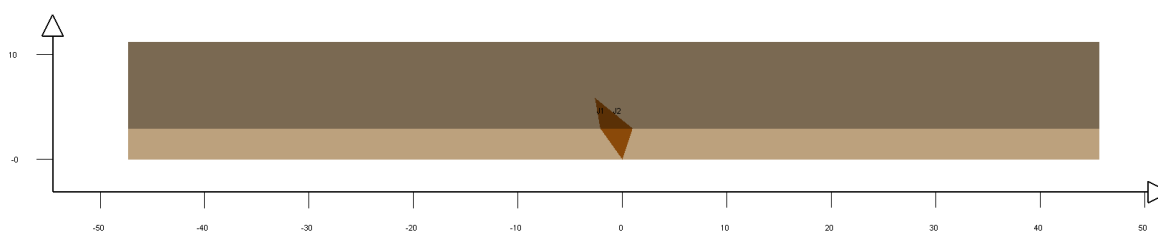
Figur 19. Medelkil östra slänten till följd av SG2 och SG3. Utsträckning bakom släntrön 8,8 m om inga restriktioner avseende kilens utbredning in i slänt tillämpas. Initial beräkning baseras på $ytlast = (15 \cdot 240 + 50 \cdot 110) / 65 \approx 140$ kPa. Kilen har säkerhetsfaktor 0,38 före förstärkning. Det krävs 160 kPa aktiv kapacitet respektive 230 kPa passiv kapacitet för att stabilisera kilen (partialfaktor för stål ej inkluderat).

Släntlutning 5:1



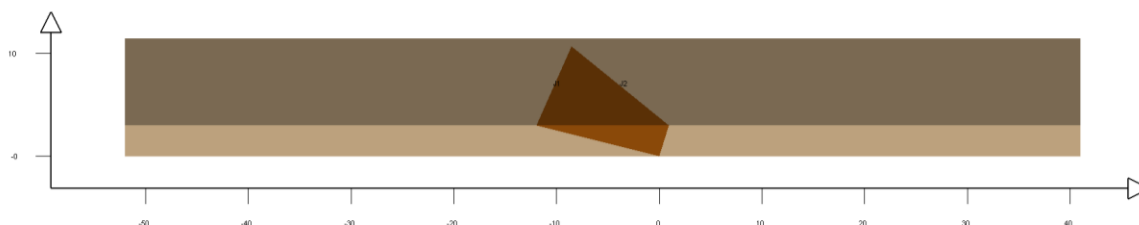
Figur 20. Medelkil östra slänten till följd av SG1 och SG2. Utsträckning bakom släntrön uppgår till 16 m om inga restriktioner avseende kilens utbredning in i slänt tillämpas. Initial beräkning baseras på $ytlast = (12,0 \cdot 240 + 65 \cdot 110) / 77 \approx 130$ kPa. Laster verkar stabiliserande på kilen. Kilen uppnår säkerhetsfaktor ≥ 1 med ytlast. Utan ytlast är kilens säkerhetsfaktor 0,49. Det krävs 40 kPa aktiv respektive 40 kPa passiv kapacitet för att stabilisera kil utan ytlast (partialfaktor för stål ej inkluderat i beräkning).

Släntlutning 5:1



Figur 21. Medelkil östra slänten till följd av sprickgrupp SG1 och SG3. Utsträckning bakom släntrön 3 m om inga restriktioner avseende kilens utbredning in i slänt tillämpas. Initial beräkning baseras på $ytlast = (3,0 \cdot 240 + 1 \cdot 110) / 4 \approx 210$ kPa. Kilen har säkerhetsfaktor 0,1 före förstärkning. Det krävs 170 kPa aktiv respektive passiv kapacitet för att stabilisera kilen (partialfaktor för stål ej inkluderat i beräkning).

Släntlutning 5:1



Figur 22. Medelkil östra slänten till följd av SG2 och SG3. Utsträckning bakom släntrön 7,7 m om inga restriktioner avseende kilens utbredning in i slänt tillämpas. Initial Beräkning baseras på $ytlast = (13 \cdot 240 + 36 \cdot 110) / 49 \approx 145$ kPa. Kilen har säkerhetsfaktor 0,28 före förstärkning. Det krävs 145 kPa aktiv kapacitet respektive 185 kPa passiv kapacitet för att stabilisera kilen (partialfaktor för stål ej inkluderat i beräkning).

Tabell 27. Överslagsberäkning - Erforderligt horisontellt tryck mot slänt som krävs för samtliga kilar ska uppnå säkerhetsfaktor ≥ 1 . Släntlutning 8:1 (82,9°). Bultens hållfasthet m.a.p installationsvinkel eller partialfaktor för stål har inte beaktats i detta beräkningssteg.

Slänt 8:1 (82,9°)	Höjd [m]	Längd [m]	Area [m ²]	Medelkilsprickplan bildar kilar	Erforderligt effektivt tryck (aktivt) [kPa]	Erforderligt effektivt tryck (passivt) [kPa]
N1	28	22	616	-	130	220
N1Utbyggnad	25	22	550	-	135	250
N2	12	41	492	-	115	235
S	25	43	1075	-	140	240
E	14	93	1302	Ja	125	240
V1	28	40	1120	-	160	440*
V2	18	32	576	-	90	170

* Det höga tryck som krävs för att stabilisera kilar i slänt V1 kan eventuellt härledas till den relativt höga last som påförs slänt i anslutning till släntröten i kombination med relativt brantstående kilar.

Tabell 28. Överslagsberäkning - Erforderligt horisontellt tryck mot slänt som krävs för samtliga kilar ska uppnå säkerhetsfaktor ≥ 1 . Släntlutning 5:1 (78,7°). Bultens hållfasthet m.a.p installationsvinkel eller partialfaktor för stål har inte beaktats i detta beräkningssteg.

Slänt 5:1 (78,7°)	Höjd [m]	Längd [m]	Area [m ²]	Medelkilsprickplan bildar kilar	Erforderligt effektivt tryck (aktivt) [kPa]	Erforderligt effektivt tryck (passivt) [kPa]
N1	28	22	616	-	150**	180
N1Utbyggnad	25	22	550	-	130	210
N2	12	41	492	-	100	180
S	25	43	1075	-	140	170
E	14	93	1302	Ja	110	200
V1	28	40	1120	-	145	365*
V2	18	32	576	-	80	150

* Det höga tryck som krävs för att stabilisera kilar i slänt V1 kan härledas till den relativt höga last som påförs slänt i anslutning till släntröten i kombination med relativt brantstående kilar.

**Troligtvis genereras ett högre förstärkningsbehov än vid släntlutning 8:1 på grund av att små smala kilar trycks upp längs med sprickplanet till följd av inspänningskraften. I praktiken mer gynnsam kilbildning med släntlutning 5:1 så länge inspänningskraftens orientering beaktas.

Exempel på förstärkningsmängd slänt V1 vid släntlutning 8:1 vid användning av passiv förstärkning. Bultar antas verka i skjuvning, vilket har beaktats genom von-Mises brottkriterium, varav bultkapacitet divideras med roten ur 3. För exempelberäkning används Gewi Plus Rock bolt 670 Mpa, Ø50 mm :

$$F_{dim.bult} = 670 \text{ Mpa} \cdot \frac{\pi \cdot 0.05^2}{4 \cdot 1.15\sqrt{3}} = 660,4 \text{ kN}$$

$$c = \sqrt{\frac{F_{dim.bult}}{\text{Erforderligt tryck}}} = \sqrt{\frac{660,4}{440}} = 1,22 \text{ m} \rightarrow \text{cc } 1,20 \text{ m}$$

Exempel på förstärkningsmängd slänt V1 vid släntlutning 5:1 vid användning av passiv förstärkning:

$$c = \sqrt{\frac{F_{dim.bult}}{\text{Erforderligt tryck}}} = \sqrt{\frac{660,4}{365}} = 1,35 \text{ m} \rightarrow \text{cc } 1,35 \text{ m}$$

Jämförelse referensprojekt

I rapporten "Förstärkning av glidbenäget berg nära byggnader" av Karlsson (1976) beskrivs förstärkningsmetodik för en ca 9–12 m hög slänt på Chalmersområdet, med släntkrön intill befintlig byggnad.

Bergförstärkning för ovan nämnda slänt bestod av förspända linor, vilka installerades successivt i samband med berguttag. Varje förankring hade kapacitet att klara last från aktuell pall samt nästkommande pall. Linförankringens dimensionerande kapacitet uppgick till 1500 kN per förankring. För en 9–12 m hög slänt innebär detta förfarande 3–4 st rader med förankringar, vilket ger en total kapacitet på ca 4500–6000 kN per installerad sektion. Till följd av begränsad möjlighet att inspektera linförankringen och begränsad möjlighet att byta ut eventuella defekta förankringar efter släntens färdigställande tillgodosågs inte tillskottet av normalkraft på sprickytan. Förankringen antogs med andra ord ha ett passivt verkningsätt.

Före berguttag installerades förstärkning ($\varnothing$ 25 mm) ovan släntkrön med ett S-avstånd på 0,5 m. Berguttag utfördes därefter genom slätsprängning. För att reducera risken för skador på redan installerade förankringar borrades hål med ett avstånd 0,2 m där enbart vartannat hål laddades. Efter berguttag applicerades sprutbetong på partier där behov ansågs föreligga.

Baserat på principskiss och foto över färdig bergvägg i publicerad rapport bedöms c/c avstånd för linförankringen uppgå till ca 2,5·2 m, vilket medför en lastupptagningsförmåga motsvarande ca 300 kPa. Vilket kan jämföras med resultat presenterat i Tabell 22 och Tabell 23 samt Tabell 25 och Tabell 26.

Linförankringens totala längd anges ej, men baserat på principskiss av ca 9–12 m hög slänt bedöms längden variera mellan ca 8 och 16 m. Längden styrs av bergsläntens höjd samt lutning på förväntat sprickplan.

Kommentarer till bergmekanisk analys av schaktväggar

- ❖ Den utförda stabilitetsanalysen ger en översiktlig bild av stabilitetsförhållandena i området. Ytterligare analyser krävs vid fortsatt projektering.
- ❖ Vid utförd stabilitetsanalys har kilstorlek begränsats till att nå maximalt 15 m bakom släntröna. Större kilar kan förekomma. Exempelvis bedöms kilar i östra schaktväggen kunna ha större utbredning bakom släntröna. Detta antagande bör provas på nytt vid fortsatt projektering.
- ❖ Underlag avseende sprickorientering baseras på tidigare utförd ytkartering samt nu utförd kartering av borrhälen. Endast ett av kärnborrhålen ligger inom aktuellt område. Ytterligare undersökningar i form av ytkartering, kärnbörning innan berguttag samt sekventiell kartering och uppföljning i under byggverksamheten rekommenderas i anslutning till planerat bergschakt. Dels för att identifiera genomgående, potentiellt lerfyllda, strukturer i bergmassan som kan komma att påverka den storskaliga stabiliteten. Dels för att utesluta att ytterligare sprickgrupper som kan komma att påverka stabiliteten finns i området (exempelvis de strukturer med stupning mot sydost som identifierats av Bergab 1988).
- ❖ Karteringsresultat av sprickplanens hållfasthetsparametrar påvisar stor spridning. Avseende friktionsvinkel så har medianvärde för kärnborrhål KBH1, KBH2 och KBH 4 använts, eftersom det i detta skede bedöms vara alltför konservativt att utvärdera schaktväggarnas övergripande stabilitet baseras på lägsta uppmätta värde. Ytterligare undersökningar rekommenderas, se punkt ovan.
- ❖ Vattentryck längs med potentiella sprickplan har en mycket stor inverkan på schaktväggarnas stabilitet och erforderlig förstärkningsmängd. Vattentrycket påverkas dels av befintlig grundvattennivå, men kan även påverkas av tillfälligt hög infiltration, exempelvis vid stora regnmängder eller vid läckage från befintliga eller planerade anläggningar. En utredning av grundvattenförhållanden i området samt hur vattentrycket längs med potentiella sprickplan kan komma att påverkas vid tillfälligt hög infiltration rekommenderas.
- ❖ Förstärkningsbehovet har utvärderats under förutsättning att förstärkning orienteras horisontellt, in i schaktväggen. För att undvika deformationer i schaktväggarna kommer förförstärkning av bergmassan före berguttag med största sannolikhet att krävas, eventuellt även förspänd förstärkning i områden där det föreligger risk för förskjutning av större block, där rörelser i intilliggande konstruktioner inte kan accepteras. Detta kan medföra en ökad mängd förstärkning eftersom installationsvinkel gentemot potentiella sprickplan blir betydligt sämre.
- ❖ Utförd analys visar att sprickplan i området kan ge upphov till relativt brantstående block och skivor i schaktväggarna. Om förspänd förankring används, och avses installeras från markytan, riskerar uppspänningskraften att verka pådrivande. Om det visar sig svårt att finna en gynnsam installationsvinkel i förhållande till de brantstående sprickplanen är ett alternativ att lägga slänterna med flackare lutning. För att på så sätt minska förstärkningsbehovet. Alternativt kan förankring installeras sekventiellt i samband med berguttag.
- ❖ Vid svårigheter att förankra kritiska block, exempelvis på ställen där begränsningar finns avseende bultlängd, kan det bli nödvändigt att förstärkning utförs med hjälp av hammarband och/eller kontreforer.

- ❖ Utförs förstärkning av schaktväggar med förspända förankringar är det viktigt att dessa är åtkomliga även efter byggnation på grund av återkommande inspektionsbehov.
- ❖ I tillägg till rörelser längs med sprickplan, innan förstärkning hunnit installeras/mobiliseras, bedöms avlastning av bergmassan i samband med berguttag kunna leda till rörelser/deformationer av bergmassan. En numerisk studie avseende förväntade rörelser i bergmassan till följd av avlastning rekommenderas för områden i anslutning till känsliga anläggningsdelar/konstruktioner.
- ❖ Gällande deformationer i bergmassan till följd av avlastning, kan det vara motiverat att undersöka hur uttagsordningen kan påverka spänningssituationen i området. Exempelvis vad gäller uttagsordning av ny tunnel i förhållande till uttag av andra delar av bergschaktet.
- ❖ I tillägg till förstärkning avseende schaktväggarnas storskaliga stabilitet krävs förstärkning av enskilda, mindre block i slänten eller kring mindre block i anslutning till pelare/fundament. Detta kan antingen utföras genom systematisk eller selektiv förstärkning i samband med berguttag.
- ❖ Även om förförstärkning installeras bör berguttag utföras med restriktioner. Palluttag rekommenderas begränsas i höjd och längd för att inte frilägga för stor del av eventuella block innan förstärkning har hunnits installeras.

Bergmekanisk analys inloppstunnel (empirisk)

En översiktlig analys av inloppstunnelns potentiella förstärkningsbehov i samband med att spänningsförhållandena i området förändras vid berguttag. Analysen är tänkt att ge en bild av hur mycket en ny tunnel, som konstrueras under liknande förhållanden skulle förstärkas med. Det är inte känt om eventuell tillkommande förstärkning kan utföras inifrån befintlig tunnel.

En empirisk analys har utförts med hjälp av Q-systemet. Förstärkningsbehovet har utvärderats baserat på lägsta förväntade värde samt medianvärde. Den något konservativa värderingen motiveras främst av osäkerhet avseende sprickegenskaper i området, då tidigare undersökningar påvisat lerfyllda slag eller strukturer med annan lågfriktionsfyllning.

Vid utförd kärnkartering uppvisar ett av borrhålen, KBH4 något sämre kvalitet än övriga. Då kärnborrhål 4 är placerat i anslutning till inloppstunneln har 30 % av bergmassan antagits ha mycket dålig- till dålig kvalitet och 70 % av bergmassan antas ha acceptabel kvalitet. Uppskattad förstärkningsmängd för inloppstunnel redovisas i Tabell 31. I tabeller för tunnelväggar medräknas enbart vägg som angränsar till bergschakt i angiven area.

Erhållna värden ska betraktas med försiktighet och bör verifieras mot befintlig förstärkningsmängd i tunneln. För utvärdering av förstärkningsbehov är det viktigt att en undersökning av de geologiska förhållandena utförs i direkt anslutning till inloppstunneln. Till exempel krävs ökad förstärkningsmängd i anslutning till svaghetszoner och längre bultar kan också vara nödvändiga vid ogynnsamma sprickorienteringar.

Sprutbetong är troligtvis inte tillämpligt inom aktuell typ av tunnel, varför förstärkning av detta slag bör kompenseras på annat sätt.

Tabell 29. Beräkning av Q-värde för tunnelväggar.

Orientering	Höjd [m]	Längd [m]	J _w	SRF	Q _{Bas.} MIN	Q _{Bas.M} edian	Q _{MIN.} VÄGG*	Q _{MEDIAN.} VÄGG*	Q _{TYP.} VÄGG*
E-V	4,5	ca 20	0,66	2,5	1	12	0,66	7,9	16,5
SV-NE	4,5	ca 30	0,66	2,5	1	12	0,66	7,9	16,5
Korsning**	4,5	-	0,66	2,5	1	12	0,22	2,6	5,5

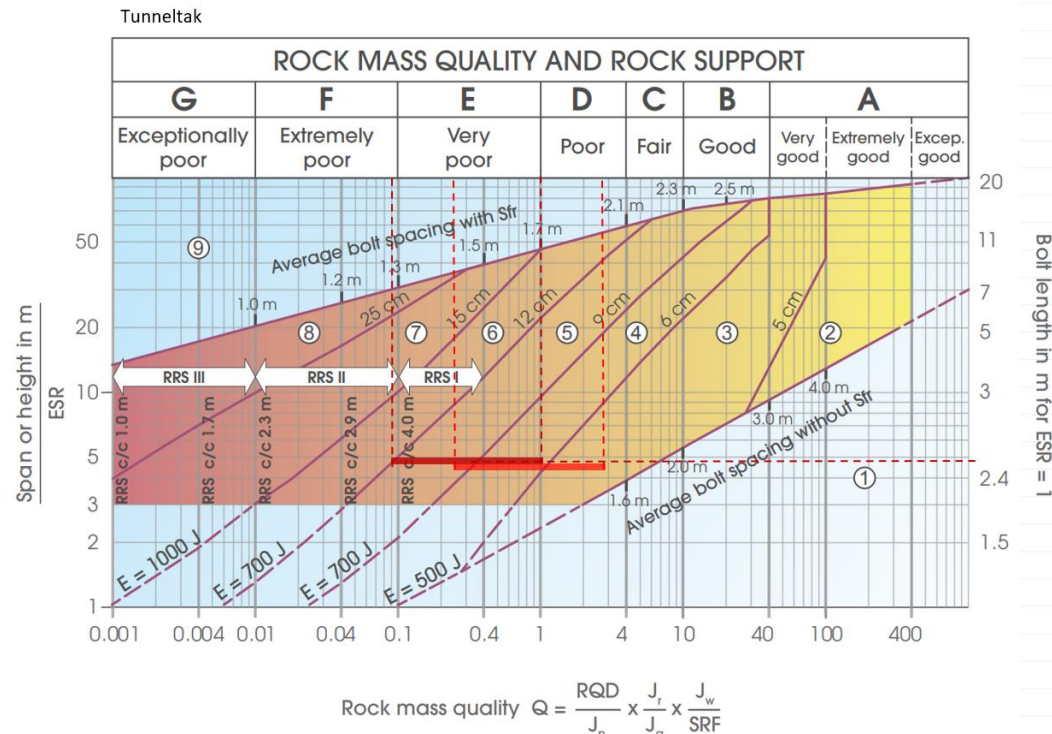
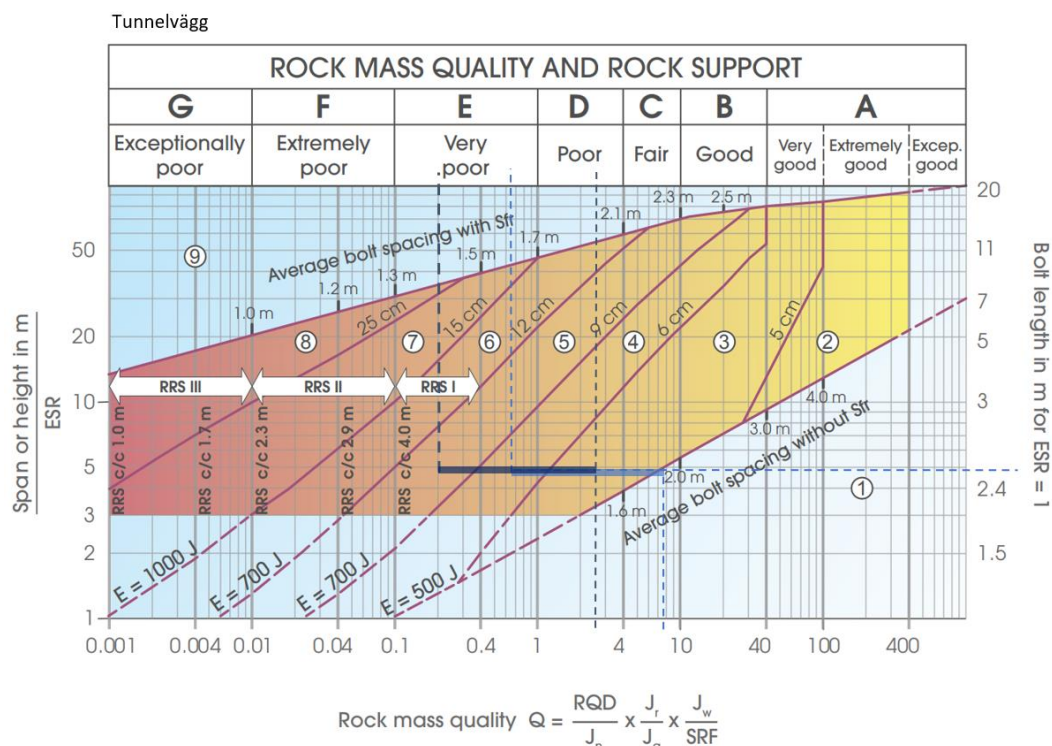
* Erhållet Q-värde har multiplicerats med 2,5 pga väggförstärkning och Q värde inom intervall $0,1 < Q < 10$

** Vid tunnelkorsningar multipliceras joint-set number med 3.

Tabell 30. Beräkning av Q-värde för tunneltak.

Orientering	Spann [m]	Längd [m]	J _w	SRF	Q _{Bas.} MIN	Q _{Bas.} Median	Q _{MIN.} TAK	Q _{MEDIAN.} TAK	Q _{TYP.} TAK
E-V	4,5	ca 20	0,66	2,5	1	12	0,26	3,2	6,6
SV-NE	4,5	ca 30	0,66	2,5	1	12	0,26	3,2	6,6
Korsning**	4,5	-	0,66	2,5	1	12	0,09	1,1	2,2

** Vid tunnelkorsningar multipliceras joint-set number med 3.



Tabell 31. Uppskattad förstärkningsmängd enligt Q-systemet. För tunnelvägg medräknas enbart vägg som angränsar till bergschakt.

Orientering vägg	Area [m ²]	C/C (Q >0,7)	Spbtg (Q >0,7)	C/C (Q >7,9)	Spbtg (Q >7,9)	Bultlängd	Bult	Sprutbetong
E-V	45	1,6	6–9 cm	1,7	-	2,5 m	15 st	15 m ² (6–9 cm)
SV-NE	75	1,6	6–9 cm	1,7	-	2,5 m	30 st	25 m ² (6–9 cm)

Orientering vägg	Area [m ²]	C/C (Q >0,2)	Spbtg (Q >0,2)	C/C (Q >2,6)	Spbtg (Q >2,6)	Bultlängd	Bult	Sprutbetong*
Korsning	100	1,4	9–12 cm	1,9	5–6 cm	2,5	35	30 m ² (9–12 cm) 70 m ² (5–6 cm)

Orientering tak	Area [m ²]	C/C (Q >0,3)	Spbtg (Q >0,3)	C/C (Q >3,2)	Spbtg (Q >3,2)	Bultlängd	Bult	Sprutbetong
E-V	45	1,4	9–12 cm	2,0	5–6 cm	2,5	15	15 m ² (9–12 cm) 30 m ² (5–6 cm)
SV-NE	75	1,4	9–12 cm	2,0	5–6 cm	2,5	25	25 m ² (9–12 cm) 55 m ² (5–6 cm)

Orientering tak	Area [m ²]	C/C (Q >0,09)	Spbtg (Q >0,09)	C/C (Q >1,1)	Spbtg (Q >1,1)	Bultlängd	Bult	Sprutbetong
Korsning**	100	1,3	12–15 cm	1,7	6–9 cm	2,5	40	30 m ² (12–15 cm) 70 m ² (6–9 cm)

Bergmekanisk analys, inloppstunnel (analytisk)

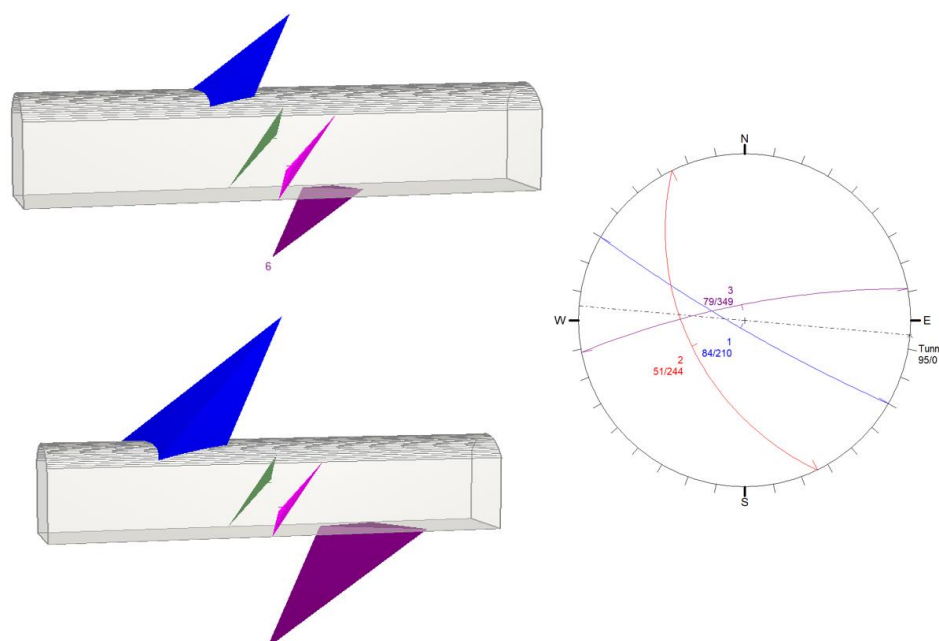
Vid bergguttar i anslutning till inloppstunneln minskar inspänningen längs tunnelns kontur med stor sannolikhet, vilket kan leda till instabilitet och blockutfall.

Kilanalys enskilda block, inloppstunnel

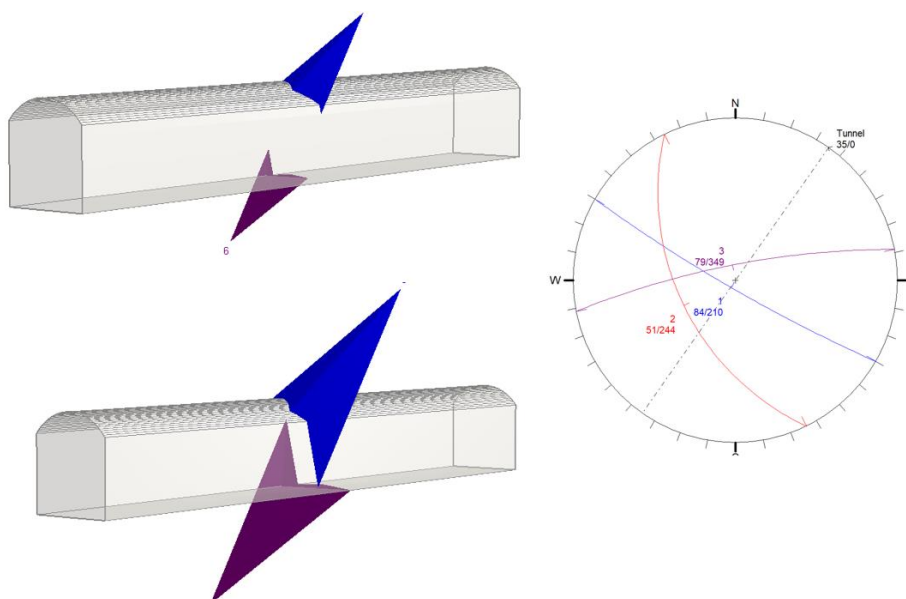
Kilanalys har utförts med programvaran Unwedge, (RocScience, version 5.011). Syftet med analysen är att utvärdera möjlig geometri på potentiellt instabila block/kilar i inloppstunnelns tak och väggar.

Baserat på tunnelns geometri samt antagandet att minst en tunnelbredd lämnas bör mellan tunnel och schaktvägg, har sprickplanens utsträckning begränsats till 5 respektive 10 meter.

Analysen visar att risken för kilutfall i tunneln är störst längs med tunnelns södra vägg för den södra delen av tunnel samt i tunnelns östra vägg för den norra delen av tunneln. Kilutfall kan även ske i tunnelns tak. Värt att notera är att subvertikala sprickplan skär tunneln nästan vinkelrätt, vilket kan medföra att sammanhängande sprickplan förekommer mellan schakt och tunnelkontur, vilket medför potentiella läckagevägar.



Figur 23. Exempel på möjlig blockbildning i tak och väggar längs med inloppstunnel, tunnelorientering 95 grader (N1). Vy mot norr. Kilarnas geometri baseras på medelstrykning och medelstupning för identifierade sprickgrupper. Kilarnas utbredning har begränsats till maximalt 5 m i (övre tunnelillustration) samt 10 m (undre tunnelillustration).



Figur 24. Exempel på möjlig blockbildning i tak och väggar längs med inloppstunnel, tunnelorientering 35 grader (V2). Vy mot norr. Kilarnas geometri baseras på medelstrykning och medelstupning för identifierade sprickgrupper. Kilarnas utbredning har begränsats till maximalt 5 m i (övre tunnelillustration) samt 10 m (undre tunnelillustration).

Valvbildande bultning, inloppstunnel

Syftet med analysen är att översiktligt utvärdera erforderlig förstärkningsmängd för att generera ett tryckt, bärande valv i tunnelns tak. Beräkningsmetodiken förutsätter att ett tryckt, bärande valv skapas i bergmassan med hjälp av bultar och att eventuella lösmassor under detta valv förankras genom denna bultning (Trafikverket, 2019). Metoden beaktar inte bultdiameter, bultkapacitet, bergmassans hållfasthet eller primärspänningar.

Indata presenteras i Tabell 32.

Erforderlig bultlängd bestäms av:

$$L_B = \text{MAX}\left(\frac{B}{3} \text{ om } B < 6 \text{ m}; \frac{B}{4} \text{ om } B \geq 6 \text{ m}; 3 \cdot e\right)$$

Där:

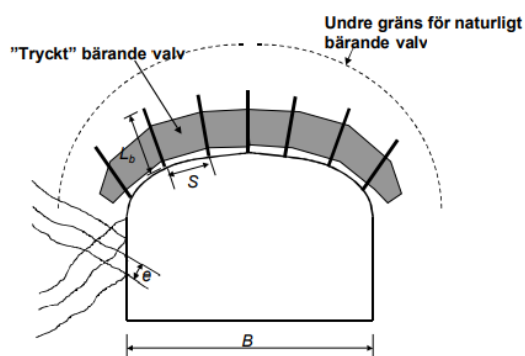
L_B är bultlängd (förankringslängd tillkommer)

B är tunnelns bredd

e är sprickavstånd

Maximalt bultavstånd bestäms av:

$$S = \text{MIN}(\leq 3 \cdot e; < 0,5 \text{ till } 0,7 \cdot L_B)$$



Figur 25. Princip för valvbildande bultning (Trafikverket, 2019).

Tabell 32. Indata för beräkning valvbildande bultning

Indata	Beteckning	Värde
Tunnelbredd	B	4,5 m
Sprickavstånd	e	0,7 m (antaget värde)

Tabell 33. Resultat beräkning valvbildande bultning

Resultat	Beteckning	Värde
Bultlängd	L_B	2,1 m
Bultavstånd (c/c)	S	1,0 m

Överslagsberäkning avseende antal bult vid bruk av valvbildande bultning ger $6,0 \text{ m} \cdot (22 + 32 \text{ m}) / (1,1 \text{ m}^2) \approx \text{ca } 300 \text{ st bult}$. Vilket kan jämföras med resultat från empirisk analys med Q-systemet.

Kommentarer till bergmekanisk analys av inloppstunnel

- ❖ Den utförda analysen ger en översiktlig bild av behov av förstärkning. Ytterligare analyser samt undersökning av platsspecifika förhållanden rekommenderas.
- ❖ Det saknas underlag avseende nuvarande stabilitetsförhållanden samt eventuell förstärkning i inloppstunneln. Om möjligt bör inloppstunnelns befintliga skick samt eventuell befintlig förstärkning undersökas. Inloppstunnelns läge och geometri bör även verifieras, exempelvis, genom scanning.
- ❖ Inloppstunneln är stundtals trycksatt med ca 15 m vattenpelare. Vattentrycket i kombination med avlastning i samband med berguttag medför risk för reducerad normalspänning längs med sprickplan i bergmassan. Reducerad normalspänning kan medföra risk för blockutfall i tunnelkontur samt risk för blockutfall in mot planerat bergschakt.
- ❖ Subvertikala sprickplan orienterade vinkelrätt tunnelns längdriktning medför risk för läckage ut i schaktet. Bergmassan mellan inloppstunnel och bergschakt bör förinjekteras för att minimera läckage ut i bergschaktet. För att reducera risken överksam förinjektering, till följd av avlastning längs med befintliga strukturer vid berguttag, rekommenderas att bergmassan mellan inloppstunnel och bergschakt förförstärks. Förförstärkning kan till viss del förhindra att sprickor utvidgas. Om inloppstunneln är tänkt att vara trycksatt framöver kan även lining i tunneln vara en lösning för att reducera risken för läckage samt uttryckning av block ut i schaktet.
- ❖ Förförstärkning av bergmassan i anslutning till inloppstunneln bedöms vara nödvändig för att minska risken för blockutfall i tunnel respektive schakt. Förförstärkning kan ske inifrån befintlig tunnel eller från markyta före berguttag. Speciallösningar kommer att vara nödvändiga i anslutning till den nya tunnelanslutningen, som ska leda vattnet vidare till den nya pumpstationen.

Överslag förstärkningsmängd

Följande avsnitt innehåller en överslagsberäkning av uppskattade förstärkningsmängder för planerat bergschakt. Mängder ska inte betraktas som en förstärkningsanvisning, vilket kräver detaljprojektering. Se även kapitel "Kvarstående osäkerheter och risker".

Förstärkning har antagits för slänt med lutning 8:1.

Förförstärkning slänkrön

Samtliga slänter antas förförstärkas innan berguttag.

Slänt	cc-avstånd [m]	Antagen bultdimension	Antal bult	Bultlängd [m]
Samtliga	0,5	500 MPa, Ø32 mm	550	6

Ytförstärkning

Samtliga schaktväggar antas förstärkas enligt Q-systemet för att säkra blockutfall. Uppskattad mängd presenteras i Tabell 34 och Tabell 35.

Tabell 34. Uppskattad mängd bergbult, ytförstärkning. 100 % av schaktväggar antas förstärkas. Av schaktväggar antas 30 % av bergmassan ha dålig bergkvalitet, 70 % av bergmassan antas vara av acceptabel kvalitet.

Slänt	cc-avstånd [m]	Antagen bultdimension	Antal bult	Bultlängd [m]
N1	1,5 – 1,7	500 MPa, Ø32 mm	375	7
N2	1,6 – 1,8	500 MPa, Ø32 mm	285	5
S	1,5 – 1,7	500 MPa, Ø32 mm	660	7
E	1,6 – 1,8	500 MPa, Ø32 mm	750	5
V1	1,5 – 1,7	500 MPa, Ø32 mm	685	7
V2	1,6 – 1,8	500 MPa, Ø32 mm	330	5

Tabell 35. Uppskattad mängd sprutbetong, ytförstärkning. 100 % av schaktväggar antas förstärkas. Av schaktväggar antas 30 % av bergmassan ha dålig bergkvalitet, 70 % av bergmassan antas vara av acceptabel kvalitet.

Slänt	Tjocklek sprutbetong [m]	Area sprutbetong [m ²]	Volym sprutbetong [m ³]
N1	0,15	185	30
N2	0,12	150	20
S	0,15	325	50
E	0,12	390	45
V1	0,15	335	50
V2	0,12	175	20

Totalstabilitetsförstärkning

Av den totala släntarean har 30 % antagits behöva en mer omfattande förstärkning för att säkra större block och för att motverka deformationer. Av denna förstärkning antas hälften utgöras av ospänd förankring och 50 % antas utgöras av förspänd förankring. Dessa mängder är osäkra och påverkas bland annat av bergkvalitet, blockgeometri och av hur känsliga ovanliggande konstruktioner är för deformationer. Ökad kunskap om de geologiska och hydrogeologiska förhållandena inom aktuellt område kan ge en säkrare prognos.

Två betonggjutningar/kontreforer antas, vilket kan bli nödvändigt om någon del av slänten exempelvis saknar understöd.

Tabell 36. Uppskattad mängd ospänd förankring. Förstärkning antas installeras på 15 % av totala släntarean.

Slänt	Antagen brottform	cc-avstånd [m]	Antagen bultdimension	Antal förankringar	Bultlängd [m]
N1	Planbrott	1,8	670/800 MPa, Ø50 mm	30	8–16
N2	Planbrott	2,0	670/800 MPa, Ø50 mm	20	8–16
S	Planbrott	1,9	670/800 MPa, Ø50 mm	45	8–16
E	Kilbrott (medel)	2,0	670/800 MPa, Ø50 mm	50	8–16
V1	Kil (kritisk)	1,2	670/800 MPa, Ø50 mm	110	8–16
V2	Kil (kritisk)	2,0	670/800 MPa, Ø50 mm	20	8–16

Tabell 37. Uppskattad mängd förspänd förankring. Förstärkning antas installeras på 15 % av totala släntarean. Karakteristiskt värde låskraft för antagen förankring $0,6 \cdot F_u = 1674 \text{ kN}$.

Slänt	Antagen brottform	cc-avstånd [m]	Antagen dimension förankring	Antal förankringar	Bultlängd [m]
N1	Planbrott	2,6	1670/1860 MPa, 1500 mm ²	15	12 – 20
N2	Planbrott	3,1	1670/1860 MPa, 1500 mm ²	10	12 – 20
S	Planbrott	2,8	1670/1860 MPa, 1500 mm ²	20	12 – 20
E	Kilbrott (medel)	2,8	1670/1860 MPa, 1500 mm ²	25	12 – 20
V1	Kil (kritisk)	2,3	1670/1860 MPa, 1500 mm ²	30	12 – 20
V2	Kil (kritisk)	3,1	1670/1860 MPa, 1500 mm ²	10	12 – 20

Tabell 38. Uppskattad mängd betonggjutning/kontreforer.

Slänt	Höjd	Bredd	Djup	Volym [m]
1 Valfri	5	2	2	20
2 Valfri	5	2	2	20

Förförstärkning befintlig tunnel

För att undvika blockutfall vid berguttag i anslutning till befintlig inloppstunnel antas yttre vägg och tak förförstärkas enligt Q- systemet. Uppskattade förstärkningsmängder redovisas i Tabell 39 och Tabell 40.

Tabell 39. Uppskattad mängd bergbult, förförstärkning inloppstunnel. Av bergmassan i tunneln antas 30 % av bergmassan ha dålig bergkvalitet, 70 % av bergmassan antas vara av acceptabel kvalitet.

Slänt	cc-avstånd [m]	Antagen bultdimension	Antal bult	Bultlängd [m]
E-V	1,4–2,0	500 MPa, Ø32 mm	30	2,5*
SV-NE	1,4–2,0	500 MPa, Ø32 mm	50	2,5*
Korsning	1,4–2,0	500 MPa, Ø32 mm	80	2,5*

* Vid förstärkning från bergyta krävs längre bult

Tabell 40. Uppskattad mängd sprutbetong, förförstärkning inloppstunnel. Av bergmassan i tunneln antas 30 % av bergmassan ha dålig bergkvalitet, 70 % av bergmassan antas vara av acceptabel kvalitet.

Slänt	Tjocklek sprutbetong [m]	Area sprutbetong [m ²]	Volym sprutbetong [m ³]
E-V	0,05–0,12	60	5
SV-NE	0,05–0,12	100	10
Korsning	0,05–0,15	200	20

Sammanfattning

Bergschakt planeras i nära anslutning till befintliga ovan- och underjordskonstruktioner i området. Intelligande konstruktioner får inte skadas i samband med berguttag, vilket ställer stora krav på tekniska lösningar, utförande och kontroller under arbetets gång. Kontrollprogram bör vara i bruk redan innan berguttag påbörjas för att erhålla tillförlitliga referensvärden.

Befintliga undersökningar i ger en generell bild av de geologiska förhållandena på platsen. Endast ett av de utförda kärnborrhålen ligger inom aktuellt område. Ytterligare undersökningar i form av ytkartering, kärnborring innan berguttag samt sekventiell kartering och uppföljning i under bygghetsarbetet rekommenderas i direkt anslutning till planerat bergschakt. Bland annat för att identifiera svaghetszoner och kritiska glidplan med låg skjuvhållfasthet. I tillägg rekommenderas en utredning av grundvattenförhållanden i området samt hur vattentrycket längs med potentiella sprickplan kan komma att påverkas vid tillfälligt hög infiltration. Ytterligare undersökningar i ett tidigt skede reducerar risken för negativa överraskningar under produktion och reducerar därmed risken för förseningar gentemot tidsplan.

Nu utförda karteringar samt tidigare utförda karteringar visar att det finns risk strukturstyrda brott i planerade schaktväggar. Risk för plant brott bedöms främst föreligga i den norra samt södra schaktväggen. Kilbrott bedöms kunna inträffa i samtliga schaktväggar, störst risk bedöms dock föreligga i den norra och den östra schaktväggen. Risk för överstjälpning bedöms vara störst i den södra schaktväggen.

Förförstärkning/förstärkning bedöms krävas i samtliga schaktväggar - dels för att förhindra ytliga blockutfall dels för att förhindra större blockutfall och för att motverka deformationer som riskerar att skada ovanliggande konstruktioner. Även om förförstärkning installeras bör berguttag utföras med restriktioner. Palluttag rekommenderas begränsas i höjd och längd för att inte frilägga för stor del av eventuella block innan förstärkning har hunnits installeras.

Schaktväggar planeras mycket nära befintliga konstruktioner. För att underlätta berguttag är en möjlighet att flytta in schaktväggarna mot schaktet och utföra schaktväggarna vertikalt. Att flytta in schaktväggarna medför att last från konstruktioner inte förs ner i direkt anslutning till slänkrön, det medför även ett ökat utrymme för installation av förförstärkning. Vertikala schaktväggar kan dock medföra ett ökat behov förstärkning, bland annat i den norra och södra väggen där risk för plant brott och överstjälpning bedöms föreligga till följd av brantstående sprickplan orienterade parallellt med schaktväggarna.

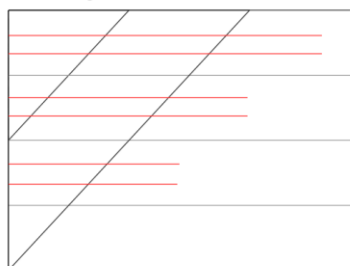
Val av förstärkningsmetod kan komma att påverka både tidsplan och mängd förstärkning. En möjlighet är att använda längre förankringar för att kunna säkra upp potentiella större block i schaktväggarna från start. Detta alternativ förutsätter att det finns tillräckligt med utrymme i bergmassan bakom schaktvägg samt utrymme och möjlighet att installera förankringar med korrekt vinkel. Ett annat alternativ är att förstärka bergmassan per pall, vilket kan medföra kortare förankringar, men samtidigt medföra ett större förstärkningsbehov mot djupet då förstärkningen i varje pall måste kunna bära ovanliggande pallar, se Figur 26.

I samband med berguttag kan deformationer av bergmassan uppstå till följd av avlastning. Det kan därför vara motiverat att utföra en numerisk modellering/ känslighetsanalys för att utvärdera hur stora deformationer som kan komma att uppstå. Den numeriska analysen bör även omfatta befintlig inloppstunnel. Det kan även vara motiverat att undersöka hur uttagsordningen kan påverka spänningssituationen i området. Exempelvis vad gäller uttagsordning av ny tunnel i förhållande till uttag av andra delar av bergschaktet.

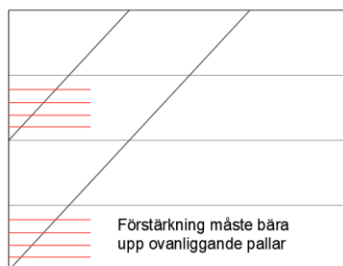
Vid berguttag i anslutning till befintlig inloppstunnel finns det risk för reducerad stabilitet, både i inloppstunnel samt i schaktväggar. Förförstärkning av bergmassa i anslutning till inloppstunneln bedöms vara nödvändig. Inloppstunnelns befintliga skick samt eventuell befintlig förstärkning undersökas. Inloppstunnelns läge och geometri bör även verifieras, exempelvis, genom scanning.

Det föreligger även risk för läckage mellan befintlig inloppstunnel, ny tunnelanslutning samt schaktvägg. För att undvika läckage kan förinjektering utföras i mellanliggande bergmassa, ett annat alternativ är att använda lining i tunnelkonstruktionerna.

Exempel:
Förstärkning av ev. kritiskt block från start



Exempel:
Förstärkning per pall



Figur 26. Exempel olika typ av förstärkningsmetodik.

Kvarstående osäkerheter & risker

➤ Buller, stötvåg, vibrationer & stenskott

Orsak:

Vibrationer och stötvågor från sprängning fortplantas genom bergmassan.

Påverkan:

Skador på befintliga konstruktioner och inloppstunnel.

Stötvågsproblematik i inloppstunneln, påverkan på pumpar etc.

➤ Instabilitet/blockutfall i inloppstunnel

Orsak:

Otillräcklig/obefintlig bergförstärkning i anslutning till inloppstunnel

Påverkan från vibrationer/luftstötvåg från sprängningsarbeten medför risk för utstötningsskador in i inloppstunnel.

Hävning/deformation av bergmassan till följd av avlastning.

Påverkan:

Inloppstunnelns funktion påverkas

Läckage från inloppstunnel till bergschakt

➤ Instabilitet/blockutfall i schaktväggar

Orsak:

Otillräcklig bergförstärkning

- För stor yta friläggs innan installation av bergförstärkning utförs

- Sprickorientering ej enligt prognos.

- Laster från ovanliggande konstruktioner ej enligt prognos.

- Grundvattenyta och vattentryck ej enligt prognos.

- Sprickytornas skjuvmotstånd ej enligt antagande . E.g. förekomst av lerfyllda sprickplan/svaghetsplan.

- Kritiska sprickplan missas vid kartering, kan exempelvis vara svårt att avläsa orientering på sågad yta

Påverkan:

Skador på konstruktioner och inloppstunnel

Skador på människor, maskiner eller installationer i schakt

Läckage från inloppstunnel till bergschakt

➤ Deformationer i schaktväggar vid berguttag

Orsak:

Rörelser längs med sprickplan i schaktväggar innan förstärkning hunnit mobiliseras.

I.e felaktig förstärkningsmetod/uttagsmetod.

Rörelse i bergmassan på grund av bergspänningar/avlastning.

Påverkan:

Sättningskador i ovanliggande konstruktioner

Slits går igen vid sågning, problem vid berguttag

➤ **Läckage från inloppstunnel vid berguttag**

Orsak:

Otillräcklig förinjektering, lining saknas i befintlig och/eller ny tunnel
Förinjektering ej verksam, exempelvis till följd av deformationer

Påverkan:

Läckage in i schakt,
Ökat vattenflöde längs med befintliga sprickplan

Bieniawski Z.T (1989) Engineering Rock mass classification. New York: Wiley & Sons. ISBN: 0-471-60172-1

Edelbro, C. (2003) Rock mass strength- A review. Technical report 2003:16 Division of Rock Mechanics, Luleå University of Technology.

Franzén, G. & Garin, H.(U.Å) "Design approach och laster – hur tänkte dom när de skrev Eurocode, PowerPoint-presentation, Svenska Geotekniska Föreningen

Glamheden, Ek & Nilsson (1997) Bedömning av in-situ spänningar från spänningsmätning i bergrumsvägg, Chalmers Tekniska Högskola, [Bergmekanikdag 1997.pdf \(befoonline.org\)](#)

Karlsson (1976) Förstärkning av bergskärning i glidbenäget berg nära byggnader, Bergsäker konsult AB, Göteborg [Bergmekanikdag 1976.pdf \(befoonline.org\)](#)

Nordlund, Rådberg & Sjöberg (1998) Bergmekanikens grunder, Luleå Tekniska Universitet LTU

RocScience (2022a) How bolts are implemented in Swedge, [online] [Documentation | How Bolts are Implemented in SWedge \(rocscience.com\)](#) – hämtad 2022-04-29

RocScience (2022b) Support in probabilistic analysis, [online] [Documentation | Support in a Probabilistic Analysis \(rocscience.com\)](#) – hämtad 2022-04-29

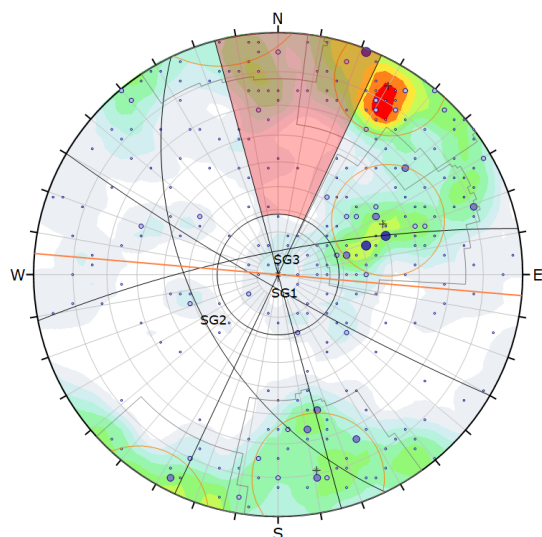
Stephansson, O. (1993) Rock Stress in the Fennoscandian shield. In Comprehensive Rock Engineering (ed. J.A. Hudson), Pergamon Press, Oxford, Chapter 17, Vol 3, pp445-59.

Trafikverket (2019) Projektering av bergkonstruktioner, Publikationsnummer 2019:062, Trafikverket

Wyllie & Mah (2005) Rock slope engineering, 4:th edition, Spon Press: London & New York

Bilaga 1 – Kilanalys

Plant brott - Slänt N1, N2



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Color	Density Concentrations
0.00	0.50
0.50	1.00
1.00	1.50
1.50	2.00
2.00	2.50
2.50	3.00
3.00	3.50
3.50	4.00
4.00	4.50
4.50	5.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

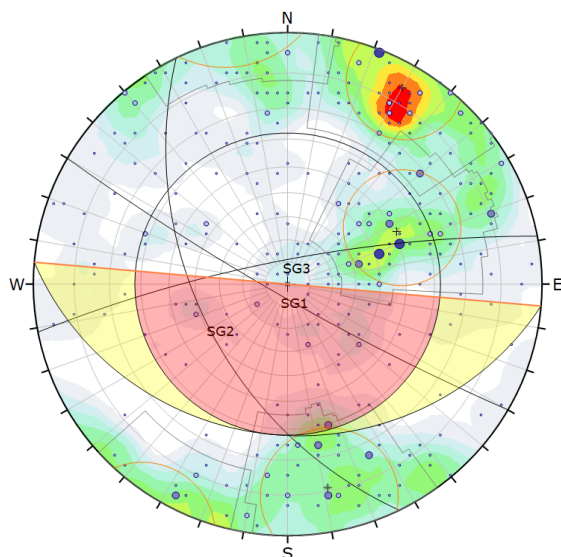
Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	185
Friction Angle	28°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	46	354	12.99%
Planar Sliding (Set 1: SG1)	17	61	27.87%
Planar Sliding (Set 3: SG3)	13	68	19.12%

Color	Strike (Right)	Dip	Label
Mean Set Planes			
1m	120	84	SG1
2m	154	51	SG2
3m	259	79	SG3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	354 (354 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kilbrott - Slänt N1, N2



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Color	Density Concentrations
0.00	0.50
0.50	1.00
1.00	1.50
1.50	2.00
2.00	2.50
2.50	3.00
3.00	3.50
3.50	4.00
4.00	4.50
4.50	5.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

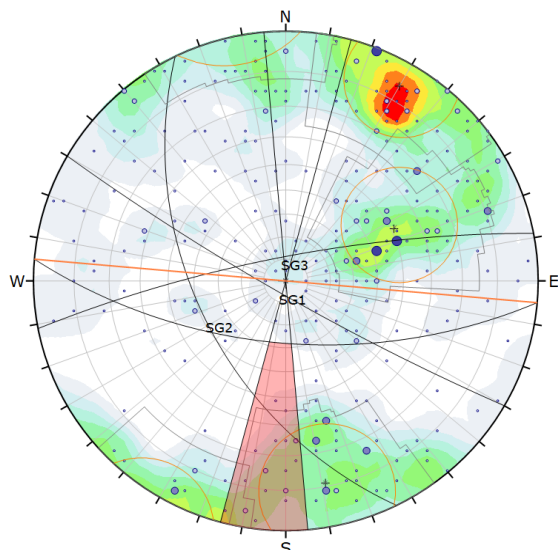
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	185
Friction Angle	28°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	23675	62441	37.92%

Color	Strike (Right)	Dip	Label
Mean Set Planes			
1m	120	84	SG1
2m	154	51	SG2
3m	259	79	SG3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	354 (354 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

"Flexural toppling" - Slänt N1, N2



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Color	Density Concentrations
0.00	0.50
0.50	1.00
1.00	1.50
1.50	2.00
2.00	2.50
2.50	3.00
3.00	3.50
3.50	4.00
4.00	4.50
4.50	5.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

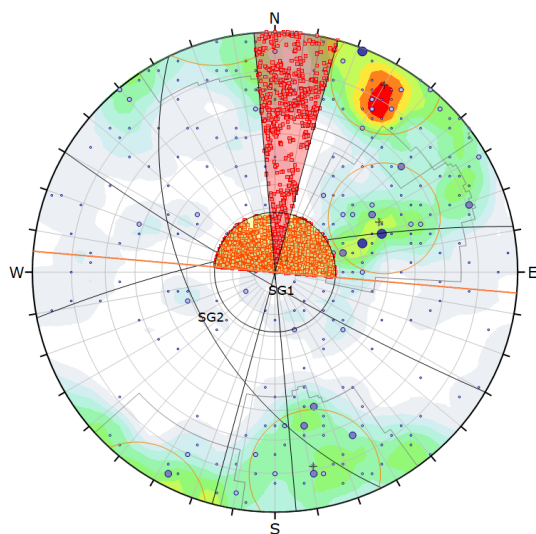
Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	185
Friction Angle	28°
Lateral Limits	10°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	20	354	5.65%
Flexural Toppling (Set 1: SG1)	1	61	1.64%
Flexural Toppling (Set 3: SG3)	17	68	25.00%

Color	Strike (Right)	Dip	Label
1m	120	84	SG1
2m	154	51	SG2
3m	259	79	SG3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	354 (354 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

"Direct toppling" - Slänt N1, N2



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Symbol	Feature
•	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
0.00	0.50
0.50	1.00
1.00	1.50
1.50	2.00
2.00	2.50
2.50	3.00
3.00	3.50
3.50	4.00
4.00	4.50
4.50	5.00

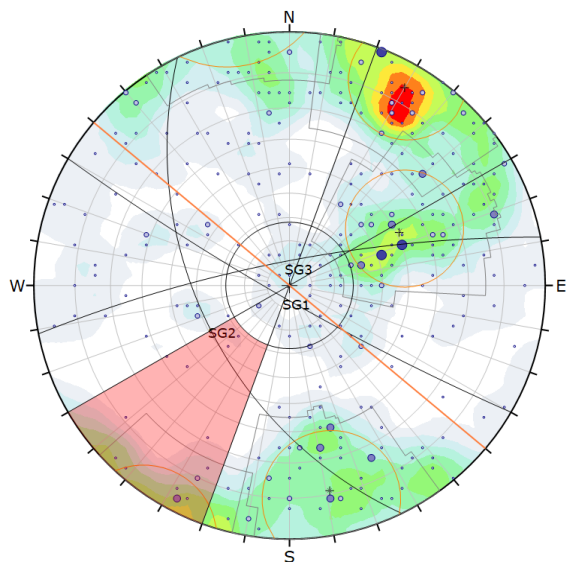
Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Direct Toppling
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	185
Friction Angle	28°
Lateral Limits	10°

	Critical	Total	%
Direct Toppling (Intersection)	1199	62441	1.92%
Oblique Toppling (Intersection)	5052	62441	8.09%
Base Plane (All)	39	354	11.02%
Base Plane (Set 1: SG1)	4	61	6.56%
Base Plane (Set 2: SG2)	4	84	4.76%
Base Plane (Set 3: SG3)	6	68	8.82%

Color	Strike (Right)	Dip	Label
1m	120	84	SG1
2m	154	51	SG2
3m	259	79	SG3

Plant brott - Slänt S



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.50
	0.50 - 1.00
	1.00 - 1.50
	1.50 - 2.00
	2.00 - 2.50
	2.50 - 3.00
	3.00 - 3.50
	3.50 - 4.00
	4.00 - 4.50
	4.50 - 5.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

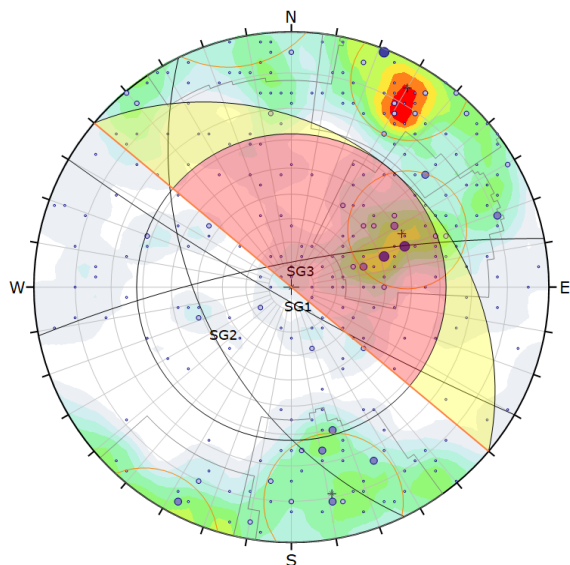
Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	40
Friction Angle	28°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	16	354	4.52%
Planar Sliding (Set 1: SG1)	10	61	16.39%

Color	Strike (Right)	Dip	Label
	Mean Set Planes		
1m	120	84	SG1
2m	154	51	SG2
3m	259	79	SG3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	354 (354 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kilbrott - Slänt S



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.50
	0.50 - 1.00
	1.00 - 1.50
	1.50 - 2.00
	2.00 - 2.50
	2.50 - 3.00
	3.00 - 3.50
	3.50 - 4.00
	4.00 - 4.50
	4.50 - 5.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

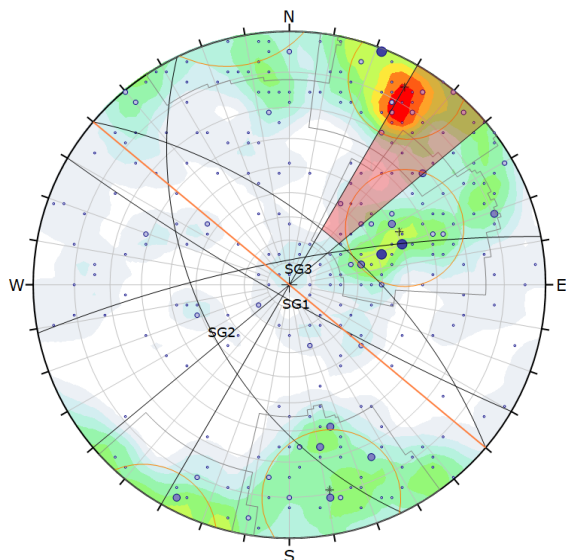
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	40
Friction Angle	28°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	13202	62441	21.14%

Color	Strike (Right)	Dip	Label
	Mean Set Planes		
1m	120	84	SG1
2m	154	51	SG2
3m	259	79	SG3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	354 (354 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

"Flexural Toppling" - Slänt S



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Color	Density Concentrations
0.00 - 0.50	
0.50 - 1.00	
1.00 - 1.50	
1.50 - 2.00	
2.00 - 2.50	
2.50 - 3.00	
3.00 - 3.50	
3.50 - 4.00	
4.00 - 4.50	
4.50 - 5.00	

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

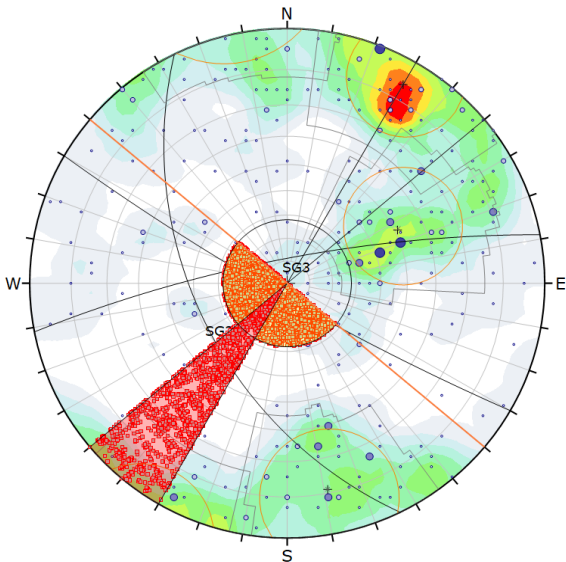
Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	40
Friction Angle	28°
Lateral Limits	10°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	45	354	12.71%
Flexural Toppling (Set 1: SG1)	28	61	45.90%
Flexural Toppling (Set 2: SG2)	17	84	20.24%

Color	Strike (Right)	Dip	Label
Mean Set Planes			
1m	120	84	SG1
2m	154	51	SG2
3m	259	79	SG3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	354 (354 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

"Direct Toppling" - Slänt S



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Symbol	Feature
•	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
0.00 - 0.50	
0.50 - 1.00	
1.00 - 1.50	
1.50 - 2.00	
2.00 - 2.50	
2.50 - 3.00	
3.00 - 3.50	
3.50 - 4.00	
4.00 - 4.50	
4.50 - 5.00	

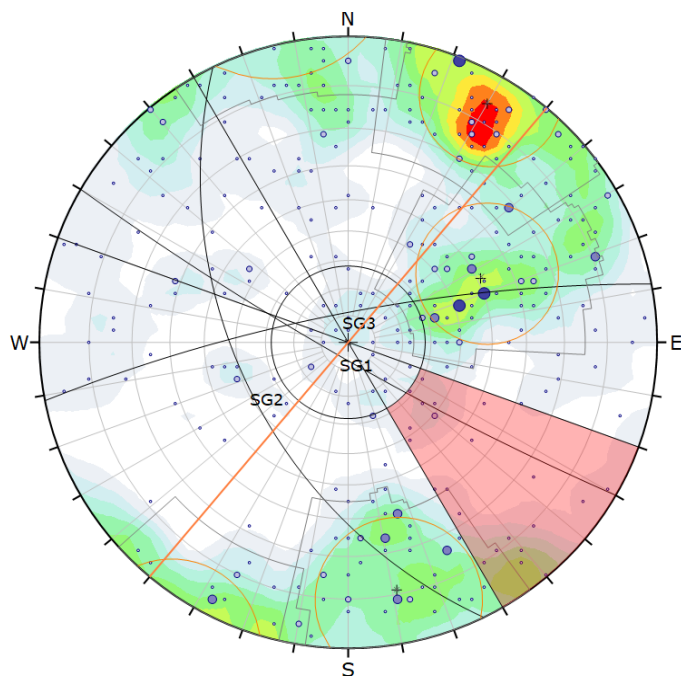
Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Direct Toppling
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	40
Friction Angle	28°
Lateral Limits	10°

	Critical	Total	%
Direct Toppling (Intersection)	3526	62441	5.65%
Oblique Toppling (Intersection)	7816	62441	12.52%
Base Plane (All)	22	354	6.21%
Base Plane (Set 1: SG1)	6	61	9.84%

Color	Strike (Right)	Dip	Label
Mean Set Planes			
1m	120	84	SG1
2m	154	51	SG2
3m	259	79	SG3

Plant brott - Slänt E



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.50
	0.50 - 1.00
	1.00 - 1.50
	1.50 - 2.00
	2.00 - 2.50
	2.50 - 3.00
	3.00 - 3.50
	3.50 - 4.00
	4.00 - 4.50
	4.50 - 5.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

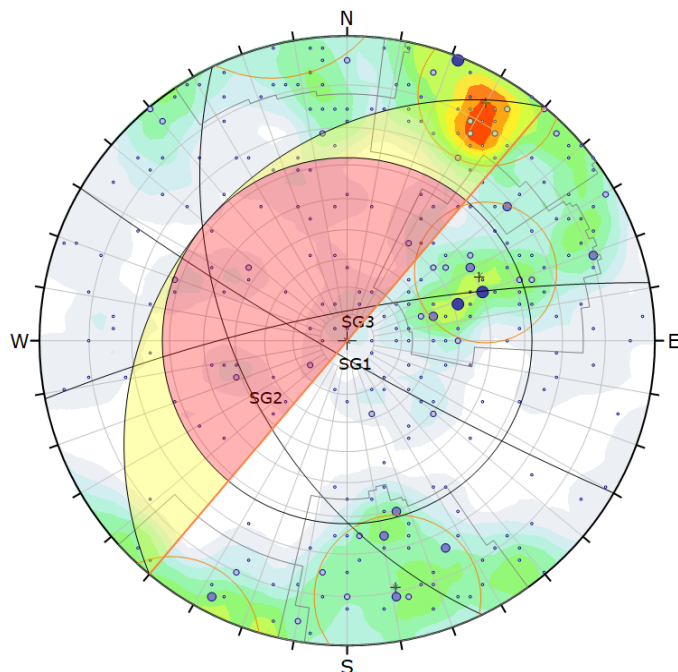
Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	310
Friction Angle	28°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	23	354	6.50%
Planar Sliding (Set 3: SG3)	4	68	5.88%

Color	Strike (Right)	Dip	Label
Mean Set Planes			
1m	120	84	SG1
2m	154	51	SG2
3m	259	79	SG3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	354 (354 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kilbrott - Slänt E



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.50
	0.50 - 1.00
	1.00 - 1.50
	1.50 - 2.00
	2.00 - 2.50
	2.50 - 3.00
	3.00 - 3.50
	3.50 - 4.00
	4.00 - 4.50
	4.50 - 5.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

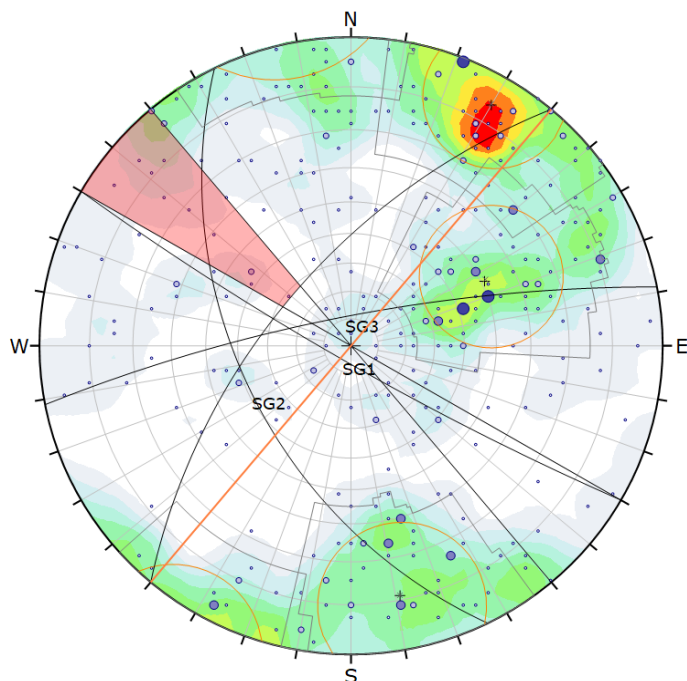
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	310
Friction Angle	28°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	26456	62441	42.37%

Color	Strike (Right)	Dip	Label
Mean Set Planes			
1m	120	84	SG1
2m	154	51	SG2
3m	259	79	SG3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	354 (354 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

"Flexural Toppling" - Slänt E



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.50
	0.50 - 1.00
	1.00 - 1.50
	1.50 - 2.00
	2.00 - 2.50
	2.50 - 3.00
	3.00 - 3.50
	3.50 - 4.00
	4.00 - 4.50
	4.50 - 5.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

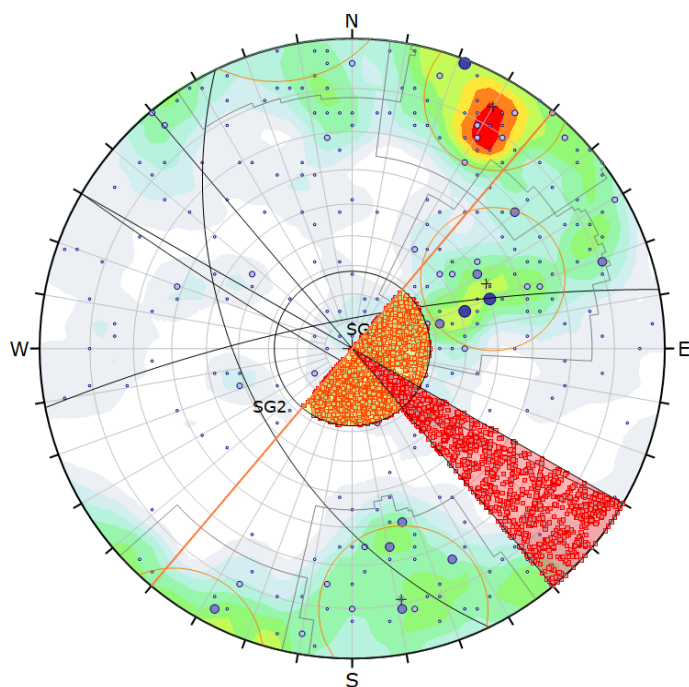
Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	310
Friction Angle	28°
Lateral Limits	10°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	17	354	4.80%

Color	Strike (Right)	Dip	Label
1m	120	84	SG1
2m	154	51	SG2
3m	259	79	SG3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	354 (354 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

"Direct Toppling" - Slänt E



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Symbol	Feature
•	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.50
	0.50 - 1.00
	1.00 - 1.50
	1.50 - 2.00
	2.00 - 2.50
	2.50 - 3.00
	3.00 - 3.50
	3.50 - 4.00
	4.00 - 4.50
	4.50 - 5.00

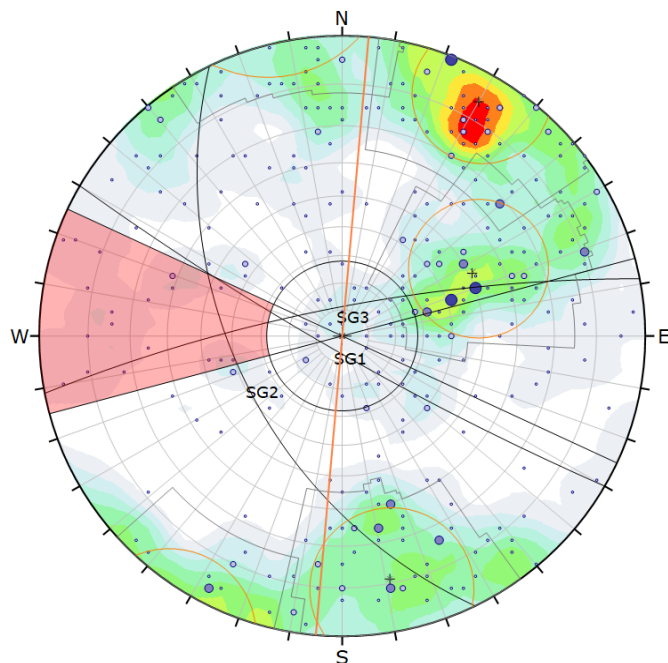
Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Direct Toppling
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	310
Friction Angle	28°
Lateral Limits	10°

	Critical	Total	%
Direct Toppling (Intersection)	3198	62441	5.12%
Oblique Toppling (Intersection)	5054	62441	8.09%
Base Plane (All)	29	354	8.19%
Base Plane (Set 2: SG2)	4	84	4.76%

Color	Strike (Right)	Dip	Label
1m	120	84	SG1
2m	154	51	SG2
3m	259	79	SG3

Plant brott – Slänt V1



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.50
	0.50 - 1.00
	1.00 - 1.50
	1.50 - 2.00
	2.00 - 2.50
	2.50 - 3.00
	3.00 - 3.50
	3.50 - 4.00
	4.00 - 4.50
	4.50 - 5.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

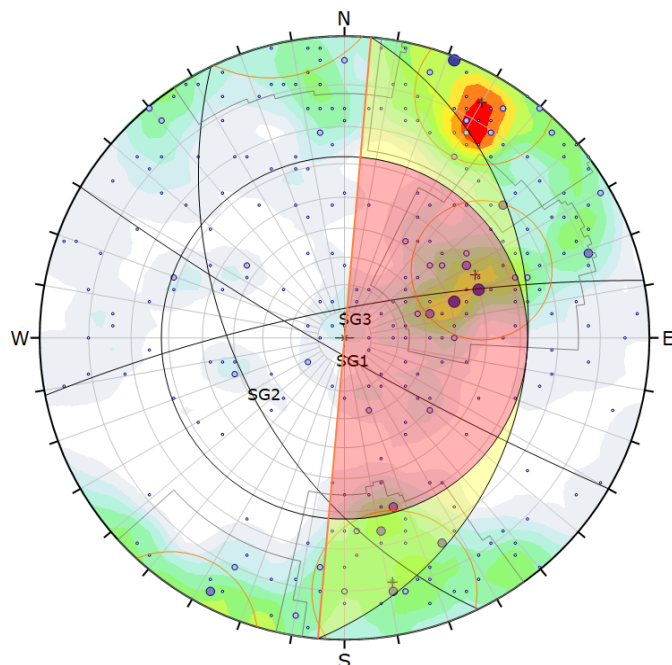
Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	95
Friction Angle	28°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	19	354	5.37%

Color	Strike (Right)	Dip	Label
1m	120	84	SG1
2m	154	51	SG2
3m	259	79	SG3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	354 (354 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kilbrott – Slänt V1



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.50
	0.50 - 1.00
	1.00 - 1.50
	1.50 - 2.00
	2.00 - 2.50
	2.50 - 3.00
	3.00 - 3.50
	3.50 - 4.00
	4.00 - 4.50
	4.50 - 5.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

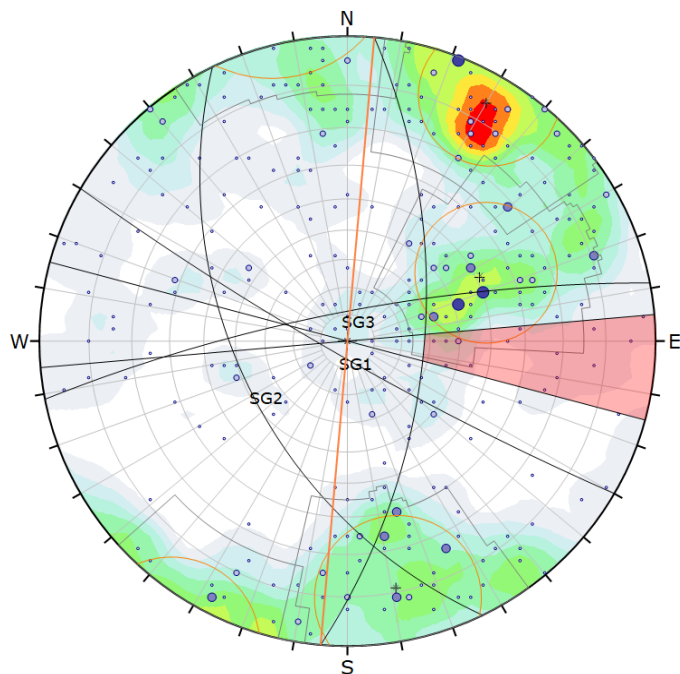
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	95
Friction Angle	28°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	14938	62441	23.92%

Color	Strike (Right)	Dip	Label
1m	120	84	SG1
2m	154	51	SG2
3m	259	79	SG3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	354 (354 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

"Flexural Toppling" - Slänt V1



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.50
	0.50 - 1.00
	1.00 - 1.50
	1.50 - 2.00
	2.00 - 2.50
	2.50 - 3.00
	3.00 - 3.50
	3.50 - 4.00
	4.00 - 4.50
	4.50 - 5.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

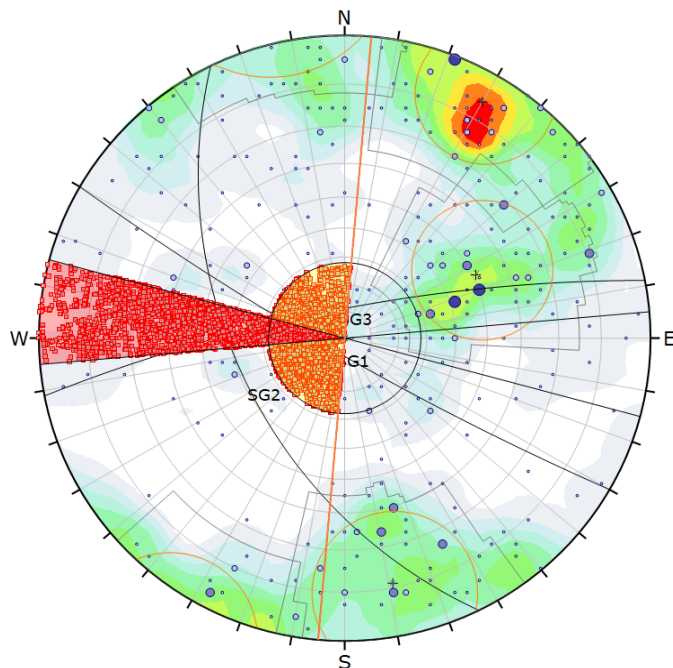
Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	95
Friction Angle	28°
Lateral Limits	10°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	14	354	3.95%
Flexural Toppling (Set 2: SG2)	8	84	9.52%

Color	Strike (Right)	Dip	Label
Mean Set Planes			
1m	120	84	SG1
2m	154	51	SG2
3m	259	79	SG3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	354 (354 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

"Direct Toppling" - Slänt V1



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Symbol	Feature
•	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.50
	0.50 - 1.00
	1.00 - 1.50
	1.50 - 2.00
	2.00 - 2.50
	2.50 - 3.00
	3.00 - 3.50
	3.50 - 4.00
	4.00 - 4.50
	4.50 - 5.00

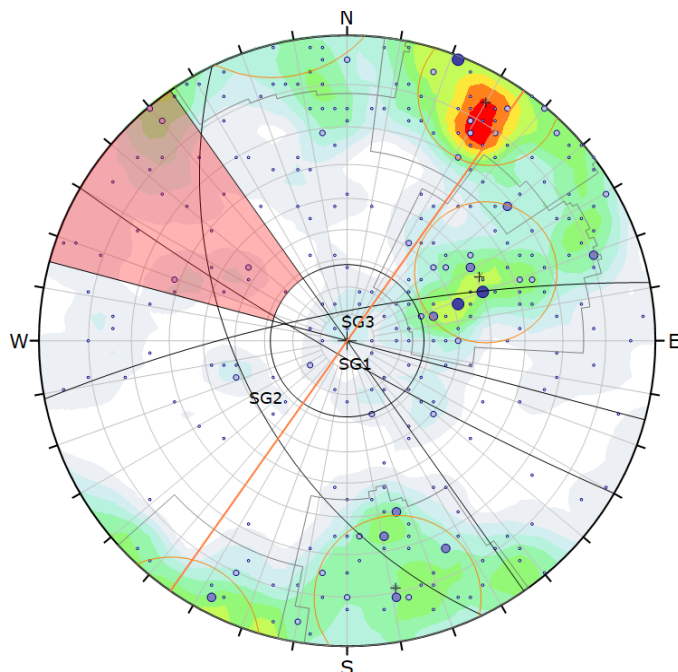
Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Direct Toppling
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	95
Friction Angle	28°
Lateral Limits	10°

	Critical	Total	%
Direct Toppling (Intersection)	6800	62441	10.89%
Oblique Toppling (Intersection)	7016	62441	11.24%
Base Plane (All)	18	354	5.08%

Color	Strike (Right)	Dip	Label
Mean Set Planes			
1m	120	84	SG1
2m	154	51	SG2
3m	259	79	SG3

Plant brott – Slänt V2



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.50
	0.50 - 1.00
	1.00 - 1.50
	1.50 - 2.00
	2.00 - 2.50
	2.50 - 3.00
	3.00 - 3.50
	3.50 - 4.00
	4.00 - 4.50
	4.50 - 5.00

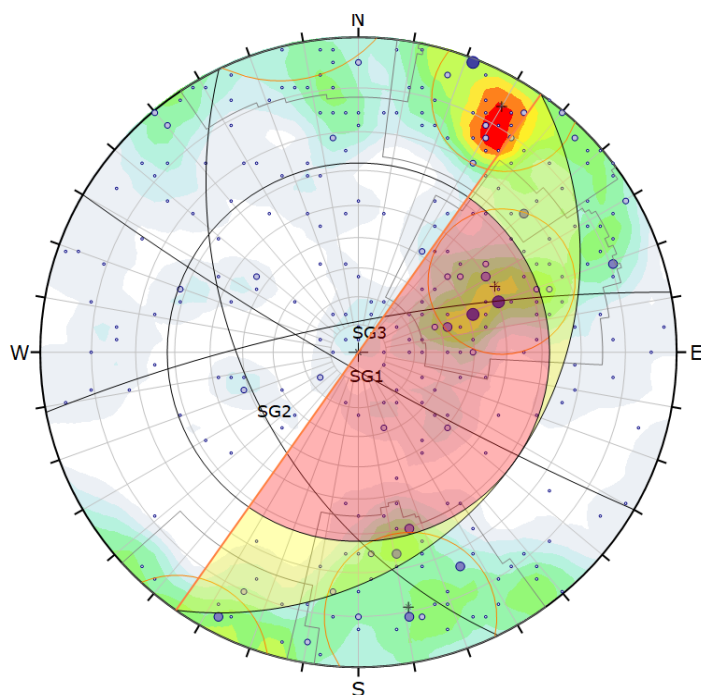
Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	125
Friction Angle	28°
Lateral Limits	20°
	Critical Total %
Planar Sliding (All)	27 354 7.63%

Color	Strike (Right)	Dip	Label
1m	120	84	SG1
2m	154	51	SG2
3m	259	79	SG3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	354 (354 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kilbrott – Slänt V2



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.50
	0.50 - 1.00
	1.00 - 1.50
	1.50 - 2.00
	2.00 - 2.50
	2.50 - 3.00
	3.00 - 3.50
	3.50 - 4.00
	4.00 - 4.50
	4.50 - 5.00

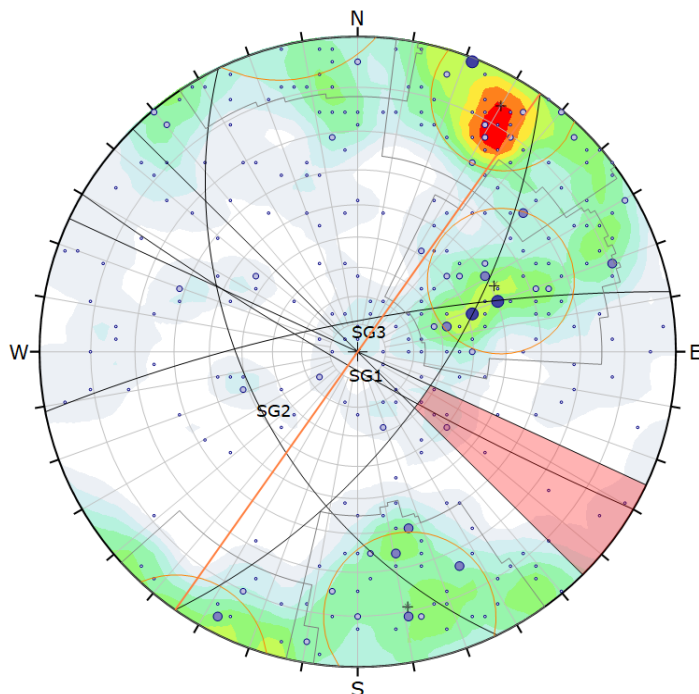
Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	125
Friction Angle	28°
	Critical Total %
Wedge Sliding	17296 62441 27.70%

Color	Strike (Right)	Dip	Label
1m	120	84	SG1
2m	154	51	SG2
3m	259	79	SG3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	354 (354 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

"Flexural Toppling" - Slänt V2



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.50
	0.50 - 1.00
	1.00 - 1.50
	1.50 - 2.00
	2.00 - 2.50
	2.50 - 3.00
	3.00 - 3.50
	3.50 - 4.00
	4.00 - 4.50
	4.50 - 5.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

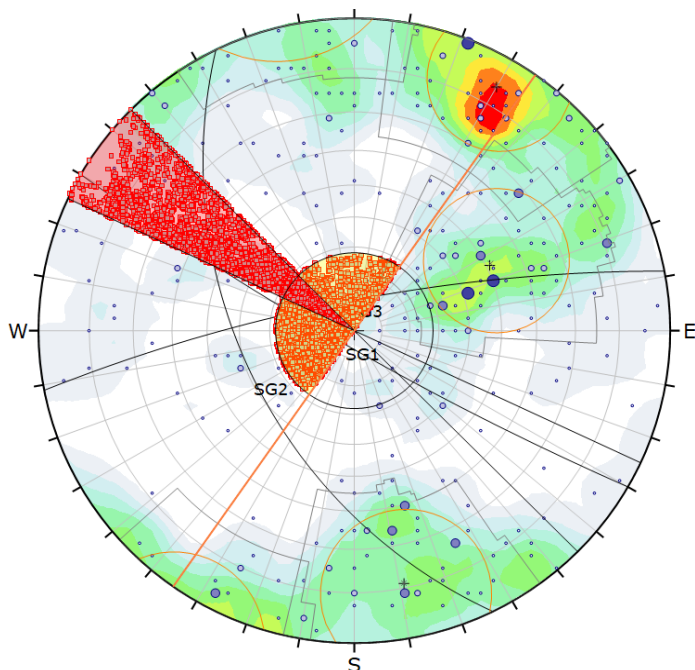
Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	125
Friction Angle	28°
Lateral Limits	10°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	9	354	2.54%

	Color	Strike (Right)	Dip	Label
Mean Set Planes				
1m		120	84	SG1
2m		154	51	SG2
3m		259	79	SG3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	354 (354 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

"Direct Toppling" - Slänt V2



Symbol	Scatter
•	1 Pole Vectors
•	2 Pole Vectors
•	3 Pole Vectors
•	4 Pole Vectors

Symbol	Feature
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.50
	0.50 - 1.00
	1.00 - 1.50
	1.50 - 2.00
	2.00 - 2.50
	2.50 - 3.00
	3.00 - 3.50
	3.50 - 4.00
	4.00 - 4.50
	4.50 - 5.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	4.82%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Direct Toppling
Slope Dip	90
Slope Dip Direction	125
Friction Angle	28°
Lateral Limits	10°

	Critical	Total	%
Direct Toppling (Intersection)	6298	62441	10.09%
Oblique Toppling (Intersection)	6330	62441	10.14%
Base Plane (All)	27	354	7.63%

	Color	Strike (Right)	Dip	Label
Mean Set Planes				
1m		120	84	SG1
2m		154	51	SG2
3m		259	79	SG3

Bilaga 2 – Indata överslagsberäkning Swedge

Beräkningsmetodik

Beräkning	Metod
Sampling metod	Latin Hypercube
Slumpvis fördelning	Pseudo-random
Sannolikhetsdistribution sprickorientering	Fisher-fördelning (genom standardavvikelse)

Indata partialfaktor

Partial Factors			×
Permanent Actions (A)			
Unfavourable	γ_G	1.1	
Favourable	γ_G	1	
Variable Actions (A)			
Unfavourable	γ_Q	1.4	
Favourable	γ_Q	0	
Material Parameters (M)			
Effective cohesion	γ_c	1.5	
Coefficient of shearing resistance	γ_σ	1.3	
Weight density	γ_γ	1	
Shear strength (other models)		1.5	
Resistance (R)			
Earth resistance	γ_{Re}	1	
Anchorage (R)			
Bolt tensile capacity	γ_a	1	
Seismic			
Seismic Coefficient		1	
Water			
Water Pressure		1	
Shotcrete			
Shotcrete Shear Strength		1	

Säkerhetsfaktor på förankring läggs på manuellt utanför analys

Indata vattentryck

Probabilistic Input Data ? ▲ ✕

Slope Upper Face Joint1 Strength1 Joint2 Strength2 Tension Crack Ponded Water **Joint Water** ◀ ▶

☒ Joint Water Pressure Exists

Pressure Distribution Type:
Peak Pressure - Toe ▼

Water Unit Weight (MN/m3): 0.00981

Water Depth Type
☒ Percent Filled
☐ Percent Slope Height

Hu

Mean Value: 1

Statistical Distribution: None ▼

Standard Deviation: 0

Relative Minimum: 0

Relative Maximum: 0

Percent Filled (%)

Mean Value: 100

Statistical Distribution: None ▼

Standard Deviation: 0

Relative Minimum: 0

Relative Maximum: 0

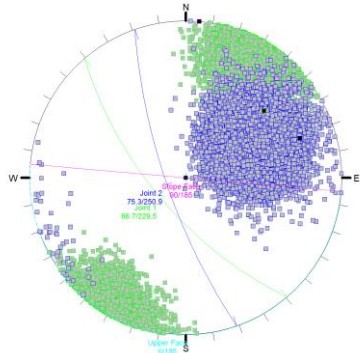
Advanced Joint Application...

Apply OK Cancel

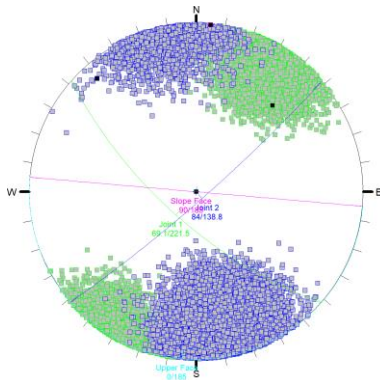
Indata sprickorientering

	Stupnings- riktning [°]	Stupning [°]	Fisher K [-]
SG1	210	84	36,50
SG2	244	51	17,15
SG3	349	79	23,31

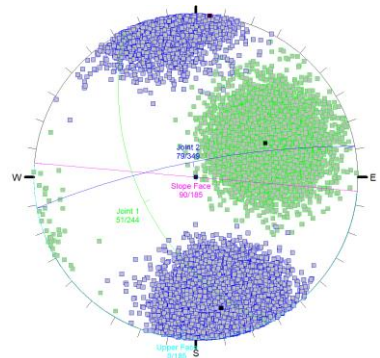
Spridning av polpunkter Fisherfördelning fall 1: SG1 & SG2



Spridning av polpunkter Fisherfördelning fall 2: SG1 & SG3



Spridning av polpunkter Fisherfördelning fall 3: SG2 & SG3



Bilaga 3 – Överslagsberäkning plant brott

Andel av sprickyta som påverkas av vatten	100%
Peak pressure toe=2, Peak pressure mid height=4	2,00
Partialfaktor pådrivande last, konstruktionslast på bergkil	1,1
Partialfaktor variabel last, Trafiklast på bergkil	1,4
Partialfaktor pådrivande last, geoteknisk last bergkil	1,1
Karakteristisk friktionsvinkel	35
Partialfaktor friktionsvinkel	1,3
Dimensionerande friktionsvinkel	28,3
Dim. Friktionskoefficient: $\tan(\varphi_{dim})$	0,539

Beräkning plant brott

Per längdmeter slänt

Slänt:

Nivå, max:

Nivå, min;

Sprickgrupp:

Stupning (68,26%):

Stupning (95,44%):

Antal m vattenpelare i jord:

Norra N1: 95/90

8

-20

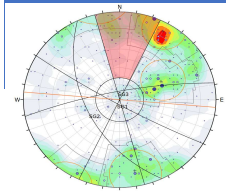
Sprickgrupp: SG1

84±15

84±25

0,0

N1 - Släntlutning 8:1 - Passiv



Lutning på slänt	Medelvattentryck	Höjd jordlager	Höjd Bergslänt	Stupning sprickplan	Längd överkant kil	Längd glidplan	Volym berg	Volym jord	Vertikal last berg+jord	Vertikal utbredd last	Horisontell linjelast per meter	Vertikal linjelast per meter	Pådrivande kraft exklusive förankring	Total kraft förankring	Installationsvinkel (nedåt från horisontalplan)	Kraft parallellt sprickplan pga förankring Tcos(α+γ)	Upplyftande kraft, vatten	Normalkraft sprickplan	Skjuv-motstånd	Mothållande kraft (inklusive förankring)	Resulterande kraft (Inklusive förstärkning)	Säkerhetsfaktor	Erforderlig bultkapacitet Tryck över släntyta Villkor SF>1
grader	kPa	m	m	°	m	m	m³	m³	kN	kPa	kN	kN	kN	kN	Grader	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kPa	
82,9	140,0	0,0	28,0	60,0	12,7	32,3	177,3	0,0	4787,7	20,0			4868,0	9736	0	4868,0	4526,4	-2005,9	0,0	4868,0	0,0	1,000	348
82,9	140,0	0,0	28,0	65,0	9,6	30,9	133,8	0,0	3612,4	20,0			3843,9	9095	0	3843,9	4325,2	-2717,8	0,0	3843,9	0,0	1,000	325
82,9	140,0	0,0	28,0	70,0	6,7	29,8	93,7	0,0	2529,3	20,0			2790,5	8159	0	2790,5	4171,6	-3260,7	0,0	2790,5	0,0	1,000	291
82,9	140,0	0,0	28,0	75,0	4,0	29,0	56,0	0,0	1513,0	20,0			1715,8	6629	0	1715,8	4058,3	-3646,0	0,0	1715,8	0,0	1,000	237
82,9	140,0	0,0	28,0	80,0	1,4	28,4	20,1	0,0	543,2	20,0			628,1	3617	0	628,1	3980,5	-3881,1	0,0	628,1	0,0	1,000	129
82,9	140,0	0,0	28,0	85,0	-1,1	28,1	-14,7	0,0	-397,0	20,0			-464,4		0	0,0	3935,0	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	0

Per längdmeter slänt

Slänt:

Nivå, max:

Nivå, min;

Sprickgrupp:

Stupning (68,26%):

Stupning (95,44%):

Antal m vattenpelare i jord:

Norra N2: 95/90

5

-10

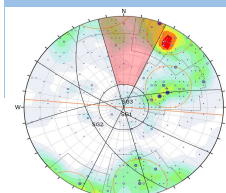
Sprickgrupp: SG1

84±15

84±25

0,0

N2 - Släntlutning 8:1 - Passiv



Lutning på slänt	Medelvattentryck	Höjd jordlager	Höjd Bergslänt	Stupning sprickplan	Längd överkant kil	Längd glidplan	Volym berg	Volym jord	Vertikal last berg+jord	Vertikal utbredd last	Horisontell linjelast per meter	Vertikal linjelast per meter	Pådrivande kraft exklusive förankring	Total kraft förankring	Installationsvinkel (nedåt från horisontalplan)	Kraft parallellt sprickplan pga förankring Tcos(α+γ)	Upplyftande kraft, vatten	Normalkraft sprickplan	Skjuv-motstånd	Mothållande kraft (inklusive förankring)	Resulterande kraft (Inklusive förstärkning)	Säkerhetsfaktor	Erforderlig bultkapacitet Tryck över släntyta Villkor SF>1
grader	kPa	m	m	°	m	m	m³	m³	kN	kPa	kN	kN	kN	kN	Grader	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kPa	
82,9	60,0	0,0	12,0	60,0	5,4	13,9	32,6	0,0	879,4			960,0	1752,2	3409	0	1704,7	831,4	88,3	47,6	1752,2	0,0	1,000	284
82,9	60,0	0,0	12,0	65,0	4,1	13,2	24,6	0,0	663,5			612,5	1272,1	3010	0	1272,1	794,4	-255,2	0,0	1272,1	0,0	1,000	251
82,9	60,0	0,0	12,0	70,0	2,9	12,8	17,2	0,0	464,6			265,0	754,1	2205	0	754,1	766,2	-516,7	0,0	754,1	0,0	1,000	184
82,9	60,0	0,0	12,0	75,0	1,7	12,4	10,3	0,0	277,9			265,0	576,8	2229	0	576,8	745,4	-604,9	0,0	576,8	0,0	1,000	186
82,9	60,0	0,0	12,0	80,0	0,6	12,2	3,7	0,0	99,8			265,0	395,2	2276	0	395,2	731,1	-667,8	0,0	395,2	0,0	1,000	190
82,9	60,0	0,0	12,0	85,0	-0,5	12,0	-2,7	0,0	-72,9				-79,9		0	0,0	722,8	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	0

Per längdmeter slänt

Slänt:

Nivå, max:

Nivå, min;

Sprickgrupp:

Stupning (68,26%):

Stupning (95,44%):

Antal m vattenpelare i jord:

Södra S1, 310/90

5

-20

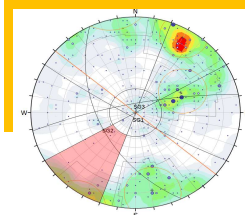
Sprickgrupp: SG1

84±15

84±25

0,0

S - Släntlutning 8:1 - Passiv



Lutning på slänt	Medelvattentryck	Höjd jordlager	Höjd Bergslänt	Stupning sprickplan	Längd överkant kil	Längd glidplan	Volym berg	Volym jord	Vertikal last berg+jord	Vertikal utbredd last	Horisontell linjelast per meter	Vertikal linjelast per meter	Pådrivande kraft exklusive förankring	Total kraft förankring	Installationsvinkel (nedåt från horisontalplan)	Kraft parallellt sprickplan pga förankring Tcos(α+γ)	Upplyftande kraft, vatten	Normalkraft sprickplan	Skjuv-motstånd	Mothållande kraft (Inklusive förankring)	Resulterande kraft (Inklusive förstärkning)	Säkerhetsfaktor	Erforderlig bultkapacitet Tryck över släntyta Villkor SF>1
grader	kPa	m	m	°	m	m	m³	m³	kN	kPa	kN	kN	kN	kN	Grader	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kPa	
82,9	125,0	4,0	25,0	70,0	6,0	26,6	74,7	23,9	2446,5	20,0			2686,0	7853	0	2686,0	3325,6	-2448,0	0,0	2686,0	0,0	1,000	314
82,9	125,0	4,0	25,0	75,0	3,6	25,9	44,7	14,3	1463,4	20,0			1651,6	6381	0	1651,6	3235,2	-2838,0	0,0	1651,6	0,0	1,000	255
82,9	125,0	4,0	25,0	80,0	1,3	25,4	16,0	5,1	525,5	20,0			604,6	3482	0	604,6	3173,2	-3077,5	0,0	604,6	0,0	1,000	139
82,9	125,0	4,0	25,0	80,0	1,3	25,4	16,0	5,1	525,5	20,0			604,6	3482	0	604,6	3173,2	-3077,5	0,0	604,6	0,0	1,000	139
82,9	125,0	4,0	25,0	85,0	-0,9	25,1	-11,7	-3,8	-384,0	20,0			-447,0		0	0,0	3136,9	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	0

Per längdmeter slänt

Slänt:

Nivå, max:

Nivå, min;

Sprickgrupp:

Stupning (68,26%):

Planbrott:

Antal m vattenpelare i jord:

Östra E, 220/90

4,5

-10

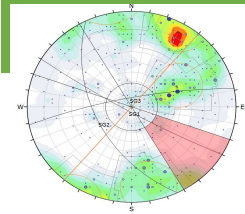
Sprickgrupp: SG3

79±20

79±30

0,0

E - Släntlutning 8:1 - Passiv



Lutning på slänt	Medelvattentryck	Höjd jordlager	Höjd Bergslänt	Stupning sprickplan	Längd överkant kil	Längd glidplan	Volym berg	Volym jord	Vertikal last berg+jord	Vertikal utbredd last	Horisontell linjelast per meter	Vertikal linjelast per meter	Pådrivande kraft exklusive förankring	Total kraft förankring	Installationsvinkel (nedåt från horisontalplan)	Kraft parallellt sprickplan pga förankring Tcos(α+γ)	Upplyftande kraft, vatten	Normalkraft sprickplan	Skjuv-motstånd	Mothållande kraft (inklusive förankring)	Resulterande kraft (Inklusive förstärkning)	Säkerhetsfaktor	Erforderlig bultkapacitet Tryck över släntyta Villkor SF>1
grader	kPa	m	m	°	m	m	m³	m³	kN	kPa		kN	kN	kN			kN	kN	kN	kN	kN	kN	kPa
82,9	75,0	0,0	15,0	50,0	10,7	19,6	80,3	0,0	2169,1	110,0		240,0	3022,9	4001	0	2571,9	1468,6	837,3	451,0	3022,9	0,0	1,000	267
82,9	75,0	0,0	15,0	55,0	8,6	18,3	64,7	0,0	1747,2	110,0		240,0	2645,8	4321	0	2478,4	1373,4	310,8	167,4	2645,8	0,0	1,000	288
82,9	75,0	0,0	15,0	60,0	6,8	17,3	50,9	0,0	1374,0	110,0		240,0	2248,6	4497	0	2248,6	1299,0	-118,8	0,0	2248,6	0,0	1,000	300
82,9	75,0	0,0	15,0	65,0	5,1	16,6	38,4	0,0	1036,7	110,0		240,0	1834,2	4340	0	1834,2	1241,3	-463,7	0,0	1834,2	0,0	1,000	289
82,9	75,0	0,0	15,0	70,0	3,6	16,0	26,9	0,0	725,9	110,0		240,0	1406,0	4111	0	1406,0	1197,2	-732,0	0,0	1406,0	0,0	1,000	274
82,9	75,0	0,0	15,0	75,0	2,1	15,5	16,1	0,0	434,2	110,0		240,0	967,0	3736	0	967,0	1164,7	-929,1	0,0	967,0	0,0	1,000	249
82,9	75,0	0,0	15,0	80,0	0,8	15,2	5,8	0,0	155,9	110,0		240,0	520,6	2998	0	520,6	1142,4	-1058,9	0,0	520,6	0,0	1,000	200
82,9	75,0	0,0	15,0	85,0	-0,6	15,1	-4,2	0,0	-113,9	110,0		240,0	70,3		0	0,0	1129,3	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	0

Beräkning plant brott

Per längdmeter slänt

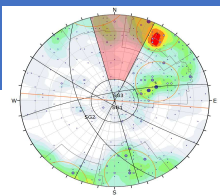
Nivå, max:

Stupning (68,26%):

Stupning (95,44%):
Antal m. vattensläckare i jord.

Norra N1: 95/90
4,5
-20
Sprickgrupp: SG1
84±15
84±25
0,0

N1 -Släntlutning 8:1 - Passiv (Inklusive last från utbyggnad)



Lutning på slänt	Medelvattentryck	Höjd jordlager	Höjd Bergslänt	Stupning sprickplan	Längd överkant kil	Längd glidplan	Volym berg	Volym jord	Vertikal last berg+jord	Vertikal utbredd last	Horisontell linjelast per meter	Vertikal linjelast per meter	Pådrivande kraft exklusive förankring	Total kraft förankring	Installationsvinkel (nedåt från horisontalplan)	Kraft parallellt sprickplan pga förankring Tcos(α+γ)	Upplyftande kraft, vatten	Normalkraft sprickplan	Skjuv- motstånd	Mothållande kraft (inklusive förankring)	Resulterande kraft (inklusive förstärkning)	Säkerhetsfaktor	Erforderlig bultkapacitet Tryck över släntyta Villkor SF>1
grader	kPa	m	m	°	m	m	m³	m³	kN	kPa	kN	kN	kN	kN	Grader	kN	kN	kN	kN	kN	kN	-	kPa
82,9	125,0	0,0	25,0	60,0	11,3	28,9	141,4	0,0	3816,7	75,5	160,0	4601,2	9202	0	4601,2	3608,4	-1193,4	0,0	4601,2	0,0	1,000	368	
82,9	125,0	0,0	25,0	65,0	8,5	27,6	106,7	0,0	2879,8	75,5	160,0	3672,3	8699	0	3672,3	3448,1	-1891,3	0,0	3672,3	0,0	1,000	348	
82,9	125,0	0,0	25,0	70,0	6,0	26,6	74,7	0,0	2016,3	75,5	160,0	2715,5	7940	0	2715,5	3235,6	-2427,0	0,0	2715,5	0,0	1,000	318	
82,9	125,0	0,0	25,0	75,0	3,6	25,9	44,7	0,0	1206,1	75,5	160,0	1738,1	6715	0	1738,1	3235,2	-2811,9	0,0	1738,1	0,0	1,000	269	
82,9	125,0	0,0	25,0	80,0	1,3	25,4	16,0	0,0	433,1	75,5	160,0	747,4	4304	0	747,4	3173,2	-3053,4	0,0	747,4	0,0	1,000	172	
82,9	125,0	0,0	25,0	85,0	-0,9	25,1	-11,7	0,0	-316,5	75,5	160,0	-249,0		0	0,0	3136,9	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	0	

Beräkning plant brott

Per längdmeter slänt

Slänt:

Norra N1: 95/90

Nivå, max:

8

Nivå, min:

-20

Sprickgrupp:

SG1

Stupning (68,26%):

84115

Stupning (95,44%):

84125

Antal m vattenpelare i jord:

0,0

N1 - Släntlutning 8:1 - Aktiv

Släntlutning	Medelvattentryck	Höjd jordlager	Höjd Bergslänt	Stupning sprickplan	Längd överkant kil	Längd glidplan	Volym berg	Volym jord	Vertikal last berg+jord	Vertikal utbredd last	Horisontell linjelast per meter	Vertikal linjelast per meter	Pådrivande kraft (exklusive förankring)	Upplyftande kraft, vatten	Total förspänningskraft förankring	Installationsvinkel (nedåt från horisontalplan)	Kraft parallellt sprickplan pga förankring $T\cos(\alpha+\psi)$	Kraft vinkelrätt sprickplan pga förankring $T\sin(\alpha)$	Total normalkraft sprickplan	Skjuv-motstånd (inklusive förstärkning)	Pådrivande kraft (inklusive reducering pga förstärkning)	Resulterande kraft (inklusive förstärkning)	Säkerhetsfaktor	Erforderlig bultkapacitet Tryck över släntyta Villkor SF>1
grader	kPa	m	m	°	m	m	m³	m³	kN	kPa	kN	kN	kN	kN	kN	°	kN	kN	kN	kN	kN	kPa		
82,9	140,0	0,0	28,0	60,0	12,7	32,3	177,3	0,0	4787,7	20,0			4868,0	4526,4	6155,0	0,0	3077,5	5330,4	3324,5	1790,6	-0,1	1,0	220	
82,9	140,0	0,0	28,0	65,0	9,6	30,9	133,8	0,0	3612,4	20,0			3843,9	4325,2	5830,0	0,0	2463,9	5283,8	2566,0	1382,1	-2,1	1,0	208	
82,9	140,0	0,0	28,0	70,0	6,7	29,8	93,7	0,0	2529,3	20,0			2790,5	4171,6	5370,0	0,0	1836,6	5046,1	1785,4	961,7	-7,8	1,0	192	
82,9	140,0	0,0	28,0	75,0	4,0	29,0	56,0	0,0	1513,0	20,0			1715,8	4058,3	4725,0	0,0	1222,9	4564,0	918,0	494,5	-1,6	1,0	169	
82,9	140,0	0,0	28,0	80,0	1,4	28,4	20,1	0,0	543,2	20,0			628,1	3980,5	4360,0	5,0	380,0	4343,4	462,3	248,1	-0,9	1,0	156	
82,9	140,0	0,0	28,0	85,0	-1,1	28,1	-14,7	0,0	-397,0	20,0			-464,4	3935,0		0,0	0,0	0,0	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	-464,4	#VALUE!	#VALUE!	0

Per längdmeter slänt

Slänt:

Norra N2: 95/90

Nivå, max:

2

Nivå, min:

-10

Sprickgrupp:

SG1

Stupning (68,26%):

84115

Stupning (95,44%):

84125

Antal m vattenpelare i jord:

0,0

N2 - Släntlutning 8:1 - Aktiv

Per längdmeter slänt

Slänt:

Södra S1: 310/90

Nivå, max:

5

Nivå, min:

-20

Sprickgrupp:

SG1

Stupning (68,26%):

84115

Stupning (95,44%):

84125

Antal m vattenpelare i jord:

0,0

S - Släntlutning 8:1 - Aktiv

Per längdmeter slänt

Slänt:

Östra, 220/90

Nivå, max:

4,5

Nivå, min:

-10

Sprickgrupp:

SG3

Stupning (68,26%):

79120

Planbrott:

79130

Antal m vattenpelare i jord:

0,0

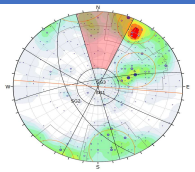
E - Släntlutning 8:1 - Aktiv

Beräkning plant brott

Per längdmeter slänt
Slänt:
Nivå, max:
Nivå, min:
Sprickgrupp:
Stupning (68,26%):
Stupning (95,44%):
Antal m vattenpelare i jord:

Norra N1: 95/90
8
-20
Sprickgrupp: S61
84±15
84±25
0,0

N1 -Släntlutning 8:1 - Aktiv (Inklusive last från utbyggnad)

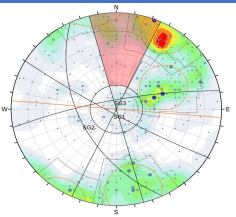


Släntlutning	Medelvattentryck	Höjd jordlager	Höjd Bergslänt	Stupning sprickplan	Längd överkant kil	Längd glidplan	Volym berg	Volym jord	Vertikal last berg+jord	Vertikal utbredd last	Horisontell linjelast per meter	Vertikal linjelast per meter	Pådrivande kraft (exklusive förankring)	Upplyftande kraft, vatten	Total förspänningskraft förankring	Installationsvinkel (nedåt från horisontalplan)	Kraft parallellt sprickplan pga förankring Tcos(α+β)	Kraft vinkelrätt sprickplan pga förankring Tsin(α)	Total normalkraft sprickplan	Skjuv-motstånd (inklusive förstärkning)	Pådrivande kraft (inklusive reducering pga förstärkning)	Resulterande kraft (inklusive förstärkning)	Säkerhetsfaktor	Erforderlig bultkapacitet Tryck över släntyta Villkor SF>1
grader	kPa	m	m	°	m	m	m³	m³	kN	kPa	kN	kN	kN	kN	kN	°	kN	kN	kN	kN	kN	kN		kPa
82,9	125,0	0,0	25,0	60,0	11,3	28,9	141,4	0,0	3816,7	75,5		160,0	4601,2	3608,4	5430,0	0,0	2715,0	4702,5	3509,1	1890,1	1886,2	-3,9	1,0	217
82,9	125,0	0,0	25,0	65,0	8,5	27,6	106,7	0,0	2879,8	75,5		160,0	3672,3	3448,1	5190,0	0,0	2197,6	4712,8	2821,5	1519,7	1474,7	-45,0	1,0	208
82,9	125,0	0,0	25,0	70,0	6,0	26,6	74,7	0,0	2016,3	75,5		160,0	2715,5	3225,6	4750,0	0,0	1624,6	4463,5	2036,5	1090,9	1090,9	-6,0	1,0	190
82,9	125,0	0,0	25,0	75,0	3,6	25,9	44,7	0,0	1206,1	75,5		160,0	1738,1	3235,2	4200,0	0,0	1087,0	4056,9	1245,0	670,6	651,0	-19,6	1,0	168
82,9	125,0	0,0	25,0	80,0	1,3	25,4	16,0	0,0	433,1	75,5		160,0	747,4	3173,2	3835,0	5,0	334,2	3820,4	767,0	413,1	413,1	0,0	1,0	153
82,9	125,0	0,0	25,0	85,0	-0,9	25,1	-11,7	0,0	-316,5	75,5		160,0	-249,0	3136,9		0,0	0,0	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	-249,0	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	0

Beräkning plant brott

Per längdmeter slänt

Slänt:	Norra N1: 95/90
Nivå, max:	8
Nivå, min:	-20
Sprickgrupp:	SG1
Stupning (68,26%):	84±15
Stupning (95,44%):	84±25
Antal m vattenpelare i jord:	0,0

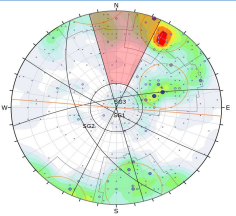


N1 - Släntlutning 5:1 - Passiv

Lutning på slänt	Medelvattentryck	Höjd jordlager	Höjd Bergslänt	Stupning sprickplan	Längd överkant kil	Längd glidplan	Volym berg	Volym jord	Vertikal last berg+jord	Vertikal utbredd last	Horisontell linjelast per meter	Vertikal linjelast per meter	Pådrivande kraft exklusive förankring	Total kraft förankring	Installationsvinkel (nedåt från horisontalplan)	Kraft parallellt sprickplan pga förankring Tcos(α+γ)	Upplyftande kraft, vatten	Normalkraft sprickplan	Skjuv-motstånd	Mothållande kraft (Inklusive förankring)	Resulterande kraft (Inklusive förstärkning)	Säkerhetsfaktor	Erforderlig bultkapacitet Tryck över släntyta Villkor SF>1
grader	kPa	m	m	°	m	m	m³	m³	kN	kPa	kN	kN	kN	kN	Grader	kN	kN	kN	kN	kN	kN	-	kPa
78,7	140,0	0,0	28,0	60,0	10,6	32,3	147,9	0,0	3993,9	20,0			4060,9	8123	0	4061	4526,4	-2423,8	0,0	4061,3	-0,4	1,000	290
78,7	140,0	0,0	28,0	65,0	7,5	30,9	104,4	0,0	2818,6	20,0			2999,2	7097	0	2999	4325,2	-3071,0	0,0	2999,5	-0,3	1,000	253
78,7	140,0	0,0	28,0	70,0	4,6	29,8	64,3	0,0	1735,5	20,0			1914,7	5599	0	1915	4171,6	-3546,6	0,0	1914,9	-0,2	1,000	200
78,7	140,0	0,0	28,0	75,0	1,9	29,0	26,6	0,0	719,2	20,0			815,6	3152	0	816	4058,3	-3862,3	0,0	815,7	-0,1	1,000	113
78,7	140,0	0,0	28,0	80,0	-0,7	28,4	-9,3	0,0	-250,6	20,0			-289,7		0	0	3980,5	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	0
78,7	140,0	0,0	28,0	85,0	-3,2	28,1	-44,1	0,0	-1190,8	20,0			-1392,8		0	0	3935,0	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	0

Per längdmeter slänt

Slänt:	Norra N2: 95/90
Nivå, max:	5
Nivå, min:	-10
Sprickgrupp:	SG1
Stupning (68,26%):	84±15
Stupning (95,44%):	84±25
Antal m vattenpelare i jord:	0,0

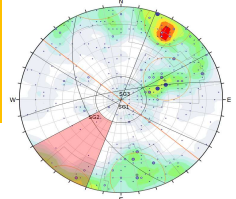


N2 - Släntlutning 5:1 - Passiv

Lutning på slänt	Medelvattentryck	Höjd jordlager	Höjd Bergslänt	Stupning sprickplan	Längd överkant kil	Längd glidplan	Volym berg	Volym jord	Vertikal last berg+jord	Vertikal utbredd last	Horisontell linjelast per meter	Vertikal linjelast per meter	Pådrivande kraft exklusive förankring	Total kraft förankring	Installationsvinkel (nedåt från horisontalplan)	Kraft parallellt sprickplan pga förankring Tcos(α+γ)	Upplyftande kraft, vatten	Normalkraft sprickplan	Skjuv-motstånd	Mothållande kraft (Inklusive förankring)	Resulterande kraft (Inklusive förstärkning)	Säkerhetsfaktor	Erforderlig bultkapacitet Tryck över släntyta Villkor SF>1
grader	kPa	m	m	°	m	m	m³	m³	kN	kPa	kN	kN	kN	kN	Grader	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kPa
78,7	60,0	0,0	12,0	60,0	4,5	13,9	27,2	0,0	733,6			960,0	1613,3	3210	0	1605	831,4	15,4	8,3	1613,5	-0,2	1,000	268
78,7	60,0	0,0	12,0	65,0	3,2	13,2	19,2	0,0	517,7			612,5	1126,7	2666	0	1127	794,4	-316,8	0,0	1126,9	-0,1	1,000	222
78,7	60,0	0,0	12,0	70,0	2,0	12,8	11,8	0,0	318,8			265,0	603,4	1764	0	603	766,2	-566,6	0,0	603,5	-0,1	1,000	147
78,7	60,0	0,0	12,0	75,0	0,8	12,4	4,9	0,0	132,1			265,0	421,9	1630	0	422	745,4	-642,6	0,0	422,0	0,0	1,000	136
78,7	60,0	0,0	12,0	80,0	-0,3	12,2	-1,7	0,0	-46,0			265,0	237,2		0	0	731,1	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	0
78,7	60,0	0,0	12,0	85,0	-1,4	12,0	-8,1	0,0	-218,7				-239,7		0	0	722,8	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	0

Per längdmeter slänt

Slänt	Södra S1, 310/90
Nivå, max:	5
Nivå, min:	-20
Sprickgrupp:	SG1
Stupning (68,26%):	84±15
Stupning (95,44%):	84±25
Antal m vattenpelare i jord	0,0

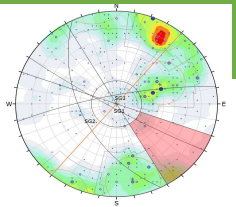


S - Släntlutning 5:1 - Passiv

Lutning på slänt	Medelvattentryck	Höjd jordlager	Höjd Bergslänt	Stupning sprickplan	Längd överkant kil	Längd glidplan	Volym berg	Volym jord	Vertikal last berg+jord	Vertikal utbredd last	Horisontell linjelast per meter	Vertikal linjelast per meter	Pådrivande kraft exklusive förankring	Total kraft förankring	Installationsvinkel (nedåt från horisontalplan)	Kraft parallellt sprickplan pga förankring Tcos(α+γ)	Upplyftande kraft, vatten	Normalkraft sprickplan	Skjuv-motstånd	Mothållande kraft (Inklusive förankring)	Resulterande kraft (Inklusive förstärkning)	Säkerhetsfaktor	Erforderlig bultkapacitet Tryck över släntyta Villkor SF>1
grader	kPa	m	m	°	m	m	m³	m³	kN	kPa	kN	kN	kN	kN	Grader	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kPa
78,7	125,0	4,0	25,0	70,0	4,1	26,6	51,2	16,4	1678,6	20,0			1843,0	5389	0	1843,2	3325,6	-2723,4	0,0	1843,2	-0,2	1,000	216
78,7	125,0	4,0	25,0	75,0	1,7	25,9	21,2	6,8	695,6	20,0			785,1	3034	0	785,1	3235,2	-3046,4	0,0	785,1	-0,1	1,000	121
78,7	125,0	4,0	25,0	80,0	-0,6	25,4	-7,4	-2,4	-242,4	20,0			-278,9		0	0	3173,2	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	0
78,7	125,0	4,0	25,0	80,0	-0,6	25,4	-7,4	-2,4	-242,4	20,0			-278,9		0	0	3173,2	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	0
78,7	125,0	4,0	25,0	85,0	-2,8	25,1	-35,2	-11,3	-1151,8	20,0			-1340,7		0	0	3136,9	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	0

Per längdmeter slänt

Slänt	Östra, 220/90
Nivå, max:	4,5
Nivå, min:	-10
Sprickgrupp:	SG3
Stupning (68,26%):	79±20
Planbrott	79±30
Antal m vattenpelare i jord	0,0



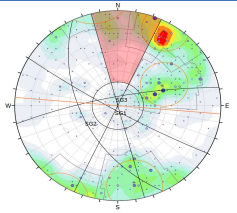
E - Släntlutning 5:1 - Passiv

Lutning på slänt	Medelvattentryck	Höjd jordlager	Höjd Bergslänt	Stupning sprickplan	Längd överkant kil	Längd glidplan	Volym berg	Volym jord	Vertikal last berg+jord	Vertikal utbredd last	Horisontell linjelast per meter	Vertikal linjelast per meter	Pådrivande kraft exklusive förankring	Total kraft förankring	Installationsvinkel (nedåt från horisontalplan)	Kraft parallellt sprickplan pga förankring Tcos(α+γ)	Upplyftande kraft, vatten	Normalkraft sprickplan	Skjuv-motstånd	Mothållande kraft (Inklusive förankring)	Resulterande kraft (Inklusive förstärkning)	Säkerhetsfaktor	Erforderlig bultkapacitet Tryck över släntyta Villkor SF>1
grader	kPa	m	m	°	m	m	m³	m³	kN	kPa	kN	kN	kN	kN	Grader	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kPa
78,7	75,0	0,0	15,0	50,0	9,6	19,6	71,9	0,0	1941,3	110,0		240,0	2726,6	3730	0	2397,6	1468,6	611,3	329,3	2726,9	-0,3	1,000	249
78,7	75,0	0,0	15,0	55,0	7,5	18,3	56,3	0,0	1519,4	110,0		240,0	2329,0	3958	0	2270,4	1373,4	109,2	58,8	2329,2	-0,2	1,000	264
78,7	75,0	0,0	15,0	60,0	5,7	17,3	42,5	0,0	1146,2	110,0		240,0	1913,7	3828	0	1913,9	1299,0	-294,6	0,0	1913,9	-0,2	1,000	255
78,7	75,0	0,0	15,0	65,0	4,0	16,6	30,0	0,0	808,9	110,0		240,0	1483,8	3511	0	1483,9	1241,3	-612,3	0,0	1483,9	-0,1	1,000	234
78,7	75,0	0,0	15,0	70,0	2,5	16,0	18,4	0,0	498,1	110,0		240,0	1042,6	3049	0	1042,7	1197,2	-852,2	0,0	1042,7	-0,1	1,000	203
78,7	75,0	0,0	15,0	75,0	1,0	15,5	7,6	0,0	206,4	110,0		240,0	593,4	2293	0	593,5	1164,7	-1020,1	0,0	593,5	-0,1	1,000	153
78,7	75,0	0,0	15,0	80,0	-0,4	15,2	-2,7	0,0	-71,9	110,0		240,0	139,8		0	0	1142,4	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	0
78,7	75,0	0,0	15,0	85,0	-1,7	15,1	-12,7	0,0	-341,8	110,0		240,0	-314,9		0	0	1129,3	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	0

Beräkning plant brott

Per längdmeter slänt	
Slänt:	Norra N1: 95/90
Nivå, max:	4,5
Nivå, min:	-20
Sprickgrupp:	SG1
Stupning (68,26%):	84±15
Stupning (95,44%):	84±25
Antal m vattenpelare i jord:	0,0

N1 -Släntlutning 5:1 - Passiv (Inklusive last från utbyggnad)



Lutning på slänt	Medelvattentryck	Höjd jordlager	Höjd Bergslänt	Stupning sprickplan	Längd överkant kil	Längd glidplan	Volym berg	Volym jord	Vertikal last berg+jord	Vertikal utbredd last	Horisontell linjelast per meter	Vertikal linjelast per meter	Pådrivande kraft exklusive förankring	Total kraft förankring	Installationsvinkel (nedåt från horisontalplan)	Kraft parallellt sprickplan pga förankring Tcos(α+γ)	Upplyftande kraft, vatten	Normalkraft sprickplan	Skjuv-motstånd	Mothållande kraft (Inklusive förankring)	Resulterande kraft (Inklusive förstärkning)	Säkerhetsfaktor	Erforderlig bultkapacitet Tryck över släntyta Villkor SF>1
grader	kPa	m	m	°	m	m	m³	m³	kN	kPa	kN	kN	kN	kN	Grader	kN	kN	kN	kN	kN	kN	-	kPa
78,7	125,0	0,0	25,0	60,0	9,4	28,9	117,9	0,0	3183,9	75,5		160,0	3863,6	7728	0	3864	3608,4	-1580,6	0,0	3864,0	-0,4	1,000	309
78,7	125,0	0,0	25,0	65,0	6,7	27,6	83,2	0,0	2247,0	75,5		160,0	2900,4	6864	0	2901	3448,1	-2218,5	0,0	2900,7	-0,3	1,000	275
78,7	125,0	0,0	25,0	70,0	4,1	26,6	51,2	0,0	1383,5	75,5		160,0	1915,2	5600	0	1915	3325,6	-2691,9	0,0	1915,4	-0,2	1,000	224
78,7	125,0	0,0	25,0	75,0	1,7	25,9	21,2	0,0	573,3	75,5		160,0	915,4	3537	0	915	3235,2	-3012,3	0,0	915,4	-0,1	1,000	141
78,7	125,0	0,0	25,0	80,0	-0,6	25,4	-7,4	0,0	-199,7	75,5		160,0	-91,4		0	0	3173,2	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	0
78,7	125,0	0,0	25,0	85,0	-2,8	25,1	-35,2	0,0	-949,3	75,5		160,0	-1097,5		0	0	3136,9	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	0

Beräkning plant brott

Per längdmeter slänt

Slänt:

Norra N1: 95/90

Nivå, max:

8

Nivå, min:

-20

Sprickgrupp:

SG1

Stupning (68,26%):

84±15

Stupning (95,44%):

84±25

Antal m vattenpelare i jord:

0,0

N1 - Släntlutning 5:1 - Aktiv

Släntlutning	Medelvattentryck	Höjd jordlager	Höjd Bergslänt	Stupning sprickplan	Längd överkant kil	Längd glidplan	Volym berg	Volym jord	Vertikal last berg+jord	Vertikal utbredd last	Horisontell linjelast per meter	Vertikal linjelast per meter	Pådrivande kraft (exklusive förankring)	Upplýftande kraft, vatten	Total förspänningskraft förankring	Installationsvinkel (nedåt från horisontalplan)	Kraft parallellt sprickplan pga förankring $Tcos(\alpha+\psi)$	Kraft vinkelrätt sprickplan pga förankring $Tsin(\alpha)$	Total normalkraft sprickplan	Skjuv-motsstånd (inklusive förstärkning)	Pådrivande kraft (inklusive reducering pga förstärkning)	Resulterande kraft (inklusive förstärkning)	Säkerhetsfaktor	Erforderlig bultkapacitet Tryck över släntyta Villkor SF>1
grader	kPa	m	m	°	m	m	m³	m³	kN	kPa	kN	kN	kN	kN	kN	°	kN	kN	kN	kN	kN			
78,7	140,0	0,0	28,0	60,0	10,6	32,3	147,9	0,0	3993,9	20,0			4060,9	4526,4	5555,0	0,0	2777,5	4810,8	2386,9	1285,7	1283,4	-2,3	1,0	198,4
78,7	140,0	0,0	28,0	65,0	7,5	30,9	104,4	0,0	2818,6	20,0			2999,2	4325,2	5110,0	0,0	2159,6	4631,2	1560,2	840,4	839,6	-0,7	1,0	182,5
78,7	140,0	0,0	28,0	70,0	4,6	29,8	64,3	0,0	1735,5	20,0			1914,7	4171,6	4510,0	0,0	1542,5	4238,0	691,4	372,4	372,2	-0,2	1,0	161,1
78,7	140,0	0,0	28,0	75,0	1,9	29,0	26,6	0,0	719,2	20,0			815,6	4058,3	4120,0	5,0	715,4	4057,4	195,1	105,1	100,2	-4,9	1,0	147,1
78,7	140,0	0,0	28,0	80,0	-0,7	28,4	-9,3	0,0	-250,6	20,0			-289,7	3980,5		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	#VALUE!	#VALUE!	0,0
78,7	140,0	0,0	28,0	85,0	-3,2	28,1	-44,1	0,0	-1190,8	20,0			-1392,8	3935,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	#VALUE!	#VALUE!	0,0

Per längdmeter slänt

Slänt:

Norra N2: 95/90

Nivå, max:

2

Nivå, min:

-10

Sprickgrupp:

SG1

Stupning (68,26%):

84±15

Stupning (95,44%):

84±25

Antal m vattenpelare i jord:

0,0

N2 - Släntlutning 5:1 - Aktiv

Per längdmeter slänt

Slänt:

Södra S1, 310/90

Nivå, max:

5

Nivå, min:

-20

Sprickgrupp:

SG1

Stupning (68,26%):

84±15

Stupning (95,44%):

84±25

Antal m vattenpelare i jord:

0,0

S - Släntlutning 5:1 - Aktiv

Per längdmeter slänt

Slänt:

Östra, 220/90

Nivå, max:

4,5

Nivå, min:

-10

Sprickgrupp:

SG3

Stupning (68,26%):

79±20

Stupning (95,44%):

79±30

Antal m vattenpelare i jord:

0,0

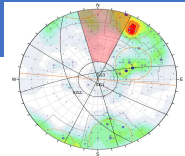
E - Släntlutning 5:1 - Aktiv

Beräkning plant brott

Per längdmeter slänt

Slänt:	Norra N1: 95/90
Nivå, max:	4,5
Nivå, min:	-20
Sprickgrupp:	Sprickgrupp: SG1
Stupning (68,26%):	84±15
Stupning (95,44%):	84±25
Antal m vattenpelare i jord:	0,0

N1 -Släntlutning 5:1 - Aktiv (Inklusive last från utbyggnad)



Släntlutning	Medelvattentryck	Höjd jordlager	Höjd Bergslänt	Stupning sprickplan	Längd överkant kil	Längd glidplan	Volym berg	Volym jord	Vertikal last berg+jord	Vertikal utbredd last	Horisontell linjelast per meter	Vertikal linjelast per meter	Pådrivande kraft (exklusive förankring)	Upplyftande kraft, vatten	Total förspänningskraft förankring	Installationsvinkel (nedåt från horisontalplan)	Kraft parallellt sprickplan pga förankring $T\cos(\alpha+\psi)$	Kraft vinkelrätt sprickplan pga förankring $T\sin(\alpha)$	Total normalkraft sprickplan	Skjuv-motstånd (inklusive förstärkning)	Pådrivande kraft (inklusive reducering pga förstärkning)	Resulterande kraft (inklusive förstärkning)	Säkerhetsfaktor	Erforderlig bultkapacitet Tryck över släntyta Villkor SF>1
grader	kPa	m	m	°	m	m	m³	m³	kN	kPa	kN	kN	kN	kN	kN	°	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kPa	
78,7	125,0	0,0	25,0	60,0	9,4	28,9	117,9	0,0	3183,9	75,5		160,0	3863,6	3608,4	4900,0	0,0	2450,0	4243,5	2662,9	1434,3	1413,6	-20,7	1,0	196,0
78,7	125,0	0,0	25,0	65,0	6,7	27,6	83,2	0,0	2247,0	75,5		160,0	2900,4	3448,1	4500,0	0,0	1901,8	4078,4	1859,9	1001,8	998,6	-3,1	1,0	180,0
78,7	125,0	0,0	25,0	70,0	4,1	26,6	51,2	0,0	1383,5	75,5		160,0	1915,2	3325,6	3980,0	0,0	1361,2	3740,0	1048,1	564,5	553,9	-10,6	1,0	159,2
78,7	125,0	0,0	25,0	75,0	1,7	25,9	21,2	0,0	573,3	75,5		160,0	915,4	3235,2	3610,0	5,0	626,9	3555,2	542,9	292,4	288,5	-3,9	1,0	144,4
78,7	125,0	0,0	25,0	80,0	-0,6	25,4	-7,4	0,0	-199,7	75,5		160,0	-91,4	3173,2		0,0	0,0	0,0	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	-91,4	#VALUE!	#VALUE!	0,0
78,7	125,0	0,0	25,0	85,0	-2,8	25,1	-35,2	0,0	-949,3	75,5		160,0	-1097,5	3136,9		0,0	0,0	0,0	Beräkningsfall ej relevant	#VALUE!	-1097,5	#VALUE!	#VALUE!	0,0