PM Geoteknik

Kneippen, Norrköping
Detaljerad stabilitetsutredning

Uppdrag:	Kneippen NRK Detaljerad stabilitetsutredning
Uppdragsnummer:	30057079
Kund:	Norrköpings kommun
Handläggare:	Märta Lidén
Granskare:	Magnus Strömhag
Datum:	2023-09-15
Dokumentreferens:	LM g:_5 teams\22284\sto\adm\uppdrag\2023\30057079 kneippen stabilitetsutredning\10_text\g\30057079 pm geoteknik.docx

SWECO

Innehållsförteckning

1 Objekt 4

2 Syfte 4

3 Underlag 4
3.1 Geotekniskt arkivmaterial 5

4 Styrande och rådgivande dokument....6

5 Befintliga förhållanden 6
5.1 Översiktlig geologi 6
5.2 Befintlig bebyggelse 7
5.3 Topografi och ytbeskaffenhet 7
5.4 Motala ström 7

6 Geotekniska förhållanden 8
6.1 Jordlager 8
6.2 Härledda och valda värden 8

7 Hydrogeologiska förhållanden 10
7.1 Grundvatten 10
7.2 Motala ström 10

8 Stabilitetsberäkningar 10
8.1 Beräkningsmetodik 10
8.2 Krav 11
8.3 Förutsättningar 12
8.4 Resultat 13
8.5 Känslighetsanalyser 14

9 Erosion 15
9.1 Befintliga förhållanden 15
9.2 Framtida förhållanden 16

10 Slutsats och rekommendationer 18
10.1 Slutsats 18
10.2 Rekommendationer 18

Bilagor

Beteckning		*Datum*	*Rev. datum*	*Sidor*	*Sidnummer*
Bilaga 1	Stabilitetsberäkningar sektion A	2023-09-01		1	20
Bilaga 2	Stabilitetsberäkningar sektion B	2023-09-01		2	21-22
Bilaga 3	Stabilitetsberäkningar sektion C	2023-09-01		3	23-25
Bilaga 4	Stabilitetsberäkningar sektion D	2023-09-01		3	26-28
Bilaga 5	Stabilitetsberäkningar sektion E	2023-09-01		2	29-30
Bilaga 6	Stabilitetsberäkningar sektion F	2023-09-01		2	31-32
Bilaga 7	Känslighetsanalys markbelastning	2023-09-01		2	33-35
Bilaga 8	Känslighetsanalys vattennivåer	2023-09-01		4	36-38
Bilaga 9	Sammanställd värdering av vald kravnivå	2023-09-01		5	39-43

Sammanfattning

Sweco har utfört en geoteknisk undersökning och detaljerad stabilitetsutredning för att bedöma stabilitetssituationen längs en ca 400 m lång sträcka utmed Motala ström i Kneippen, Norrköping.

Undersökningen visar att jordprofilen består av växellagrade sediment av grus, sand, silt och lera med varierande sammansättning och lagringstäthet. I strandkanten finns längs större delen av sträckan en stenmur i varierande skick. I vissa områden, där muren är i sämre skick samt i öster där muren avslutas och övergår till slänt, finns tecken på pågående erosion.

Stabiliteten för gångväg och befintlig bebyggelse är tillfredsställande vid nuvarande förhållanden, men det finns risk för lokal instabilitet i strandkanten om förutsättningarna förändras, såsom ytterligare erosion eller om delar av muren rasar.

I framtida klimat förväntas mer frekventa perioder med höga flöden. Åtgärd i form av erosionsskydd rekommenderas i ett långsiktsperspektiv i kurvan i öster där viss erosion bedöms pågå och gc-vägen ligger direkt vid strandkant. Längs övriga sträckan rekommenderas att befintlig mur och slänter hålls under uppsikt så att förhållandena inte försämras.

1 Objekt

På uppdrag av Norrköpings kommun har Sweco utfört en detaljerad stabilitetsutredning av en ca 400 m lång sträcka utmed Motala ström i Kneippen, Norrköping. Se översikt i Figur 1.

Figur 1. Flygbild (hitta.se 2022-06-30) med aktuellt undersökningsområde markerat i rött.

2 Syfte

Utredningen syftar till att utreda rådande stabilitetsförhållanden längs sträckan och identifiera geotekniska risker och eventuella åtgärdsbehov.

PM Geoteknik syftar till att beskriva rådande geotekniska förhållanden och utförda analyser, samt ge rekommendationer och underlag för fortsatt hantering av stabilitetsrelaterade risker.

3 Underlag

Underlag för utredningen har varit:

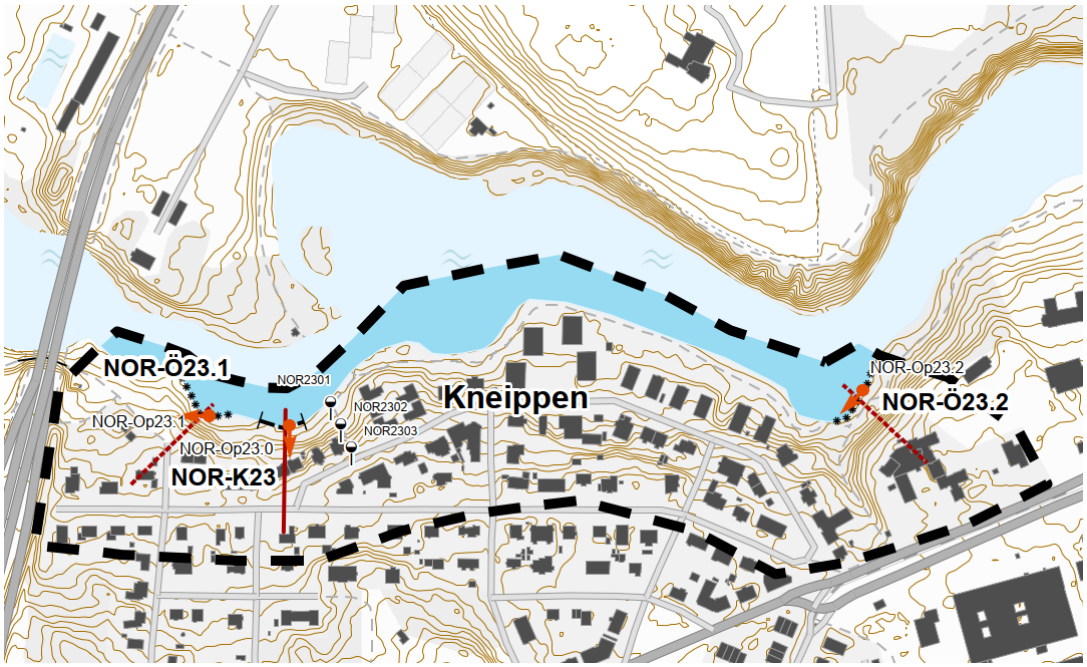
- Platsbesök 2023-04-28
- Markteknisk undersökningsrapport (MUR) för objektet. Upprättad av Sweco med uppdragsnummer 30057079, daterad 2023-09-15.
- Arkivmaterial tidigare geotekniska utredningar, enligt kapitel 3.1. Inklusive översiktlig stabilitetsutredning utförd av MSB år 2018.
- Tillgängligt underlag för befintliga byggnader i bygglovsarkivet, tillhandahållet av Norrköpings kommun 2023-07-05.

- Baskarta och höjddata över området, tillhandahållet av kommunen 2023-04-18
- Uppgifter kring vattennivåer från Vattenfall, erhållet via mail 2023-04-27 samt 2023-07-04.
- Flödesdata SMHI:s vattenweb, station 2445 Holmen, hämtat 2023-08-22.
- Översvämningskartering MSB, kartering utförd 2018. Underlag hämtat från Översvämningsportalen 2023-08-22.
- Granskningsyttrande från SGI, avseende detaljplan för Braxen 9. Dnr 5.1-2210-0986, daterat 2022-10-27.

3.1 Geotekniskt arkivmaterial

3.1.1 Översiktlig stabilitetsutredning

MSB har utfört en översiktlig stabilitetsutredning år 2018 i Norrköpings kommun där aktuellt område bedömts ha tillfredsställande stabilitet. Arkivmaterial och senare utredning för ny detaljplan inom fastigheten Braxen 9 indikerar dock att de geotekniska förutsättningarna avviker mellan beräkningssektionerna. Lösare jordar förekommer, jämfört med vad som antagits i den översiktliga utredningen.



Figur 2. Beräkningssektioner i tidigare översiktlig stabilitetsutredning (MSB, 2018).

3.1.2 Arkivundersökningar NOKA

Tillgängligt arkivmaterial har inhämtats från Norrköping kommuns arkiv NOKA, se detaljer i MUR (Sweco, 2023).

3.1.3 Övriga undersökningar

I samband med framtagande av ny detaljplan för Braxen 9 upprättades geotekniska utlåtanden avseende erosion och stabilitet mot Motala ström:

- PM – Översiktlig erosionsbedömning och geoteknisk utredning inom kv Braxen 9, Norrköpings kommun. Upprättad av Geosigma AB med uppdragsnummer 606465, daterad 2022-03-29, rev A 2022-06-01.
- PM Stabilitetsanalys Kv. Braxen 9, Norrköping. Upprättad av Rejlers, daterad 2022-06-21.

Utlåtandena är baserade på karteringar och arkivmaterial. Utredningen har granskats av SGI som bedömt att det föreligger flera oklarheter som måste utredas vidare, se granskningsyttrande daterat 2022-10-27.

4 Styrande och rådgivande dokument

Styrande dokument är:

- SS-EN 1997-1 och 2 med tillhörande nationell bilaga

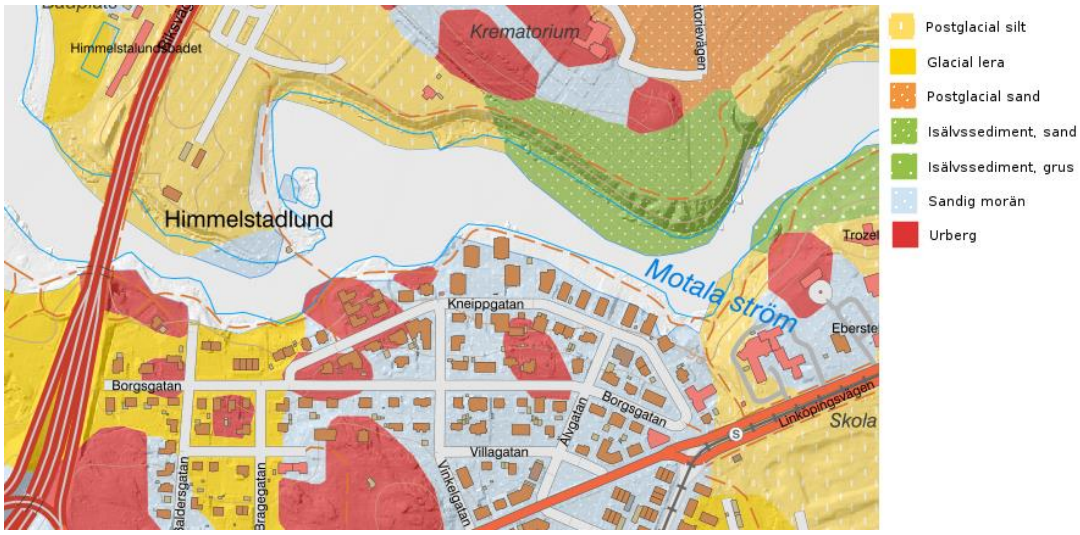
Rådgivande dokument har varit:

- SGI Vägledning 8 (2023) *Utredning av sluttstabilitet*, Utgåva 1
- IEG Rapport 4:2010 *Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar. Vägledning för tillämpning Skredkommissionens rapport 3:95 i enlighet med Eurokod.*
- Skredkommissionens rapport 3:95, *Anvisningar för sluttstabilitetsutredningar.*

5 Befintliga förhållanden

5.1 Översiktlig geologi

Enligt jordartskarta från Sveriges Geologiska Undersökning, SGU, utgörs jorden inom utredningsområdet huvudsakligen av sandig morän, se Figur 3. I västra delen av området förekommer berg i dagen och östra delen postglacial silt. På norra sidan av Motala ström visar karteringen isälvssediment och postglacial silt.



Figur 3. Jordartskarta från SGU (2023-07-04).

5.2 Befintlig bebyggelse

Bebyggelsen utgörs av flerbostadshus, villor och ett vårdboende samt vägar och parkeringsplatser. Byggnader inom kv Braxen samt Gäddan S:1 är pålgrundlagda. Resterande byggnader närmast Motala ström förutsätts vara plattgrundlagda. De flesta har souterrängkonstruktion med källarvåning mot den högre Kneippgatan.

Utmed Motala ström finns en grusbelagd gång- och cykelväg. Längs större delen av sträckan finns befintlig strandskoning i form av en stensatt mur. Muren är i varierande skick, generellt bättre i västra delen av området och sämre i östra delen. Där muren är i sämre skick finns ställvis tecken på att material bakom muren spolats ut. Större träd växer utmed strandkanten, flera genom den stensatta muren. Träd som växer genom eller framför erosionsskyddet lutar ut mot strömmen, medan träd bakom muren är relativt raka.

Vid åns krökning i östra änden av utredningsområdet avslutas muren och övergår till slänt sista delen av sträckan. I förlängningen av gång- och cykelvägen mellan fastigheterna Strömbacken 1 och Valfisken 6 finns ett erosionsskydd utlagt i vattnet.

Flertalet markförlagda ledningar finns och mellan fastigheter Braxen 9 och Gäddan S:1 finns en servicebyggnad med pumpstation för trycksatt VA-ledning som korsar Motala ström. I västra änden av området finns en transformatorstation. Vid Strömbacken i öster finns nedgrävda dagvattenmagasin mellan släntkrön och befintliga byggnader.

5.3 Topografi och ytbeskaffenhet

Markytan inom utredningsområdet utgörs av asfalterade och grusbelagda vägar, allmänna grönytor och villaträdgårdar. Utmed Motala ström finns större träd längs strandkanten.

Terrängen sluttar nedåt från söder mot Motala ström i norr. Vid gångstråket längs vattnet varierar marknivån från +19,5 i väst till +19,8 i öst. Muren mot Motala ström har överkantsnivå +19,3 á +19,4. Marknivån stiger söderut och är vid Kneippgatan mellan ca +22 och +25. Vid Strömbackens vårdboende i öster är marknivån vid släntkrönet ca +30.

5.4 Motala ström

Bottennivån i Motala ström är direkt framför muren mellan +18,2 och +18,7, vilket innebär att murens synliga höjd över åbotten varierar mellan 0,7 – 1,2 m. Bottennivån sjunker till ca +14 vid djupfåran.

Vattennivån i Motala ström har under utredningstiden varierat mellan ca +18,6 och +18,8. Vattenfall reglerar vattennivåerna vid Fiskeby kraftstation ca 2,5 km uppströms och vid Holmens kraftstation ca 600 m nedströms utredningsområdet. Uppgifter kring vattenståndsvariationer på den aktuella sträckan saknas, men följande uppgifter har erhållits avseende regleringen (Vattenfall, 2023):

- Holmen: MW och dämningsgräns +18,2, vid extremflöden +18,7.
- Fiskeby: vattennivån nedströms stationen mäts inte och varierar beroende på flöde.

6 Geotekniska förhållanden

6.1 Jordlager

Jordprofilen utgörs generellt överst av ca 1 – 2,5 m fyllning med varierande sammansättning och lagringstäthet. I västra delen är fyllningen generellt relativt löst lagrad intill Motala ström och innehåller grus, sand, silt och lera med mulljord och växtdelar. I punkter längre bort från strömmen, samt intill strömmen i östra delen, är fyllningen medelfast till mycket fast lagrad och innehåller övervägande sten, grus och sand, ställvis med porslins- och tegelrester.

I undersökt sektion längst västerut följer fast lagrad sandig siltig morän direkt under den lösa fyllningen vid nivå ca +18 m motsvarande 1,4 – 2,5 m under befintlig markyta.

I övriga området följer under fyllningen växellagrad och skiktad jord av huvudsakligen silt, finsand och sand. Lagringstätheten i den skiktade jorden varierar från mycket lös till fast. I centrala delen av området förekommer även upp till ca 1,5 m mäktiga lager av grusig, sandig och siltig lera. Lerans odränerade skjuvhållfasthet varierar från ca 60 kPa i den övre delen ned till ca 20 kPa mot djupet. Uppmätta konflytgränser varierar mellan 23 och 52 % och naturliga vattenkvoter mellan 25 och 52 %.

Övergången till morän är svårbedömd, vissa skruvprover har bedömts som sandig siltig morän även vid lös och medelfast lagring. Fast till mycket fast friktionsjord, som bedöms vara fast morän, följer vid nivåer som varierar från ca +15 ned till ca +9, vilket motsvarar djup ca 5 - 15 m under befintlig markyta. Bergnivån har inte undersökts.

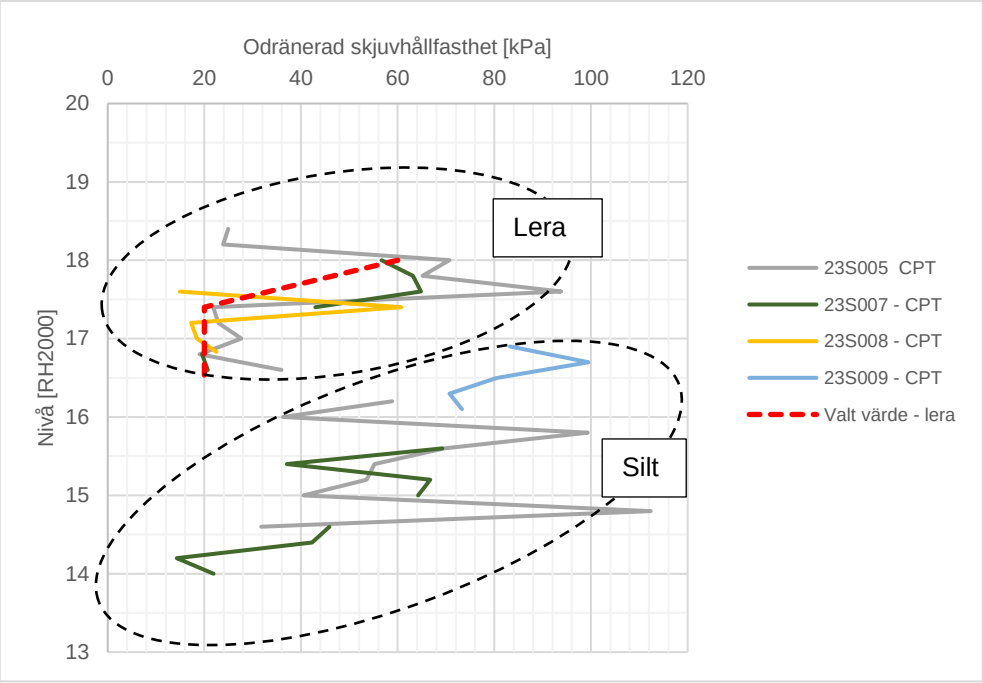
Arkivmaterial visar liknande förhållanden i en sektion genom Motala ström, med växellagrade silt-, sand- och gruslager ned till minst ca 2 – 3 m under bottenytan där sonderingar avbrutits utan stopp.

6.2 Härledda och valda värden

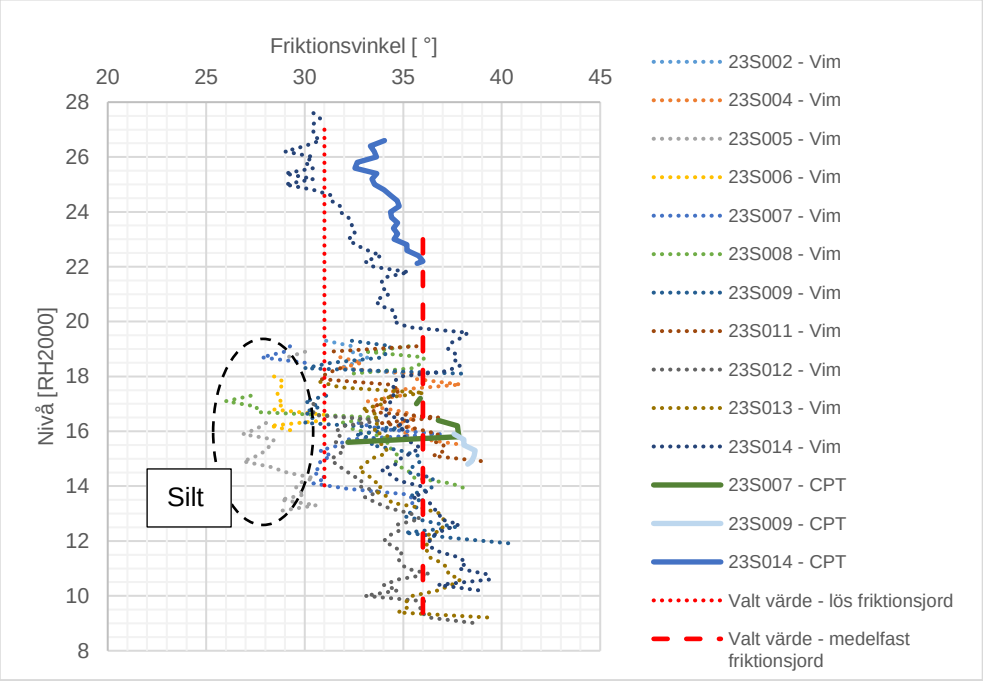
För detaljer kring härledning av parametrar se MUR (Sweco, 2023). Stor spridning erhålls i den skiktade jorden. Valet av parametrar för friktionsjorden har gjorts utifrån lagringstäthet snarare än sammansättning och nivå, oavsett om jorden utgörs av fyllning eller naturlig silt och sand.

I lagren som utgörs av huvudsakligen silt indikerar CPT-utvärderingar överlag ett odränerat beteende, se Figur 4. Utvärderad odränerad skjuvhållfasthet är dock relativt hög, så i beräkningar har vi istället valt att beakta silten i det valda värdet för lös friktionsjord enligt Figur 5. Att modellera silten som ett dränerat material med enbart friktionsvinkel ger i detta fall en mer konservativ hållfasthet än att modellera den som en kohesionsjord med odränerad skjuvhållfasthet respektive friktionsvinkel samt kohesionsandel.

Härledda hållfasthetsparametrar redovisas tillsammans med valda värden i Figur 4 och 5. Samtliga valda ingående parametrar i stabilitetsberäkningar framgår i kapitel 8.3.1.



Figur 4. Härledda och valda värden – skjuvhållfasthet i lera och silt.



Figur 5. Härledda och valda värden – friktionsvinkel i friktionsjord.

7 Hydrogeologiska förhållanden

7.1 Grundvatten

Grundvattennivån har undersökts genom installation av fem filtersförsedda grundvattenrör som lodats under utredningstiden maj – augusti 2023. Se detaljer i MUR (Sweco, 2023).

Uppmätta nivåer varierar mellan +18,6 och +20,4 vilket motsvarar djup från ca 0,7 m under befintlig markyta intill Motala ström och ca 9 m under befintlig marknivå vid den högre terrängen vid Strömbacken.

Utförda mätningar visar att grundvattennivån korrelerar med vattennivån i Motala ström med en svagt stigande gradient högre upp i slänten. Liknande grundvattennivåer om ca +18,8 nära Motala ström och ca +20,1 nära Kneippgatan har observerats i arkivmaterialet inom Kv Braxen från 1964.

7.2 Motala ström

Vid lodningstillfällena har vattennivån i Motala ström uppmätts mellan +18,65 och +18,8.

I SMHIs Vattenwebb finns modelleringar och mätningar av vattenföring. Följande flödesnivåer anges vid aktuellt område:

- MHQ: 177 m^3/s
- MQ: 90 m^3/s
- MLQ: 17 m^3/s

Enligt mätdata från SMHI:s mätstation 2445 Holmen var vattenföringen 70-80 m^3/s, det vill säga något lägre än medelvattenföring, då den lägre vattennivå +18,65 uppmättes i juni respektive augusti 2023. Då den högre nivån +18,8 uppmättes i maj 2023 var vattenföringen ca 150 m^3/s.

Enligt MSB:s översvämningsmodellering för klimatanpassat 100-årsflöde uppgår vattennivå till mellan +19,4 och +19,9 och vattenhastighet till mellan 0,5 och 2 m/s i beräknade sektioner nära utredningsområdet.

8 Stabilitetsberäkningar

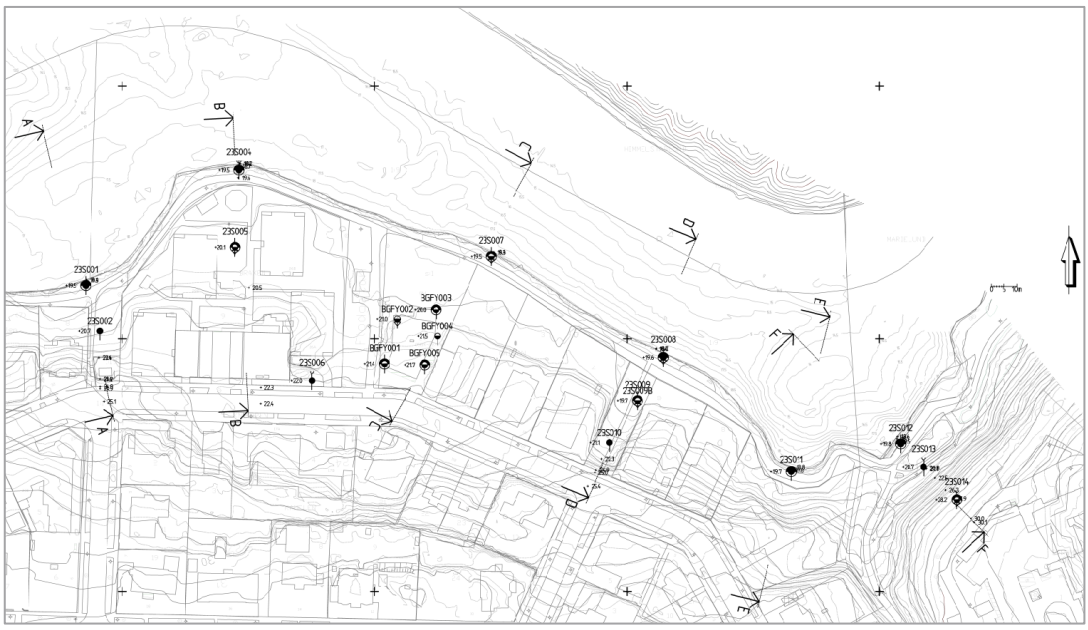
8.1 Beräkningsmetodik

Stabilitetsberäkningar har utförts i programmet GeoStudio 2023 (Slope/W) med analysmetod Morgenstern-Price. Beräkningar har utförts enligt totalsäkerhetsfilosofi med karakteristiska värden.

Beräkningar har utförts i sex sektioner med placering enligt Figur 6.

I sektioner där lera förekommer har odränerade och kombinerade analyser utförts. I enstaka fall blir den kritiska glidytan ett dränerat brott i fyllningen ovanför lerlagret. Beräkningsresultatet för befintliga förhållanden med nu rådande markbelastningar och uppmätta grundvattennivåer redovisas grafiskt i Bilagor 1 - 6, se kapitel 8.4.

I sektionerna med lägst säkerhetsnivå har känslighetsanalyser utförts över utvalda parametrar, se kapitel 8.5 och Bilagor 7 och 8.



Figur 6. Plan beräkningssektioner

8.2 Krav

Krav för erforderlig beräkningsmässig säkerhetsfaktor väljs enligt Tabell 4.2 i IEG Rapport 4:2010, se Figur 7, för aktuell detaljerad utredningsnivå.

		Markanvändning			
		Nyexploatering		Befintlig bebyggelse och anläggning	Annan mark
		Nybyggnation	Planläggning		
Tillståndsbedömning	Översiktlig utredning	*Ej tillämpbart för denna rapport*	Minst detaljerad utredning ska utföras	$F_c > 2$ + $F_{c\phi} > 1,5$	$F_c > 2$ + $F_{c\phi} > 1,5$
	Detaljerad utredning		$F_c \geq 1,7–1,5$ + $F_{komb} \geq 1,5–1,4$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,7–1,5$ + $F_{komb} \geq 1,5–1,3$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,6–1,4$ + $F_{komb} \geq 1,4–1,3$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)
	Fördjupad utredning	*Ej tillämpbart för denna rapport*	$F_c \geq 1,5–1,4$ + $F_{komb} \geq 1,4–1,3$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,4–1,3$ + $F_{komb} \geq 1,3–1,2$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand) Under förutsättning att restriktioner införs	$F_c \geq 1,3–1,2$ + $F_{komb} \geq 1,2$ $F_\phi \geq 1,2$ (sand)
Projektering		Dimensionering utförs enligt TD "Slänter och bankar" alternativt TK Geo	Beroende på utredningsnivå, F_c och F_{komb} enligt tabellvärde ovan	Stabilitetsförbättrande åtgärd enligt kap 4.5.2.4 alternativt TD"Slänter och bankar" / TK Geo	

Figur 7. Krav erforderlig säkerhetsfaktor markerad i rött, Tabell 4.2 i IEG Rapport 4:2010.

Med ledning av Tabell 4.1a – 4.1i bedöms förhållandena för aktuellt utredningsområde efter de kompletterande undersökningar som utförts vara något övervägande gynnsamma, se värderingen i Bilaga 10. Erforderlig lägsta erforderliga säkerhetsfaktor väljs till:

Odränerad analys: $F_C \geq 1{,}58$

Kombinerad analys: $F_{komb} \geq 1{,}38$

Dränerad analys: $F_{\varphi} \geq 1{,}3$

8.3 Förutsättningar

8.3.1 Jordmodell

Använda materialparametrar i stabilitetsberäkningar sammanställs i Tabell 1. Dränerade egenskaper i leran har valts enligt empiriska samband till: c' = 0,1'cu och φ' = 30°. Tolkade jordlagerföljder framgår i respektive beräkningssektion i Bilaga 1 – 6.

Befintlig stenmur har modellerats med materialmodell "*High Strength*" med tunghet 24 kN/m^3, vilket innebär att murens egentyngd beaktas men glidytorna tvingas ned under konstruktionen.

Tabell 1. Valda materialparametrar stabilitetsberäkningar.

Jordlager	Beskrivning	Tunghet [kN/m^3]	Odränerad skjuvhållfasthet c_u [kPa]	Kohesionsintercept c' [kPa]	Friktionsvinkel φ' [°]
Öb	Överbyggnad i vägar	20	-	-	45
Friktionsjord (lös)	Fyllning/silt/sand med mycket lös till lös lagringstäthet	18	-	-	31
Friktionsjord (medelfast)	Fyllning/silt/sand med medelfast till fast lagringstäthet	18	-	-	36
Lera 1*	Lera över +17,4	17	60 – 66,7 kPa/m** (min 20 kPa)	6 – 6,67 kPa/m** (min 2 kPa)	30
Lera 2*	Lera under +17,4	17	20	2	30
Morän	Mycket fast lagrad friktionsjord	20	-	-	40

** Lera förekommer i sektion B, C och D.*

*** Minskande c_u ned till 20 kPa, därefter konstant.*

8.3.2 Grundvatten

Strömmens nivåvariationer förbi aktuell sträcka är inte kända, men i och med att ån är reglerad både uppströms och nedströms är de sannolikt begränsade. I beräkningar har dämningsnivån vid Holmens kraftstation +18,2 använts som bedömd lågvattennivå, vilket är 0,5 m lägre än uppmätta nivåer under utredningstiden, i kombination med högsta uppmätta grundvattennivåer.

8.3.3 Yttre laster

På gång- och cykelvägar har trafiklast 5 kN/m^2 använts och på bilvägar 20 kN/m^2. Överbyggnadstjocklekar har antagits till 0,3 m vid gc-vägar och 0,5 m vid bilvägar.

Laster från befintliga ytgrundlagda byggnader har modellerats som jämnt utbredd last inom hela byggnadsytan med intensitet 10 kN/m^2 per våningsplan. Avlastning vid delar med källarvåning har inte beaktats.

8.4 Resultat

Beräknade säkerhetsfaktorer sammanställs i Tabell 2 nedan. Stabilitetsberäkningar redovisas grafiskt i Bilaga 1 - 6.

Beräkningarna visar att stabiliteten för gångvägen och befintlig bebyggelse är tillfredsställande i samtliga kontrollerade sektioner för rådande förhållanden med bedömd lågvattennivå +18,2 i Motala ström.

Ett undantag är i sektion E där ytliga glidytor med säkerhetsfaktor under kravnivån uppstår i slänten mellan gångvägen och befintlig byggnad inom fastigheten Valfisken 6. Dessa glidytor bedöms vara teoretiska då det i verkligheten finns stabilitetshöjande effekter som inte beaktas i beräkningarna, så som vegetation, kohesionskrafter och sannolikt negativa portryck i den siltiga jorden. Glidytor som når byggnaden har tillfredsställande säkerhetsfaktor > 1,3 för dränerad analys.

Generellt för utredningsområdet är de kritiska glidytorna små och påverkar endast strandkanten. Stabilitetsituationen är mer gynnsam i sektionerna där lera förekommer, jämfört med sektionerna med endast friktionsjord där säkerhetsfaktorn blir nära kravnivån. Hur muren modelleras har stor inverkan på dessa dränerade brott och bedöms ha antagits konservativt i beräkningarna. Med hänsyn till innehållet av lera och silt i fyllning/friktionsjord finns även en kohesionsandel som ökar jordens hållfasthet, men som inte har beaktats.

Tabell 2. Sammanställning beräknade säkerhetsfaktorer för befintliga förhållanden, högsta uppmätta grundvattennivåer i kombination med bedömd lågvattennivå +18,2 i Motala ström.

Sektion	Beskrivning	Fc	Fkomb	F_φ	Bilaga
A	Kritisk glidyta intill strandkant	-	-	1,31	1
	Säkerhetsfaktor intilliggande befintlig byggnad (Ålen 8)	-	-	1,91	
B	Kritisk glidyta intill strandkant	2,84	1,79	-	2
	Säkerhetsfaktor för glidytor som når befintlig pålad byggnad (Braxen 9)			>3,4	
C	Kritisk glidyta intill strandkant	2,94	2,28	-	3
	Större sökområde visande säkerhetsfaktorer vid befintlig byggnad (Gäddan 2)	-	-	>2,2	
D	Kritisk glidyta intill strandkant	2,16	1,72	1,73	4
	Större sökområde visande säkerhetsfaktorer vid befintlig byggnad ca 20 m väst om sektion B (Gäddan 4)	-	-	>1,5	
E	Kritisk glidyta intill strandkant	-	-	1,32	5

Sektion	Beskrivning	Fc	Fkomb	F_{φ}	Bilaga
	Större sökområde visande säkerhetsfaktorer vid befintlig byggnad (Valfisken 6). Röd skraffering visar utbredning av glidytor med otillfredsställande säkerhetsfaktor.	-	-	1,24	
F	Kritisk glidyta intill strandkant	-	-	1,69	6
	Större sökområde visande säkerhetsfaktorer för slänt mot befintlig byggnad (Strömbacken 1). Röd skraffering visar utbredning av glidytor med otillfredsställande säkerhetsfaktor.	-	-	1,31	

8.5 Känslighetsanalyser

Känslighetsanalyser har utförts i sektion A och E där de beräkningsmässiga marginalerna är lägst. Parametrar som har varierats är dels tillkommande belastning på markytan, exempelvis motsvarande en höjning av marknivåer av klimatanpassningsskäl, och dels varierande grundvattennivå och vattenstånd i Motala ström. Hållfasthetsparametrar bedöms vara konservativt valda och ytterligare känslighetsanalys med lägre värden bedöms inte representativt.

8.5.1 Last på markytan

Beräkningar har utförts med utbredd last om 20 kN/m^2 vilket motsvarar exempelvis ca 1 m uppfyllning, alternativt ca 0,7 m uppfyllning i kombination med trafiklast för gc-trafik. Beräkningarna redovisas grafiskt i Bilaga 7.

I sektion A finns ett avstånd om ca 2 m mellan gc-väg och stenmur och en belastning om 20 kN/m^2 kan appliceras fram till gc-vägens kant utan att påverka den kritiska glidytan.

I sektion E finns ingen avståndsmarginal utan gc-vägen ligger intill släntkrönet. Stabiliteten med rådande belastning är nära kravnivån och ytterligare belastning medför otillfredsställande stabilitet.

8.5.2 Vattennivåer

Grundvattennivån korrelerar med vattennivån i Motala ström och med hänsyn till att jorden utgörs av övervägande genomsläpplig friktionsjord bedöms responsen vid förändringar vara relativt snabb. Ett scenario med grundvattennivå nära markytan i kombination med en mycket låg vattennivå i Motala ström bedöms därför högst osannolik.

Känslighetsanalyser har utförts för följande kombinationer:

1. Ytterligare 0,5 m lägre vattennivå i Motala ström (+17,7) i kombination med uppmätta högsta grundvattennivåer.
2. Grundvattennivå +20 eller i marknivå, i kombination med bedömd medelvattennivå i Motala ström +18,6.

Beräkningar redovisas grafiskt i Bilaga 8. I sektion A är stabiliteten tillfredsställande vid scenario 1, medan den kritiska glidytan understiger kravnivån vid scenario 2. Den kritiska glidytan berör endast muren, medan stabiliteten för

gc-vägen fortsatt är tillfredsställande. Stabiliteten för befintliga byggnader är opåverkad.

I sektion E innebär de studerade mer ogynnsamma förutsättningarna att stabiliteten blir otillfredsställande med påverkan på gc-vägen.

9 Erosion

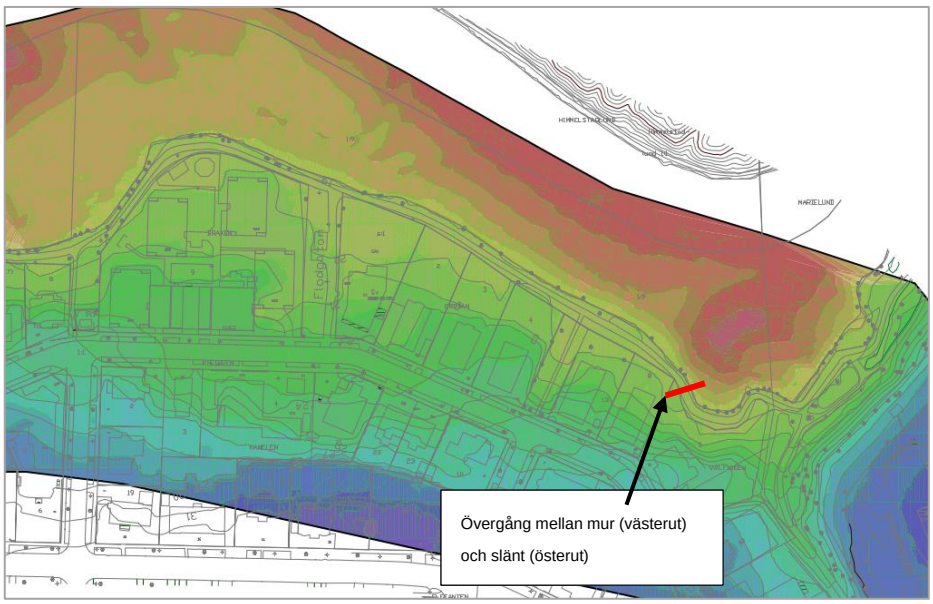
9.1 Befintliga förhållanden

Det geotekniska underlaget visar att jordprofilen innehåller finkorniga och erosionsbenägna jordar som silt och finsand både i åfåran och på land utmed den södra stranden.

I ytterkurvan i östra delen av utredningsområdet, där erosionsskydd saknas, finns tecken på att erosion pågår. Strandkanten är ojämn och ställvis brant och träden lutar ut mot vattnet, se Figur 8.

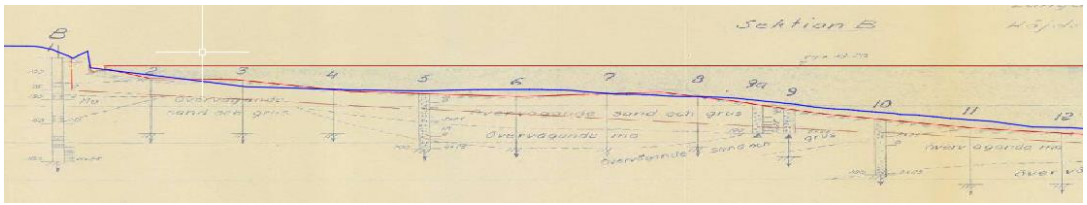
Bottenscanningen visar också ett större djup i kurvan, medan det utmed raksträckan finns en grundare platå mot södra stranden, se Figur 9, vilket innebär att vattenhastigheten blir lägre i det grunda partiet än i djupfåran.

Figur 8. Lutande träd vid kurva i östra änden av utredningsområdet. Vy mot fastigheten Valfisken 8.



Figur 9. Terrängmodell med bottenscanning (Sweco, 2023). Grundare vattendjup utmed sträckan med stensatt strandkant och djupare i ytterkurvan i öst.

En jämförelse av bottenprofilen i en sektion nedanför Flodgatan visar ingen förändring mellan inmätt bottenprofil 2023 och arkivmaterial från 1956, se Figur 10. Pågående erosion längs raksträckan bedöms vara begränsad till de lokala partier där befintlig stenmur är trasig.



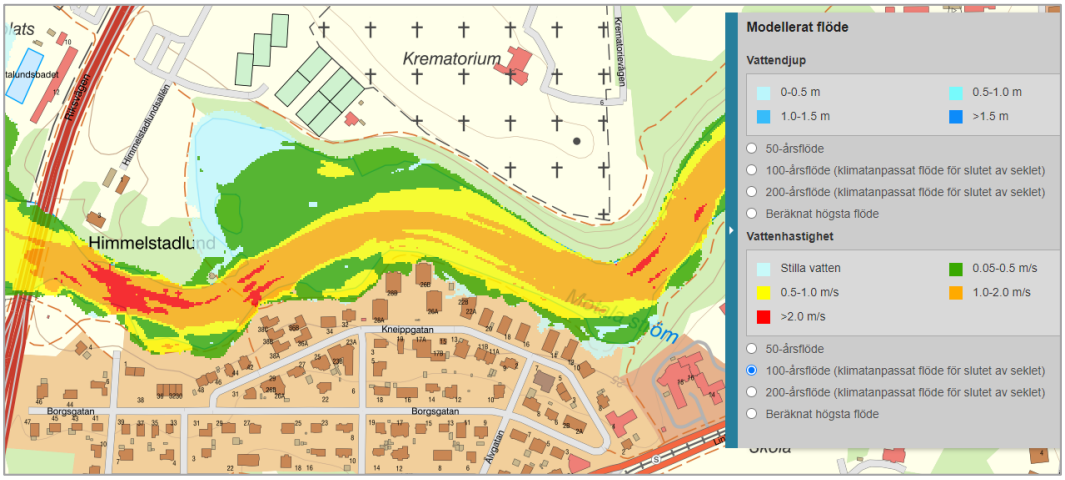
Figur 10. Tvärsektion av bottenprofil nedanför Flodgatan. Jämförelse mellan scanning 2023 (blå linje) och arkivmaterial 1956 (röd linje).

9.2 Framtida förhållanden

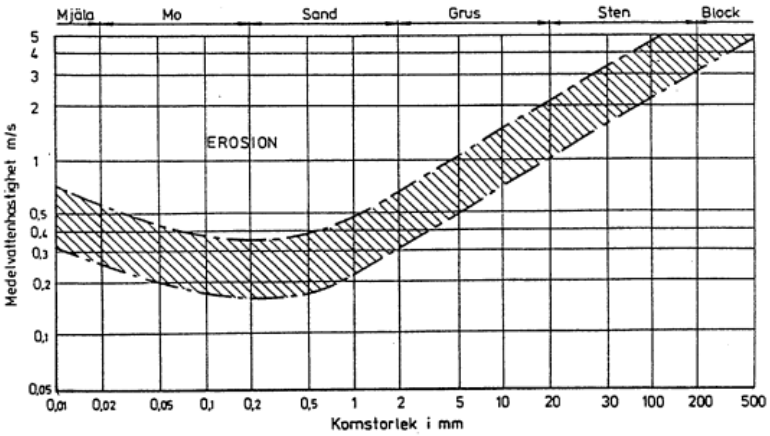
Enligt MSB:s översvämningsmodellering från år 2018 har vattennivån i Motala ström vid ett klimatanpassat 100-årsflöde beräknats uppgå till mellan +19,4 och +19,9 inom utredningsområdet, se utbredning i Figur 11. Motsvarande vattenhastighet har beräknats till 0,05 - 2,0 m/s, se Figur 12.

Enligt samband i Figur 13 kan utläsas att det föreligger risk för erosion vid dessa vattenhastigheter med förekommande jordar utan erosionsskyddande åtgärder. Mest utsatta är kurvorna där vattenhastigheten är högst.

Figur 11. Klipp från MSB översvämningsportalen, modellering 2018 (hämtad 2023-08-22). Figuren visar utbredning och vattendjup vid 100-årsflöde (klimatanpassat).



Figur 12. Klipp från MSB översvämningsportalen, modellering 2018 (hämtad 2023-08-22). Figuren visar beräknade vattenhastigheter vid 100-årsflöde (klimatanpassat).



Figur 13. Samband medelvattenhastighet och kornstorlek med avseende på erosionsrisk. Mjäla och Mo är äldre benämningar av fraktionen silt.

10 Slutsats och rekommendationer

10.1 Slutsats

Utredningen visar att stabiliteten är tillfredsställande för nuvarande förhållanden. De kritiska beräkningsmässiga glidytorna blir lokala i strandkanten, medan stabiliteten för befintliga byggnader är tillfredsställande med goda marginaler.

Med avseende på förekommande jordarter finns förutsättningar för erosion, främst i östra änden där erosionsskydd saknas och i lokala partier utmed raksträckan där befintlig stenmur är i sämre skick.

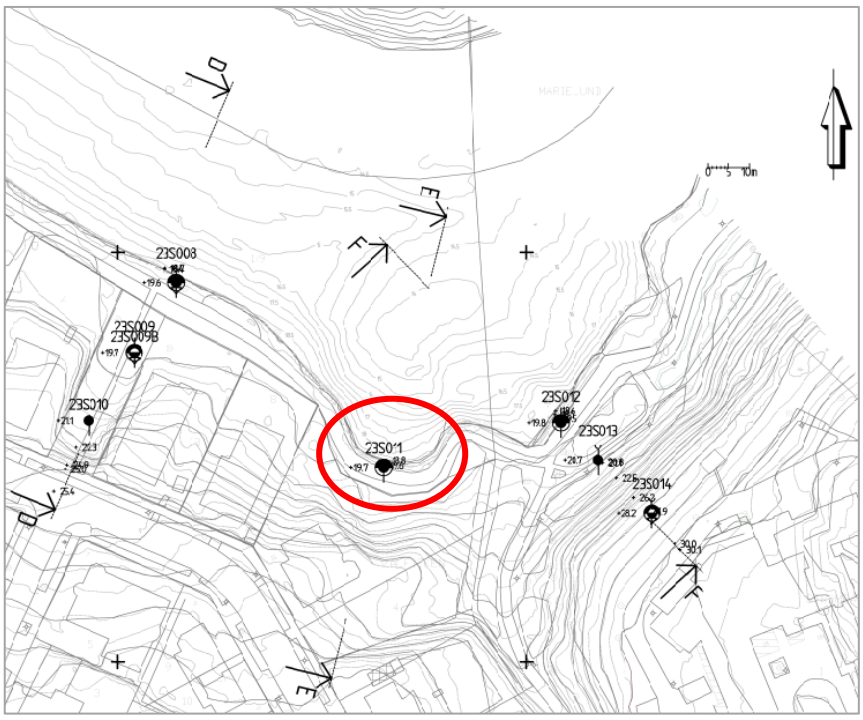
Det finns risk för att den lokala stabiliteten i strandkanten blir otillfredsställande om förhållandena på sikt förändras, exempelvis av fortsatt erosion eller om delar av muren rasar. Generellt finns ett utrymme mellan vattenkanten och gc-vägen och det är endast där utrymmet är mycket litet som gc-vägen riskerar att påverkas vid försämrade förhållanden. Sammantaget bedöms konsekvensen av ett eventuellt skred vara liten.

10.2 Rekommendationer

Vid kurvan omkring sektion E i östra delen av området går vattenlinjen i princip ända fram till gc-vägen och särskilt omkring övergången mellan mur och slänt är släntlutningen brant. Det rekommenderas som en långsiktig åtgärd att slänten erosionsskyddas för att undvika att förhållandena försämras. Se markerat område i Figur 14. Olika typer av erosionsskydd är möjligt att utföra och utformas lämpligen i samråd med landskapsarkitekt för att beakta även de estetiska aspekterna. Stabilitetsmässigt är det dock fördelaktigt med ett tyngre erosionsskydd som även ökar mothållet i slänten för att skapa bättre säkerhetsmarginal vid ogynnsamma vattennivåer eller säkerställa stabiliteten vid en eventuell markhöjning ur översvämningssynpunkt.

Utmed övriga sträckan rekommenderas i nuläget att murar och slänter besiktas med jämna mellanrum eller i samband med stora flöden, för att kontrollera att förhållandena inte försämras. Även slänten mot befintlig byggnad inom Valfisken 6 bör ingå i denna kontroll, då säkerhetsmarginalen riskerar att bli otillfredsställande om släntlutningen försämras. Av kosmetiska skäl kan det vara av intresse att renovera muren där den är ojämn och stenar fallit ut, men det bedöms i nuläget inte krävas med hänsyn till stabiliteten för gc-vägen.

Om klimatanpassningsåtgärder övervägs med hänsyn till översvämningsrisken finns marginal för höjning av markytan, bortsett från kurvan omkring sektion E (se tidigare stycke). Minst 1 m fyllning kan utföras fram till gc-vägens kant närmast Motala ström, det vill säga inklusive befintlig vägyta, utan att påverka den kritiska glidytan. Men önskar man höja marken hela vägen fram till vattenkanten behöver stenmuren anpassas och dimensioneras för den ökade belastningen.



Figur 14. Område som rekommenderas att erosionsskyddas.

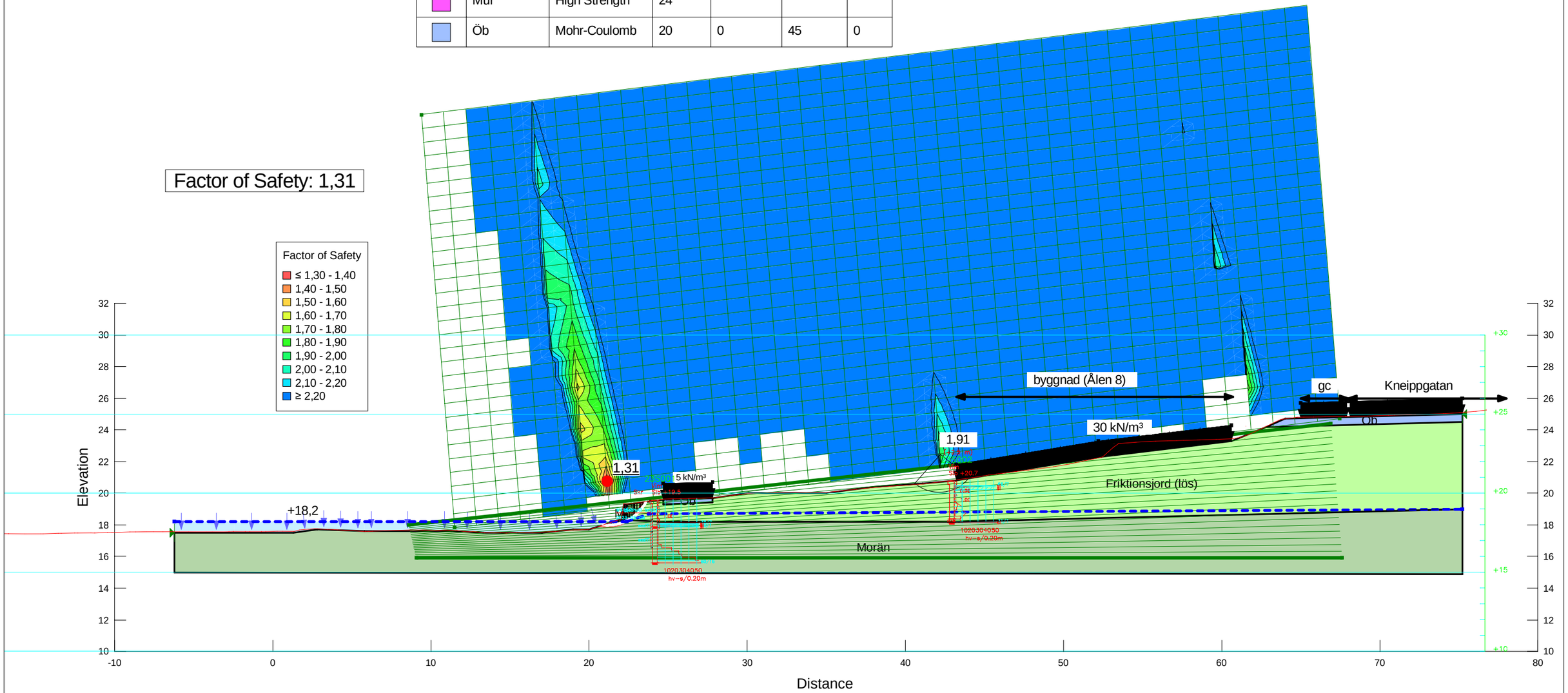
BILAGA 1

Sektion A
Befintliga förhållanden
Dränerad analys

SWECO

Uppdrag: Kneippen, Norrköping
Unr: 30057079

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)
	Friktionsjord (lös)	Mohr-Coulomb	18	0	31	0
	Morän	Mohr-Coulomb	20	0	40	0
	Mur	High Strength	24			
	Öb	Mohr-Coulomb	20	0	45	0

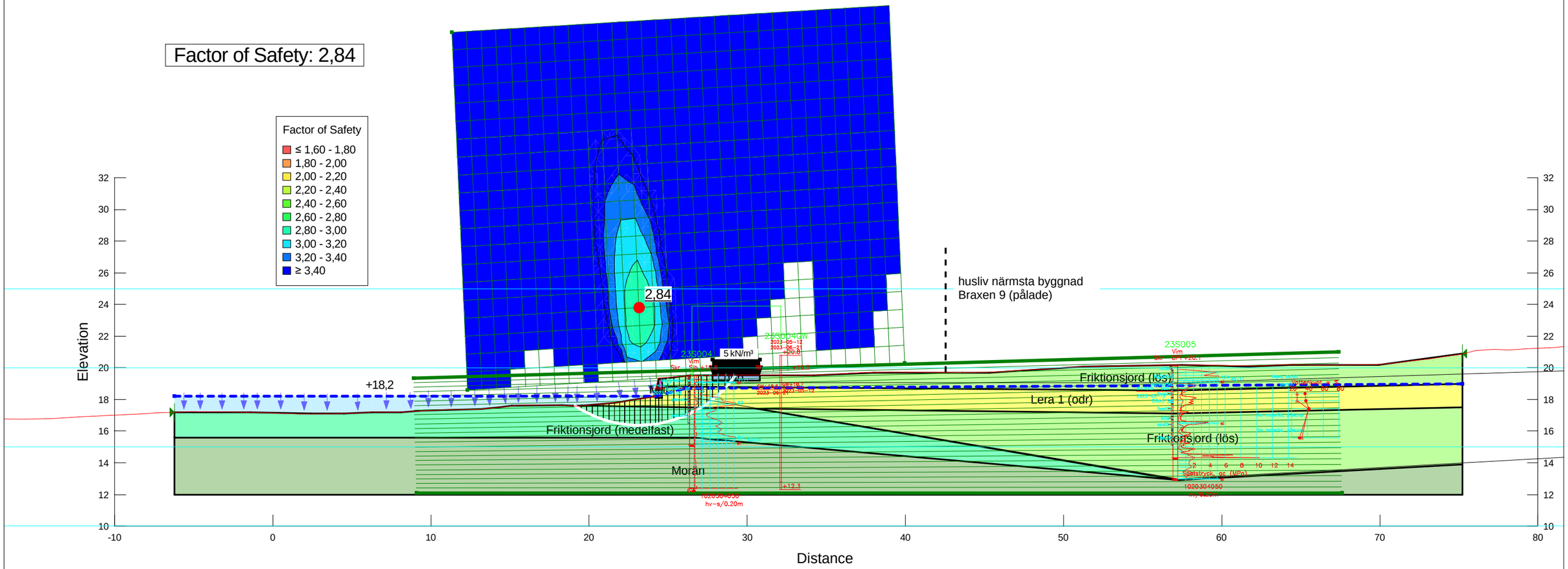


BILAGA 2

Sektion B
Befintliga förhållanden
Odränerad analys

Uppdrag: Kneippen, Norrköping
Unr: 30057079

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C-Maximum (kPa)	Effective Friction Angle (°)
	Friktionsjord (lös)	Mohr-Coulomb	18				31
	Friktionsjord (medelfast)	Mohr-Coulomb	18				36
	Lera 1 (odr)	S=f(depth)	17	60	-66,7	20	
	Morän	Mohr-Coulomb	20				40
	Mur	High Strength	24				
	Öb	Mohr-Coulomb	20				45



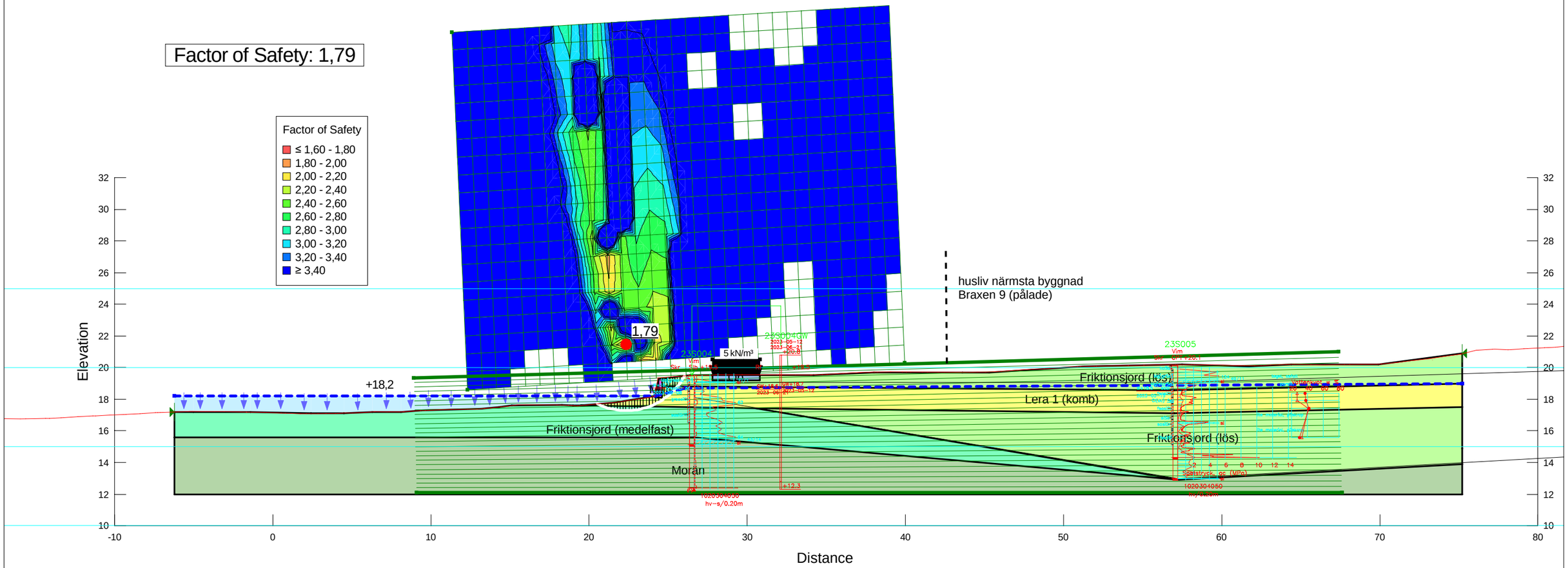
BILAGA 2

Sektion B
Befintliga förhållanden
Kombinerad analys

SWECO

Uppdrag: Kneippen, Norrköping
Unr: 30057079

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C/Cu Ratio
	Friktionsjord (lös)	Mohr-Coulomb	18	31					
	Friktionsjord (medelfast)	Mohr-Coulomb	18	36					
	Lera 1 (komb)	Combined, S=f(depth)	17	30	0	0	60	-66,7	0,1
	Morän	Mohr-Coulomb	20	40					
	Mur	High Strength	24						
	Öb	Mohr-Coulomb	20	45					



BILAGA 3

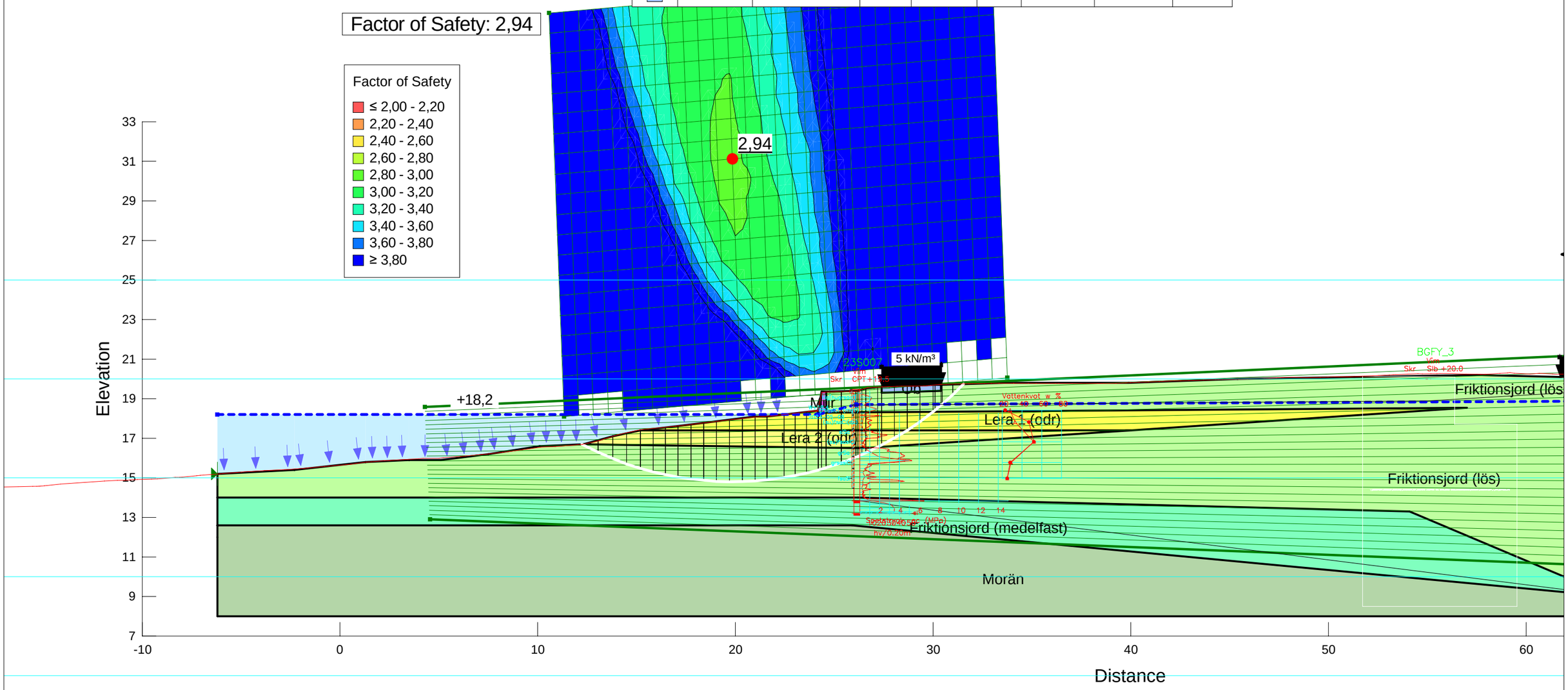
Sektion C
Befintliga förhållanden
Stabilitet för gångväg

Odränerad analys

SWECO

Uppdrag: Kneippen, Norrköping
Unr: 30057079

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Total Cohesion (kPa)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C-Maximum (kPa)	Effective Friction Angle (°)
	Friktionsjord (lös)	Mohr-Coulomb	18					31
	Friktionsjord (medelfast)	Mohr-Coulomb	18					36
	Lera 1 (odr)	S=f(depth)	17		60	-66,7	20	
	Lera 2 (odr)	Undrained (Phi=0)	17	20				
	Morän	Mohr-Coulomb	20					40
	Mur	High Strength	24					
	Öb	Mohr-Coulomb	20					45



BILAGA 3

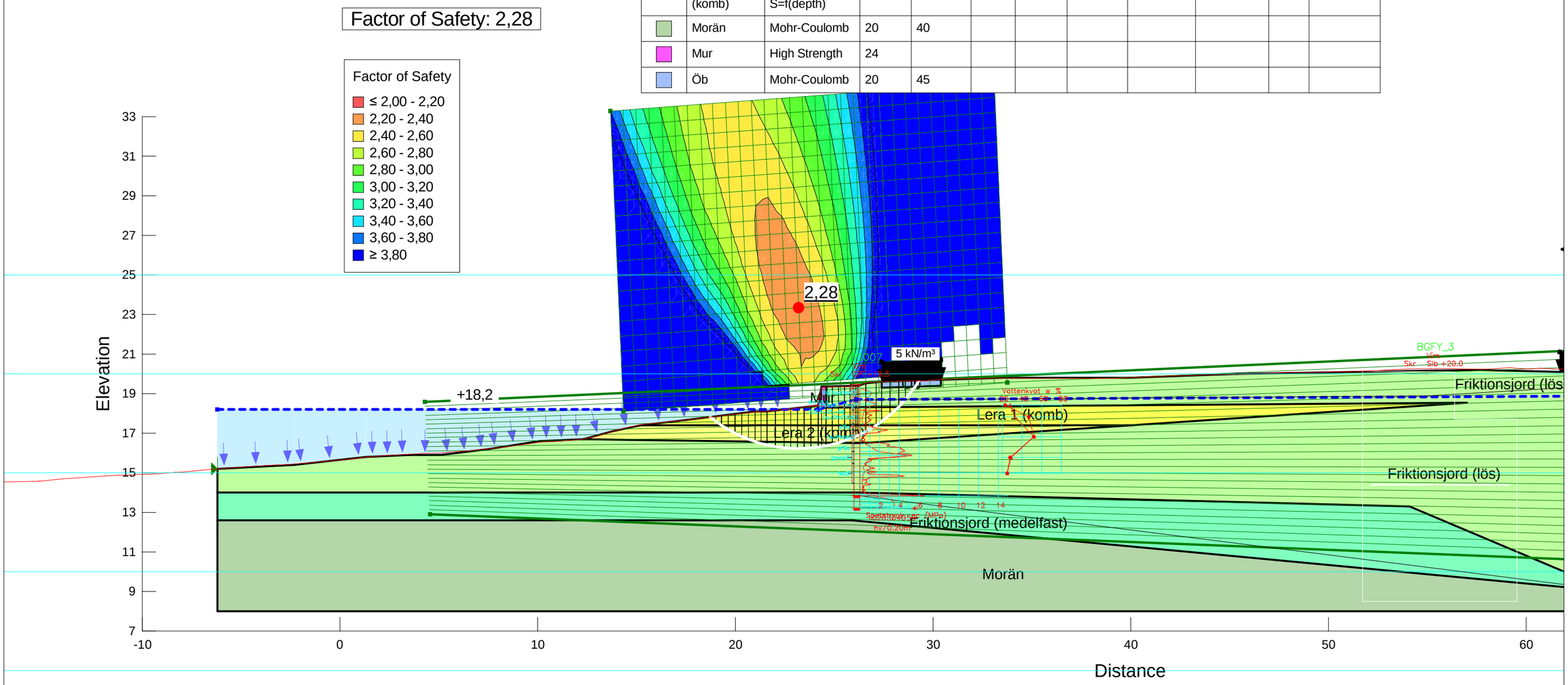
Sektion C
Befintliga förhållanden
Stabilitet för gångväg

Kombinerad analys

SWECO

Uppdrag: Kneippen, Norrköping
Unr: 30057079

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	Cu-Top of Layer (kPa)	C-Datum (kPa)	Cu-Datum (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C/Cu Ratio	Datum (Elevation) (m)
	Friktionsjord (lös)	Mohr-Coulomb	18	31							
	Friktionsjord (medelfast)	Mohr-Coulomb	18	36							
	Lera 1 (komb)	Combined, S=f(datum)	17	30			0	60	-66,7	0,1	18
	Lera 2 (komb)	Combined, S=f(depth)	17	30	0	20			0	0,1	
	Morän	Mohr-Coulomb	20	40							
	Mur	High Strength	24								
	Öb	Mohr-Coulomb	20	45							



BILAGA 3

Sektion C
Befintliga förhållanden
Stabilitet för byggnad (Gäddan 2)

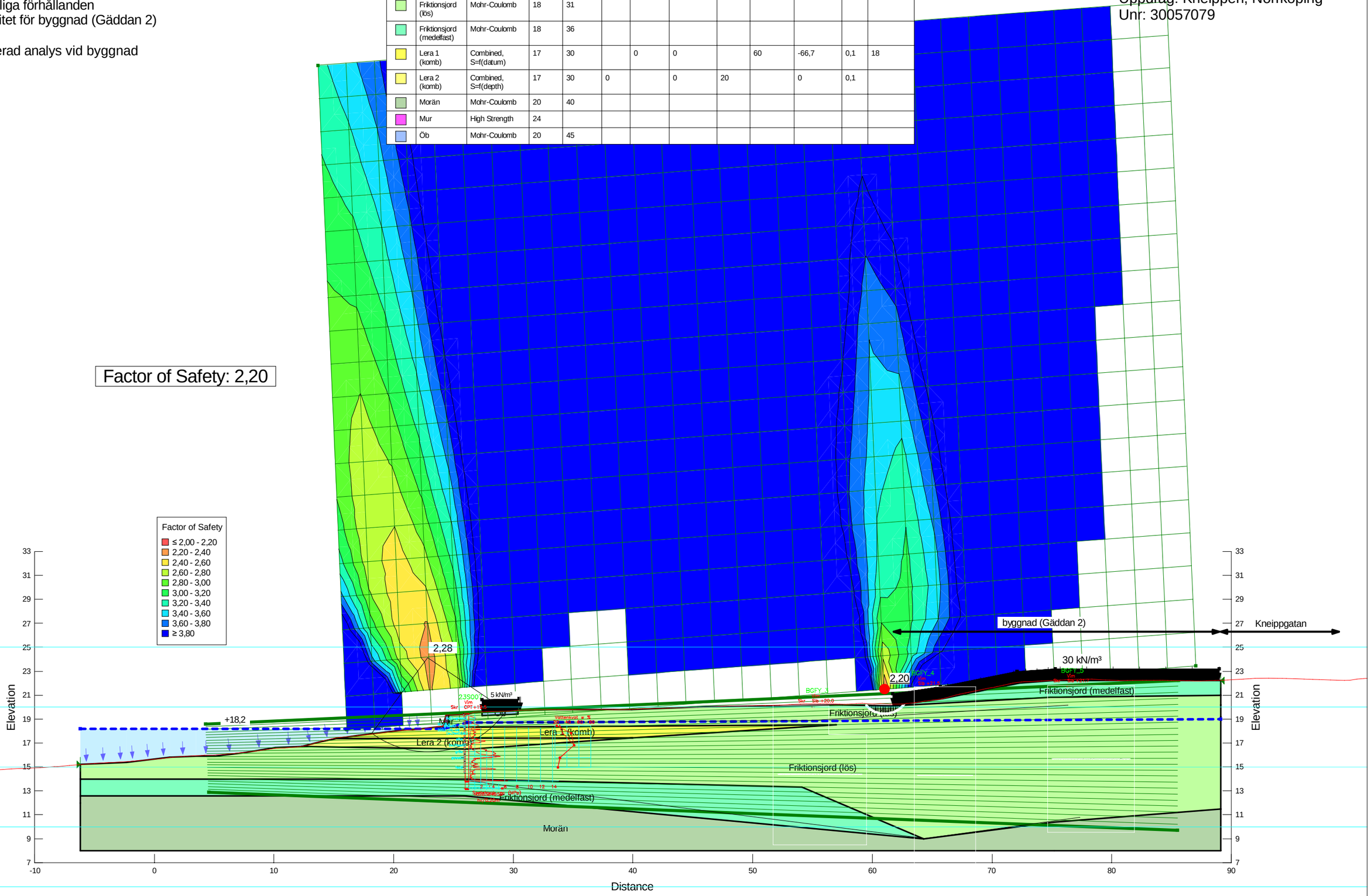
Dränerad analys vid byggnad

SWECO

Uppdrag: Kneippen, Norrköping
Unr: 30057079

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Datum (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C/Cu Ratio	Datum (Elevation) (m)
	Friktionsjord (lös)	Mohr-Coulomb	18	31								
	Friktionsjord (medelfast)	Mohr-Coulomb	18	36								
	Lera 1 (komb)	Combined, S=f(datum)	17	30		0	0		60	-66,7	0,1	18
	Lera 2 (komb)	Combined, S=f(depth)	17	30	0		0	20		0	0,1	
	Morän	Mohr-Coulomb	20	40								
	Mur	High Strength	24									
	Öb	Mohr-Coulomb	20	45								

Factor of Safety: 2,20



BILAGA 4

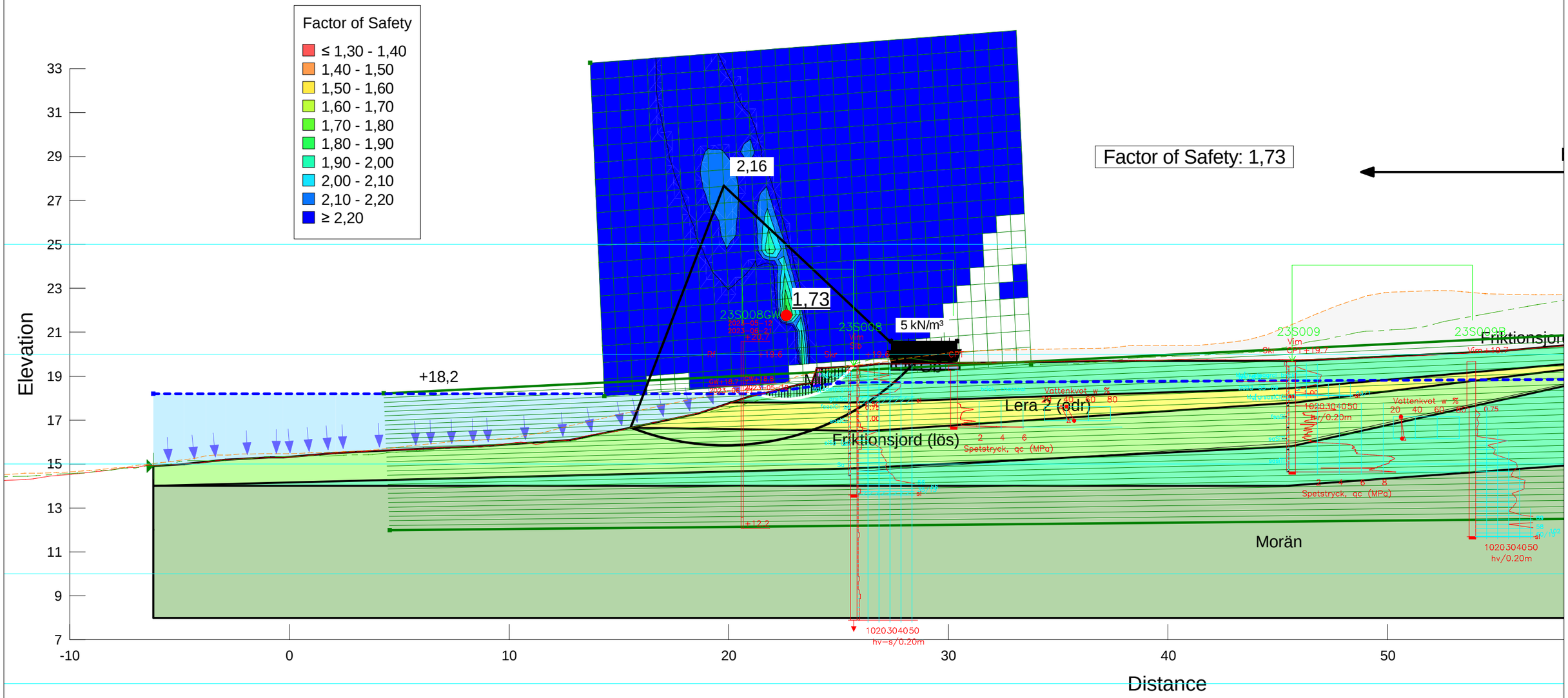
Sektion D
Befintliga förhållanden

Stabilitet för gångväg
Odränerad analys

SWECO

Uppdrag: Kneippen, Norrköping
Unr: 30057079

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Total Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)
	Friktionsjord (lös)	Mohr-Coulomb	18		31
	Friktionsjord (medelfast)	Mohr-Coulomb	18		36
	Lera 2 (odr)	Undrained (Phi=0)	17	20	
	Morän	Mohr-Coulomb	20		40
	Mur	High Strength	24		
	Öb	Mohr-Coulomb	20		45



BILAGA 4

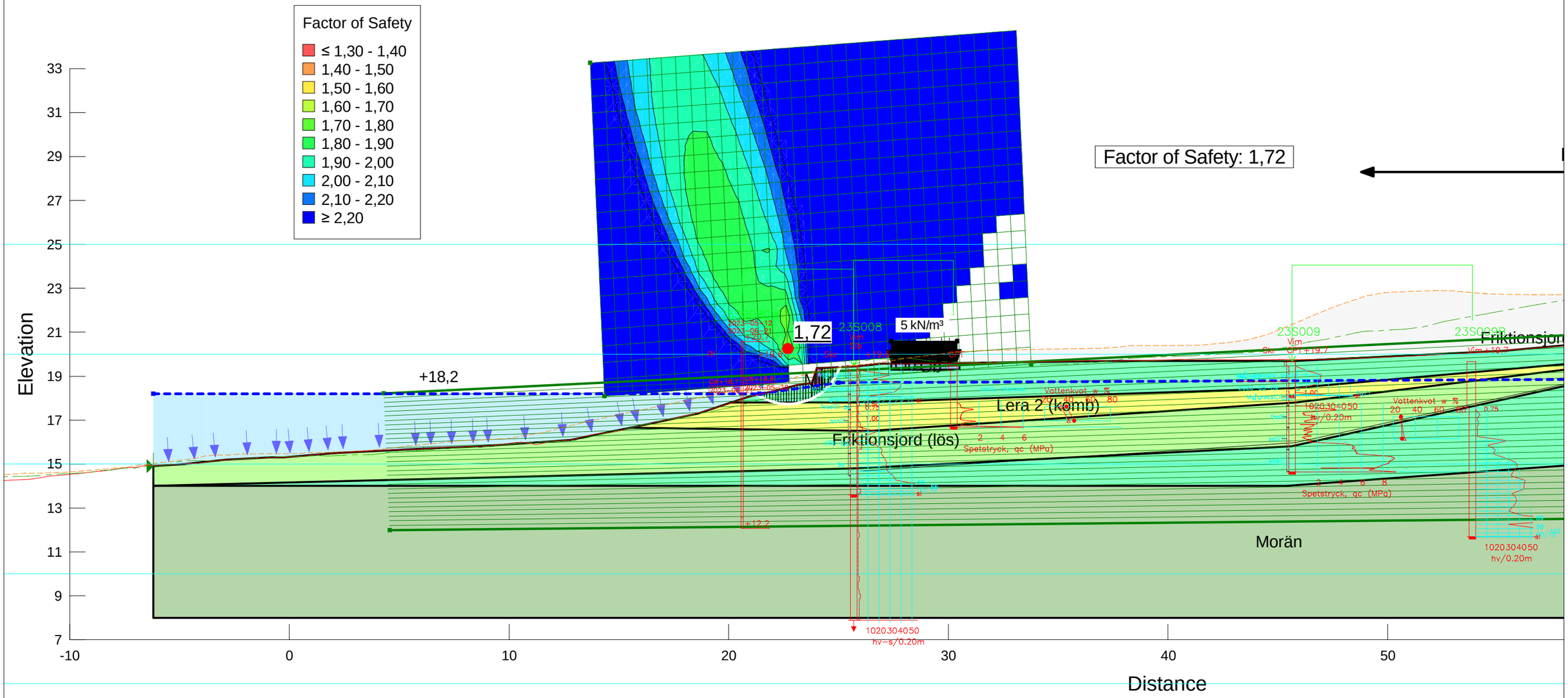
Sektion D
Befintliga förhållanden

Stabilitet för gångväg
Kombinerad analys

SWECO

Uppdrag: Kneippen, Norrköping
Unr: 30057079

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	Cu-Top of Layer (kPa)	C/Cu Ratio
	Friktionsjord (lös)	Mohr-Coulomb	18	31			
	Friktionsjord (medelfast)	Mohr-Coulomb	18	36			
	Lera 2 (komb)	Combined, S=f(depth)	17	30	0	20	0,1
	Morän	Mohr-Coulomb	20	40			
	Mur	High Strength	24				
	Öb	Mohr-Coulomb	20	45			



BILAGA 4

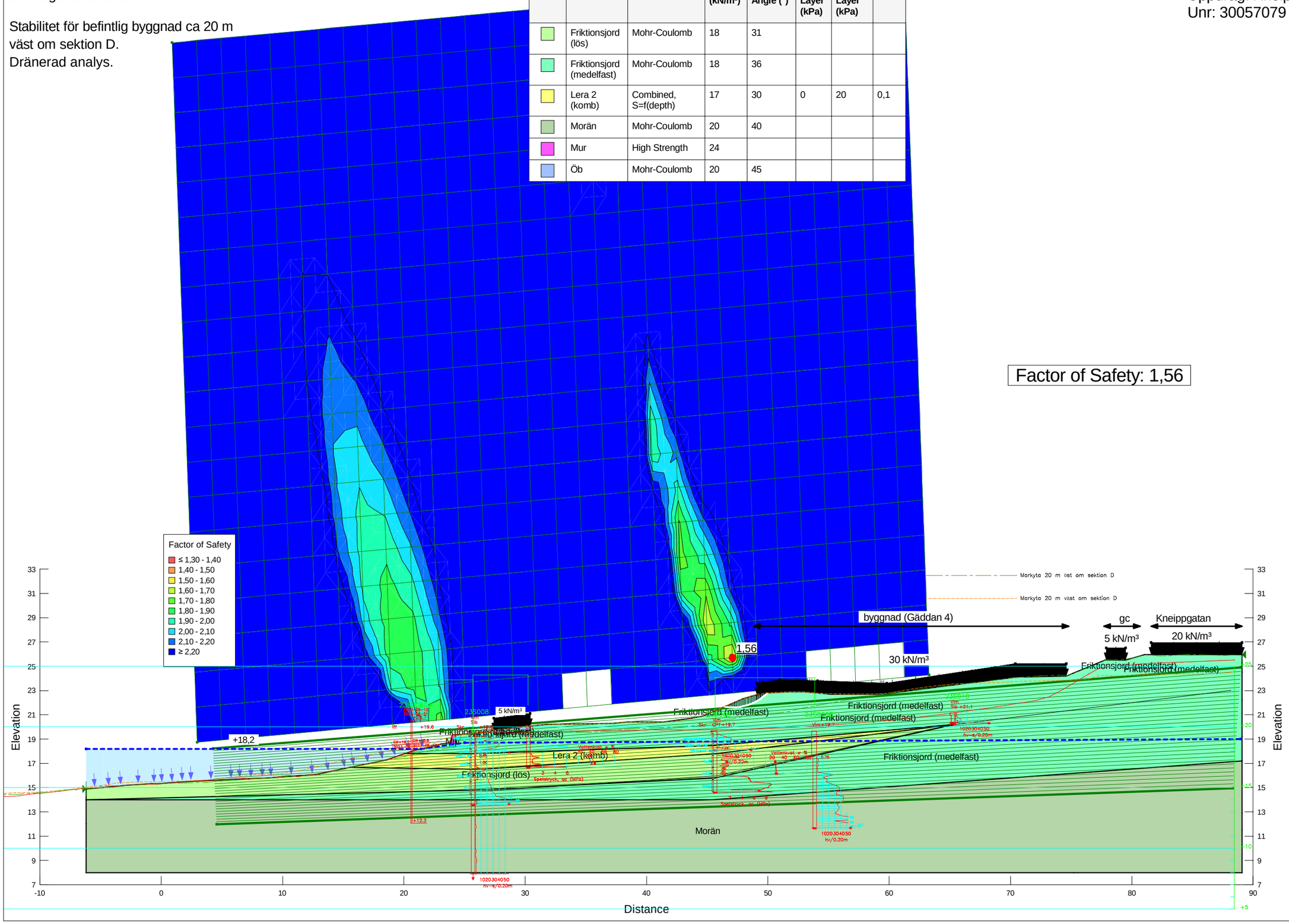
Sektion D (markyta ca 20 m västerut)
Befintliga förhållanden

Stabilitet för befintlig byggnad ca 20 m väst om sektion D.
Dränerad analys.

SWECO

Uppdrag: Kneippen, Norrköping
Unr: 30057079

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	Cu-Top of Layer (kPa)	C/Cu Ratio
	Friktionsjord (lös)	Mohr-Coulomb	18	31			
	Friktionsjord (medelfast)	Mohr-Coulomb	18	36			
	Lera 2 (komb)	Combined, S=f(depth)	17	30	0	20	0,1
	Morän	Mohr-Coulomb	20	40			
	Mur	High Strength	24				
	Öb	Mohr-Coulomb	20	45			



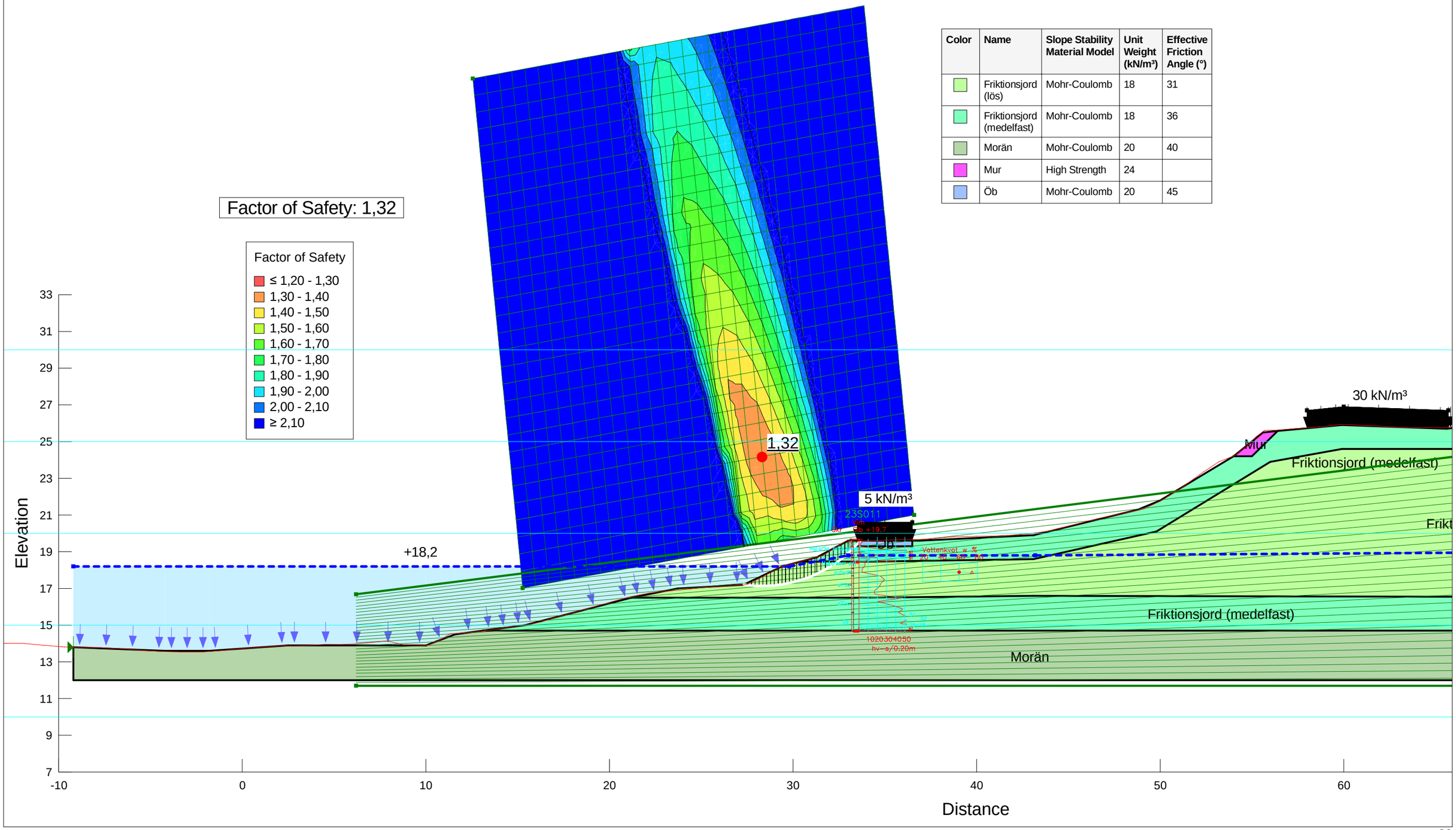
BILAGA 5

Sektion E
Befintliga förhållanden
Stabilitet för gångväg

Dränerad analys

Uppdrag: Kneippen, Norrköping
Unr: 30057079

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)
	Friktionsjord (lös)	Mohr-Coulomb	18	31
	Friktionsjord (medelfast)	Mohr-Coulomb	18	36
	Morän	Mohr-Coulomb	20	40
	Mur	High Strength	24	
	Öb	Mohr-Coulomb	20	45



BILAGA 5

Sektion E
Befintliga förhållanden

Stabilitet för byggnad (Valfisken 6)

Röd skraffering visar utbredning av alla glidytor med F<1,30

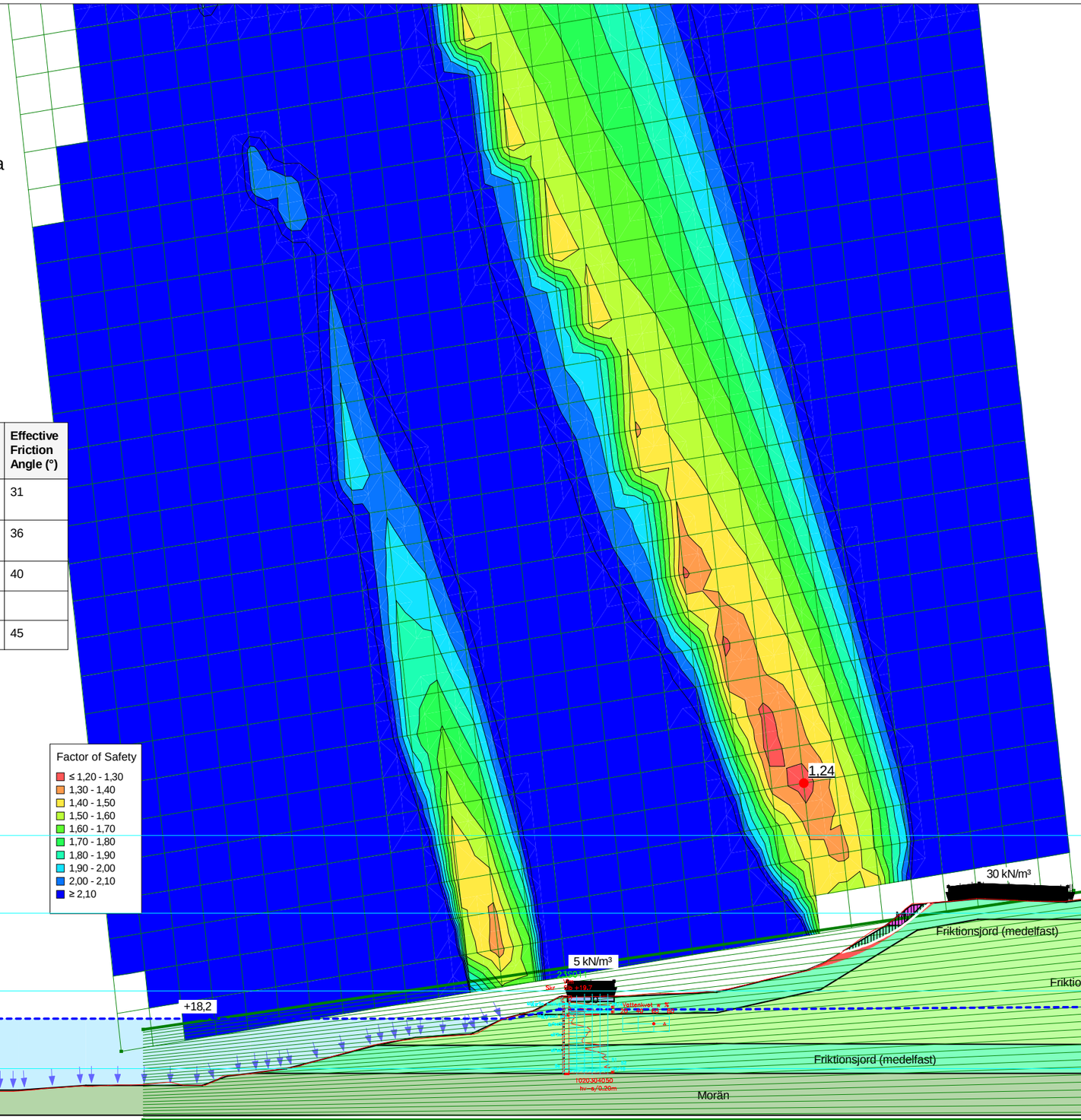
Dränerad analys

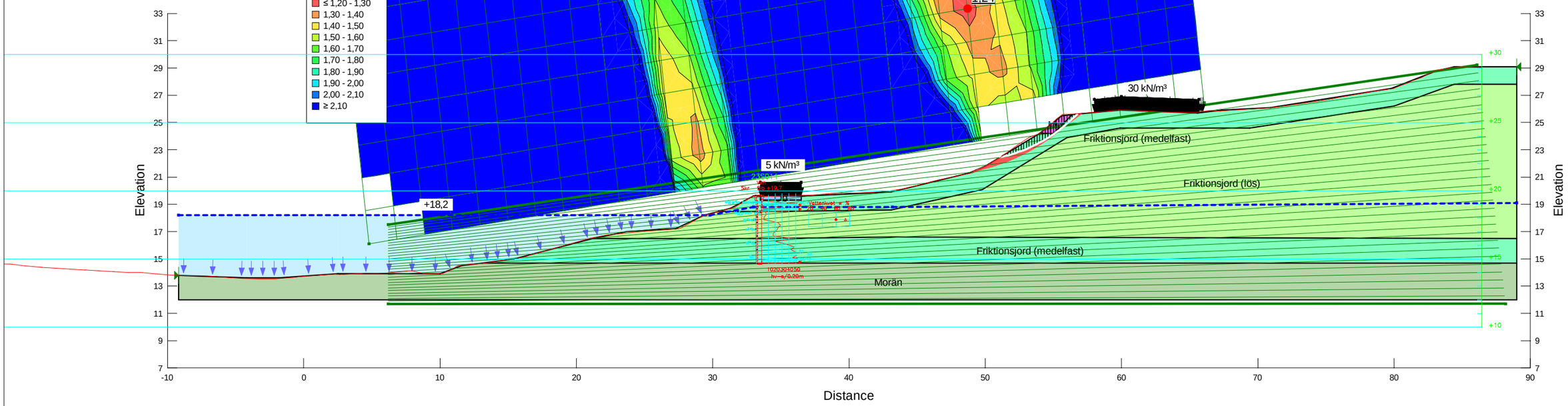
SWECO

Uppdrag: Kneippen, Norrköping
Unr: 30057079

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)
	Friktionsjord (lös)	Mohr-Coulomb	18	31
	Friktionsjord (medelfast)	Mohr-Coulomb	18	36
	Morän	Mohr-Coulomb	20	40
	Mur	High Strength	24	
	Öb	Mohr-Coulomb	20	45

Factor of Safety: 1,24





BILAGA 6

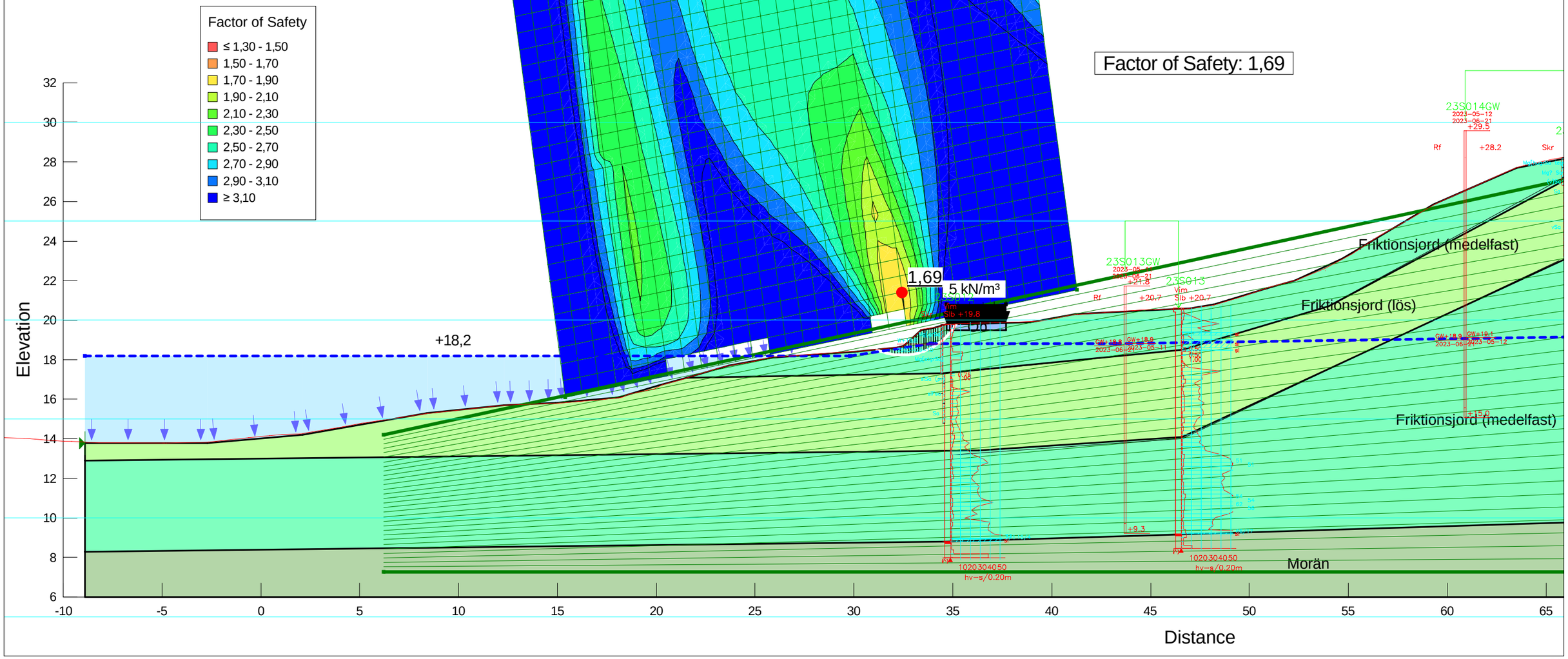
Sektion F
Befintliga förhållanden

Stabilitet för gångväg

Dränerad analys

Uppdrag: Kneippen, Norrköping
Unr: 30057079

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)
	Friktionsjord (lös)	Mohr-Coulomb	18	31
	Friktionsjord (medelfast)	Mohr-Coulomb	18	36
	Morän	Mohr-Coulomb	20	40
	Öb	Mohr-Coulomb	20	45



BILAGA 6

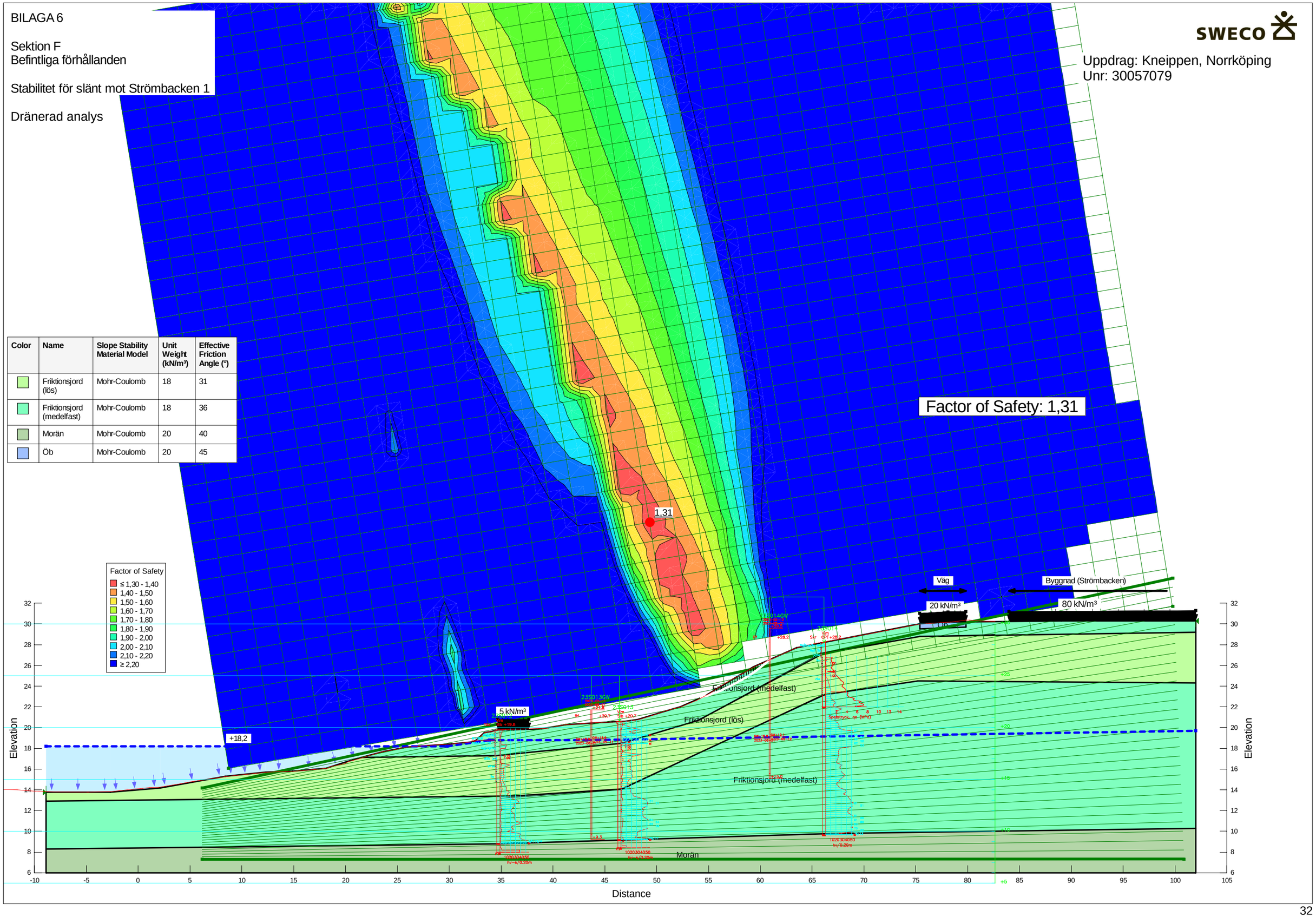
Sektion F
Befintliga förhållanden

Stabilitet för slänt mot Strömbacken 1

Dränerad analys

SWECO

Uppdrag: Kneippen, Norrköping
Unr: 30057079



Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)
	Friktionsjord (lös)	Mohr-Coulomb	18	31
	Friktionsjord (medelfast)	Mohr-Coulomb	18	36
	Morän	Mohr-Coulomb	20	40
	Öb	Mohr-Coulomb	20	45

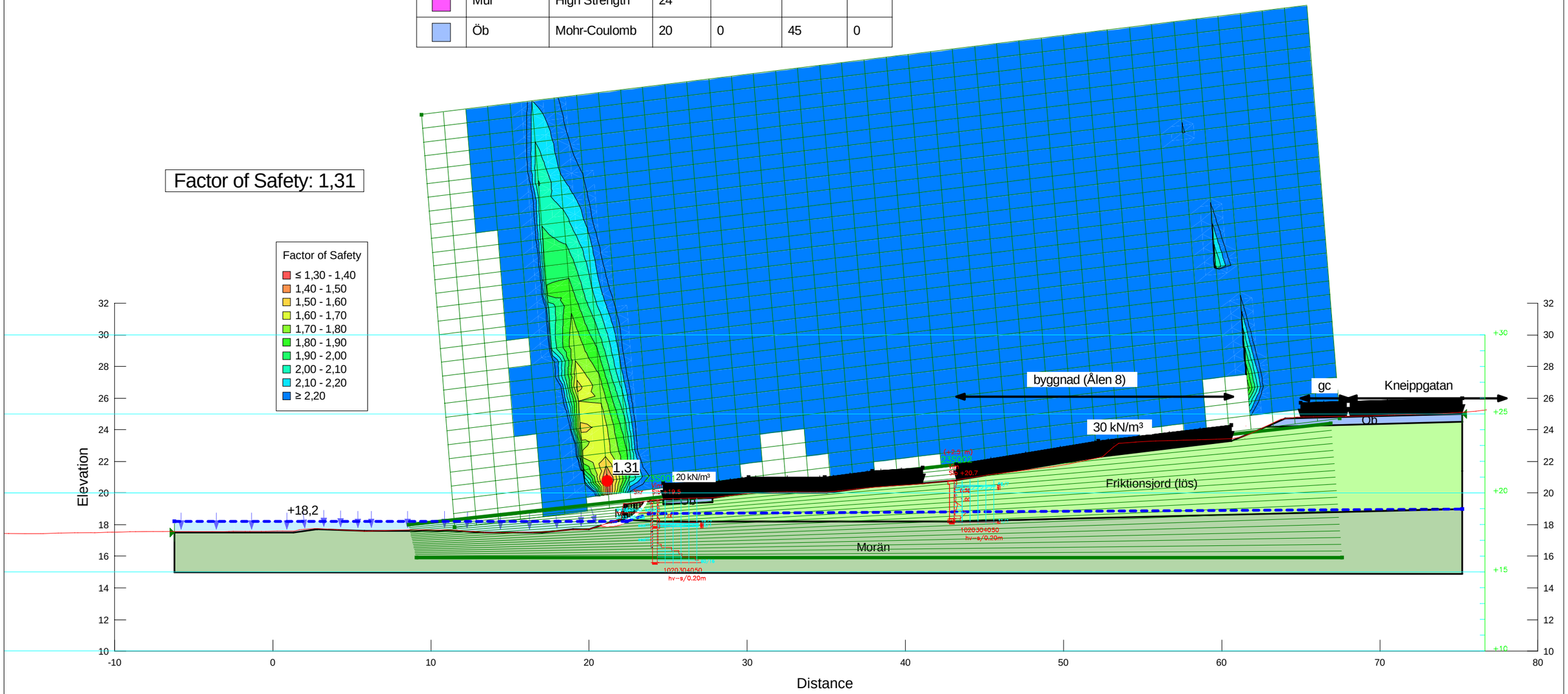
BILAGA 7

Sektion A
Känslighetsanalys ökad
markbelastning 20 kN/m2

SWECO

Uppdrag: Kneippen, Norrköping
Unr: 30057079

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)
	Friktionsjord (lös)	Mohr-Coulomb	18	0	31	0
	Morän	Mohr-Coulomb	20	0	40	0
	Mur	High Strength	24			
	Öb	Mohr-Coulomb	20	0	45	0



BILAGA 7

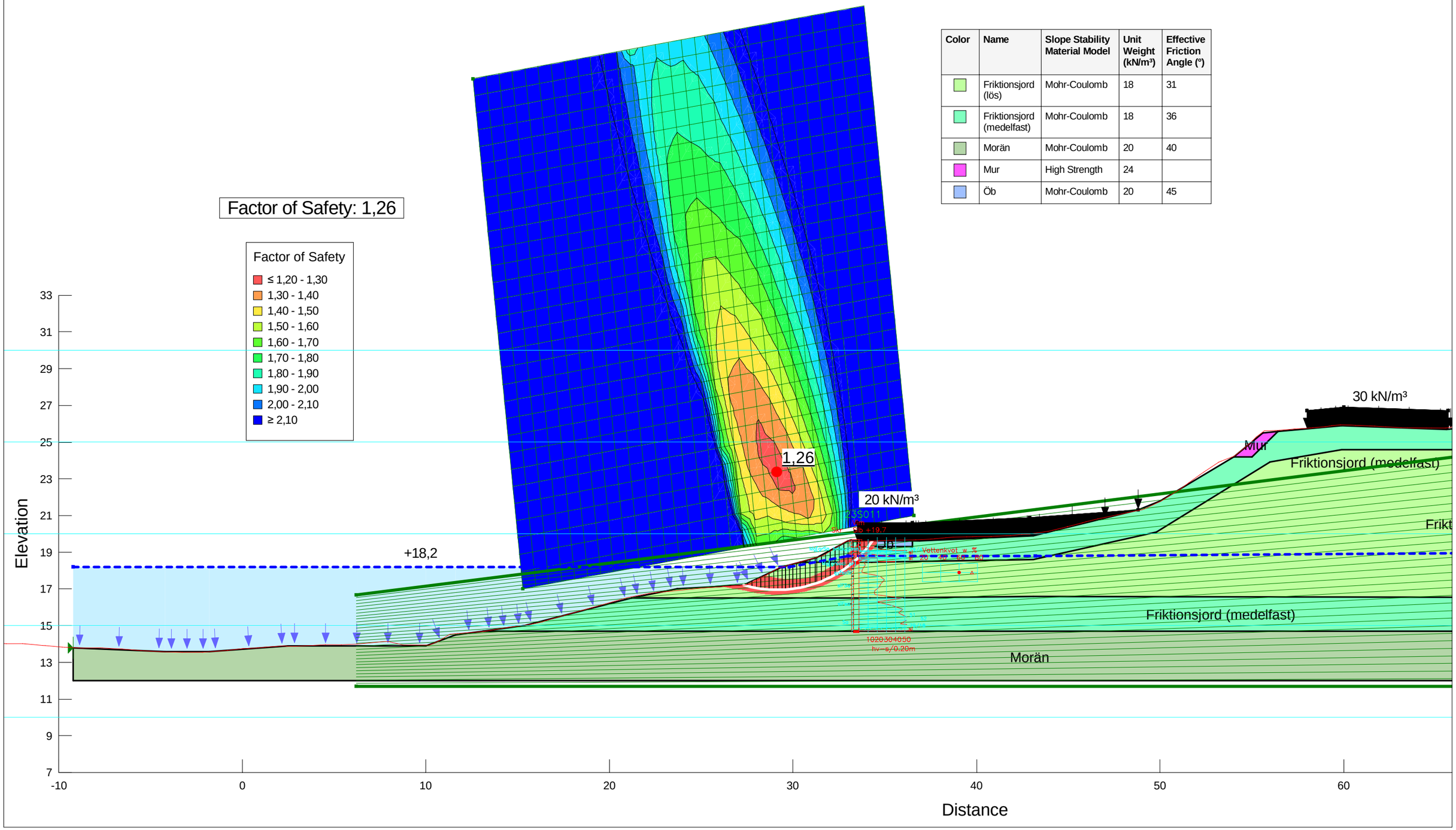
Sektion E
Känslighetsanalys ökad markbelastning
20 kN/m2

Röd skraffering visar utbredning av glidytor
med F<1,30

SWECO

Uppdrag: Kneippen, Norrköping
Unr: 30057079

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)
	Friktionsjord (lös)	Mohr-Coulomb	18	31
	Friktionsjord (medelfast)	Mohr-Coulomb	18	36
	Morän	Mohr-Coulomb	20	40
	Mur	High Strength	24	
	Öb	Mohr-Coulomb	20	45



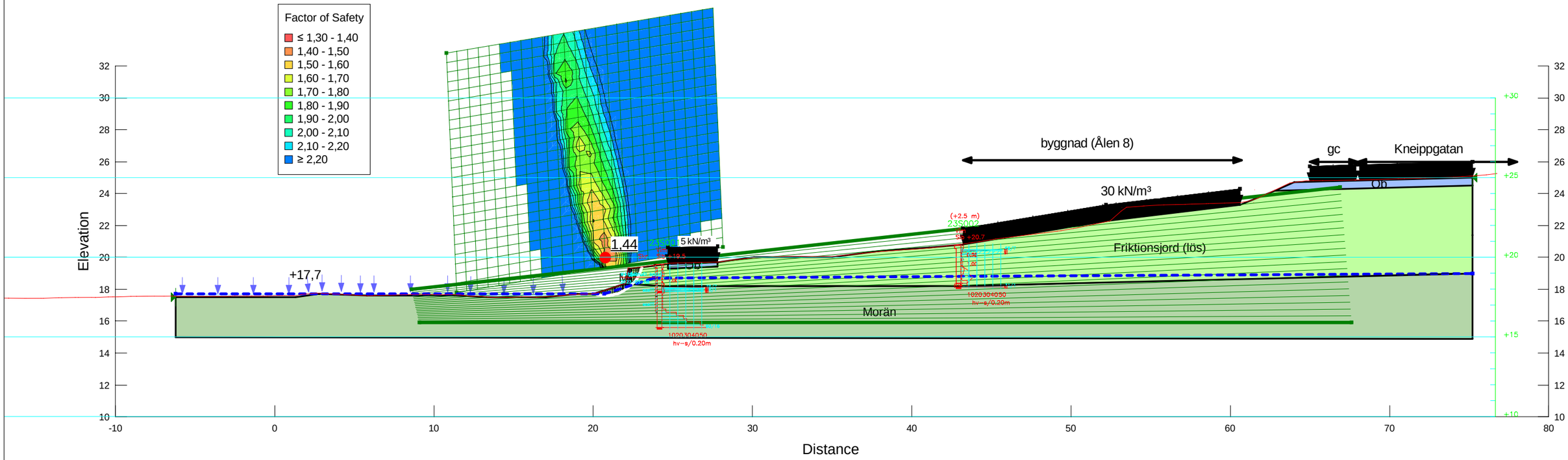
BILAGA 8

Sektion A
Känslighetsanalys
Lägre vattennivå +17,7

Uppdrag: Kneippen, Norrköping
Unr: 30057079

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)
	Friktionsjord (lös)	Mohr-Coulomb	18	0	31	0
	Morän	Mohr-Coulomb	20	0	40	0
	Mur	High Strength	24			
	Öb	Mohr-Coulomb	20	0	45	0

Factor of Safety: 1,44



BILAGA 8

Sektion A
Känslighetsanalys
Högt gw +20
Motala ström +18,6 (uppskattad MW)

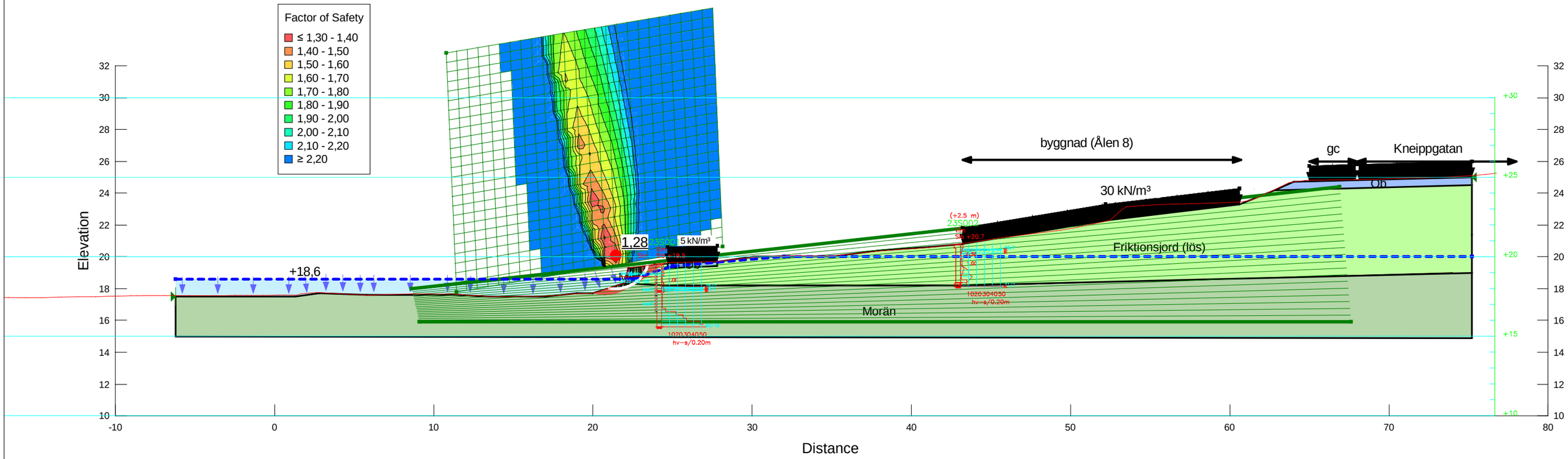
Röd skraffering visar alla glidytor
med F<1,3

SWECO

Uppdrag: Kneippen, Norrköping
Unr: 30057079

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)
	Friktionsjord (lös)	Mohr-Coulomb	18	0	31	0
	Morän	Mohr-Coulomb	20	0	40	0
	Mur	High Strength	24			
	Öb	Mohr-Coulomb	20	0	45	0

Factor of Safety: 1,28



BILAGA 8

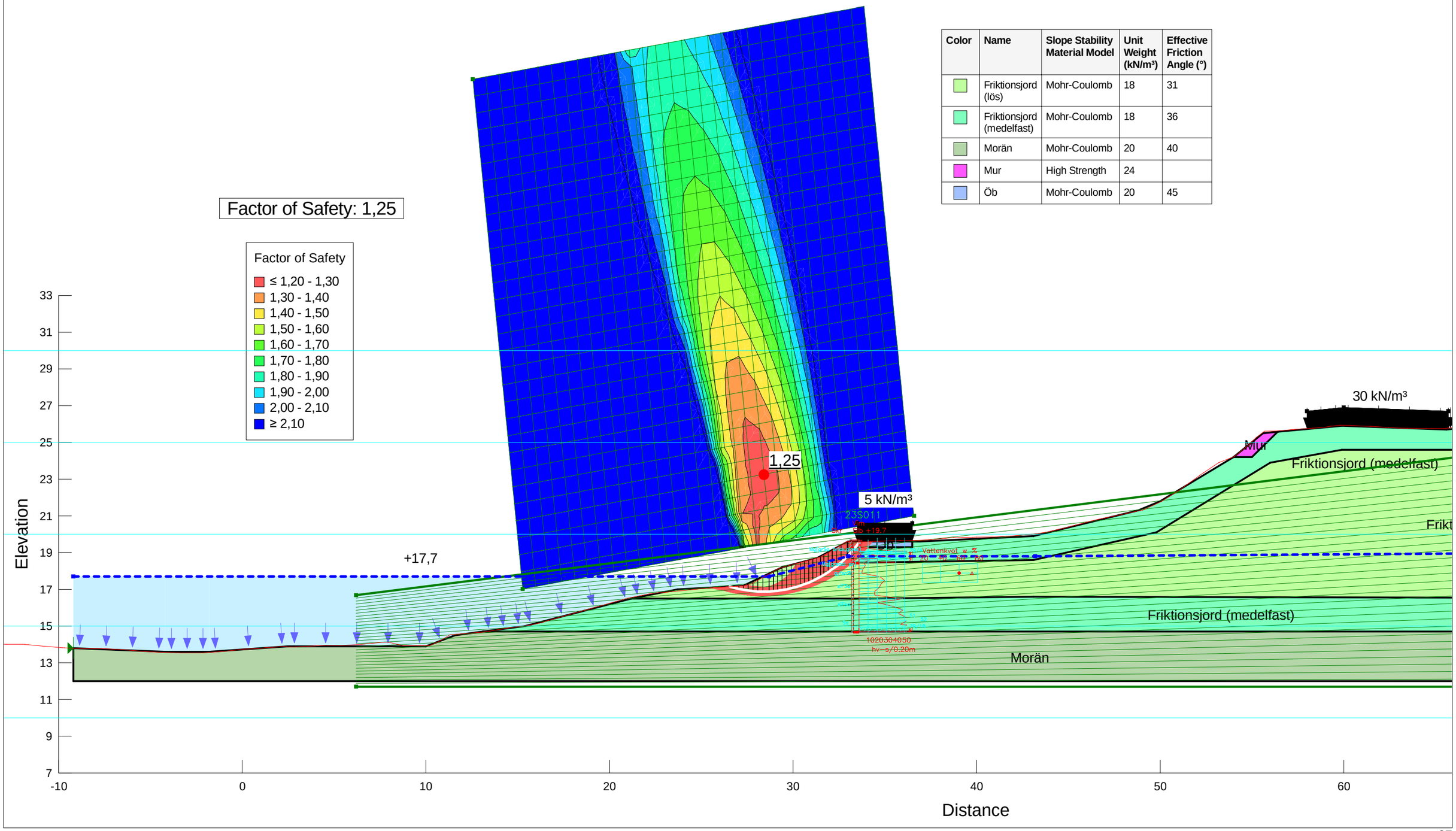
Sektion E
Känslighetsanalys
Lägre vattennivå +17,7

Röd skraffering visar utbredning av glidytor
med F<1,30

SWECO

Uppdrag: Kneippen, Norrköping
Unr: 30057079

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)
	Friktionsjord (lös)	Mohr-Coulomb	18	31
	Friktionsjord (medelfast)	Mohr-Coulomb	18	36
	Morän	Mohr-Coulomb	20	40
	Mur	High Strength	24	
	Öb	Mohr-Coulomb	20	45



BILAGA 8

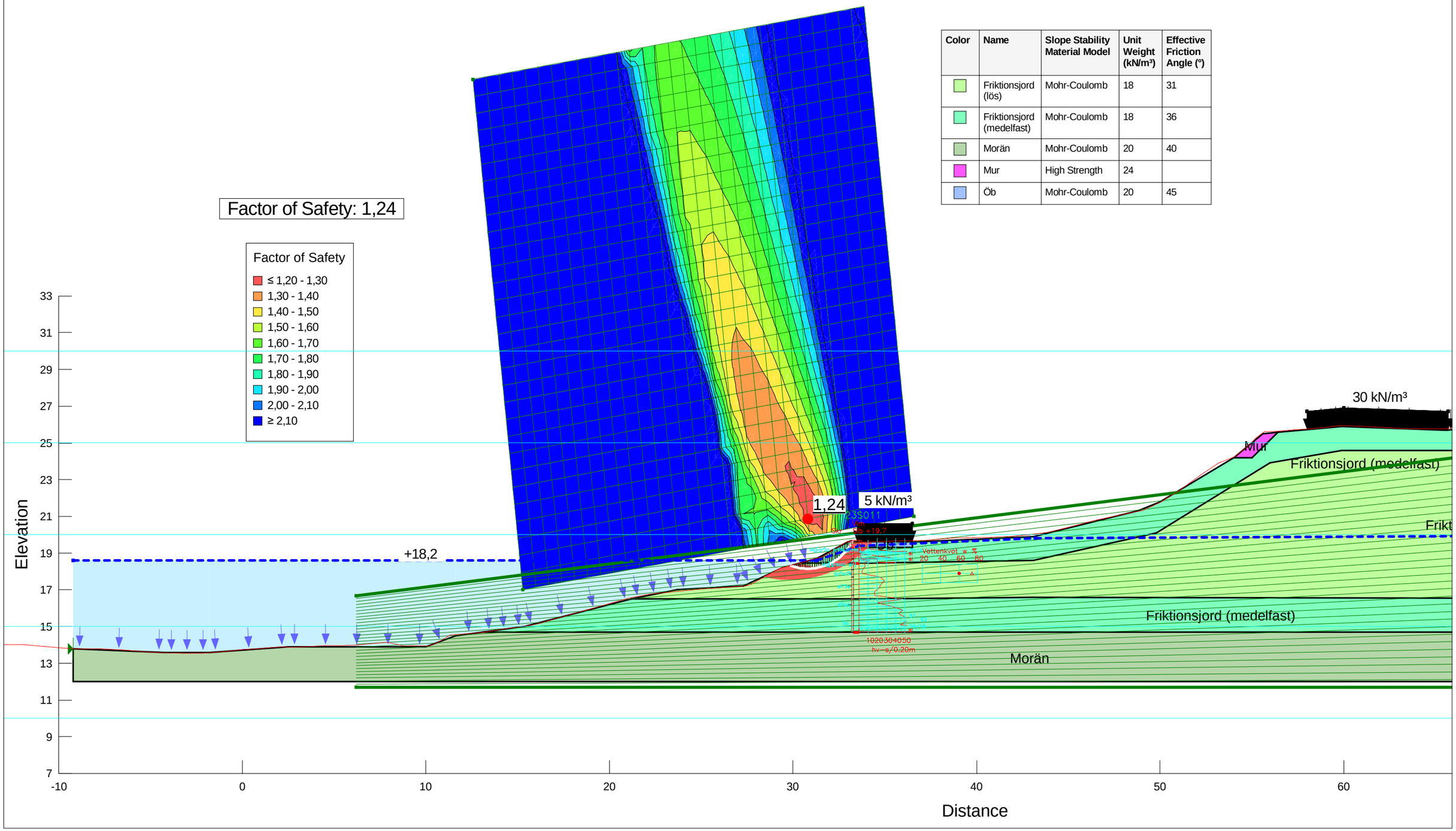
Sektion E
Högt gw +20
Motala ström +18,6 (uppskattad MW)

Röd skraffering visar utbredning av
glidytor med F<1,30

SWECO

Uppdrag: Kneippen, Norrköping
Unr: 30057079

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)
	Friktionsjord (lös)	Mohr-Coulomb	18	31
	Friktionsjord (medelfast)	Mohr-Coulomb	18	36
	Morän	Mohr-Coulomb	20	40
	Mur	High Strength	24	
	Öb	Mohr-Coulomb	20	45



Bilaga 9

Val av säkerhetsfaktor enl. IEG 4:2010 4.5.2

I normalfallet ska störst vikt läggas vid tabell 4.1a med nedåtgående viktning till tabell 4.1i.

Tabell 4.1a Konsekvenser av skred

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden	Vikt	Gynnsamma	Ogynnsamma	Motiv
Ingen risk för människoliv och ringa ekonomisk skada	Risk för människoliv eller stor ekonomisk skada	8		x	Närhet till bebyggelse, trädgårdar utgör riskområde.
Begränsad utbredning av skred	Risk för bakåt- eller framåtgripande skred	8	x		Huvudsakligen friktionsjord, små glidytor
Ingen risk för omgivningspåverkan eller sekundär påverkan	Risk för omgivningspåverkan eller sekundär påverkan	8	x		Påverkar gångstråket, bostadsbebyggelsen påverkas ej
Ej kvicklera	Kvicklereområde enligt kap 4.4.3	8	x		

Tabell 4.1b Släntens beständighet

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden	Vikt	Gynnsamma	Ogynnsamma	Motiv
Inga tecken på rörelser i slänten	Observerade rörelser i slänten, sprickbildning m m	8	x		Inga synliga tecken på rörelser mer än lokalt i stensättningen i strandkanten.
Ingen risk för ytvatten- och/eller yterosion	Risk för erosion/pågående ytvatten- och/eller yterosion	8		x	Strömmande vatten med erosion längs strandkanten.
Intakt gräs-, busk- eller trädvegetation	Vegetationsfria eller avverkade områden alt. lutande och/eller nedfallna träd	8		x	lutande träd, material har spolats ur bakom stensättning

Tabell 4.1c Tidigare förändringar i slänten

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden	Vikt	Gynnsamma	Ogynnsamma	Motiv
Utlagda fungerande erosionsskydd	Pågående erosion	7		x	Befintlig strandskoning har skador, erosion har skett
Utförda stabilitetsförbättrande åtgärder	Ingrepp som försämrat stabiliteten	7			Stensättning förbättrar, fyllning försämrar.
Belastningsminskningar	Belastningsökningar	7		x	fyllning på landsidan
Ogynnsam reglering av vattendrag	Gynnsam reglering av vattendrag	7	x		reglerad både upp- och nedströms, relativt små nivåvariationer förväntas.
	Avverkning	7	x		

Tabell 4.1d Jordens egenskaper

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden	Vikt	Gynnsamma	Ogynnsamma	Motiv
Friktionsjordar	Kohesionsjordar	6	x		Innehåll av lera och silt, men huvudsakligen friktionsjord.
Låg sensitivitet	Hög sensitivitet, kvicklera	6	x		
Liten spridning i bestämda hållfasthetsegenskaper	Stor spridning i bestämda hållfasthetsegenskaper	6		x	skiktad jord, stor spridning i härledda värden
Homogen jord	Skiktade jordar	6		x	

Tabell 4.1e Analys- och beräkningsarbetets tillförlitlighet

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden	Vikt	Gynnsamma	Ogynnsamma	Motiv
Stort antal beräknade glidytor	Litet antal beräknade glidytor	5	x		Beräkningsprogram används, flera sektioner, olika lastsituationer kontrolleras
Känslighetsanalys utförd på valda parametrar	Ingen känslighetsanalys utförd på valda parametrar	5	x		Känslighetsanalys utförd för vattennivåer, yttre last.
Samtidigt valda ogynnsammaste extremvärden för last, portryck och vattenstånd. Ringa sannolikhet för att vald kombination inträffar samtidigt	Vald kombination för last, portryck och vattenstånd motsvarar normaltillståndet för slänten	5		x	Rådande förhållanden används som utgångspunkt. Ogynnsamma förhållanden studeras i känslighetsanalyser.
Utförd känslighetsanalys av svårtolkade förutsättningar ger endast ringa förändring på beräkningsresultatet	Utförd känslighetsanalys av svårtolkade förutsättningar ger betydelsefull förändring på beräkningsresultatet	5		x	Vattennivåer i strandkanten har stor inverkan.
Kritiska glidytan omfattar mycket stor jordvolym med ett stort antal hållfasthetsbestämningar och mindre glidytor har god beräkningsmässig säkerhet	Kritiska glidytan omfattar mindre jordvolymer med ett fåtal hållfasthetsbestämningar	5		x	Mindre relativt ytliga glidytor.
Förhållandena är enkla med små variationer i yta, jordlagerföljd eller hållfasthet	Förhållandena är komplicerade med stora variationer i yta, jordlagerföljd eller hållfasthet	5	x		Relativt likartade förhållanden inom sträckan.
Glidytans läge i plan vald i farligaste delen av slänten ur stabilitetssynpunkt.	Glidytans läge i plan representerar släntens genomsnittliga geometri.	5	x		Flera sektioner har kontrollerats, vid olika representativa geometrier.
Tvådimensionell analys (som regel något på säkra sidan)	Tredimensionell analys (begränsad erfarenhet för stora slänter)	5	x		2D-beräkningar utförs

Tabell 4.1f Fält- och laboratorieundersökningens innehåll och omfattning

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden	Vikt	Gynnsamma	Ogynnsamma	Motiv
Tätt undersökt, d.v.s undersökningarna ger bra geotekniskt underlag av hela utredningsområdet	Glest undersökt vilket kräver antaganden som påverkar stabilitetsberäkningen	4	x		Bra geotekniskt underlag.
CPT-sonderingar är utförda	Endast sonderingar typ Tr, Vim är utförda	4	x		CPT utförd
Stort antal undersökta prover i lab	Litet antal undersökta prover i lab	4	x		störda provtagningar.
Kompressionsförsök utförda	Kompressionsförsök saknas	4			ej relevant metod
Direkta skjuvförsök är utförda	Direkta skjuvförsök saknas	4			ej relevant metod
Triaxialförsök är utförda	Triaxialförsök saknas	4			ej relevant metod
In situ-provning är utförd med vingförsök och/eller dilatometerförsök	Ingen eller ringa provning i fält (vingförsök och/eller dilatomerförsök)	4			ej relevant metod

Tabell 4.1g Släntens geometri

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden	Vikt	Gynnsamma	Ogynnsamma	Motiv
Välkänd geometri (bra grundkarta, utförda avvägningar, lodningar etc.)	Glest avvägt och/eller lodat	3	x		Bra grundkarta. Avvägt i sektioner och scannad bottenprofil i ån.
Flack slänt	Brant slänt	3		x	
Lokala branta partier finns ej i slänten	Lokala branta partier finns i slänten	3		x	

Tabell 4.1h Grundvatten- och portrycksförhållanden

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden	Vikt	Gynnsamma	Ogynnsamma	Motiv
Känslighetsanalys med avseende på grundvatten- och portrycksförhållandena utförd	Känslighetsanalys med avseende på grundvatten- och portrycksförhållandena inte utförd	2	x		Känslighetsanalyser utförda.
Långtidsobservationer finns	Långtidsobservationer saknas	2		x	Korttidsmätning under utredningstiden
Begränsade förväntade tryckvariationer	Risk för stora tryckvariationer	2	x		
God kännedom om portrycksfördelning såväl med djupet som i slänten som helhet	Ringa kännedom om portrycksfördelningen i slänten	2	x		Friktionsjord, grundvattennivån är i nivå med Motala ström

Tabell 4.1i Ytvattenförhållanden

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden	Vikt	Gynnsamma	Ogynnsamma	Motiv
Karaktäristiska vattenstånd är kända	Karaktäristiska vattenstånd är okända	1		x	Finns endast uppgifter på dämningsnivå och HW vid nedströms damm.
Små vattenståndsvariationer	Stora vattenståndsvariationer	1	x		
Långsam förändring i vattenstånd	Hastiga förändringar i vattenstånd	1		x	okänt
Väldränerat och dikat område	Stor risk för lokala vattensamlingar	1	x		Sluttande område, inte risk för lokala vattensamlingar

	Utan viktning	Med viktning
Gynnsamma förhållanden	58,3%	58,1%
Ogynnsamma förhållanden	41,7%	41,9%

Tabell 4.2 Val av rekommenderad säkerhetsfaktor

		Markanvändning			
		Nyexploatering		Befintlig bebyggelse och anläggning	Annan mark
		Nybyggnation	Planläggning		
Tillståndsbedömning	Översiktlig utredning	*Ej tillämpbart för denna rapport*	Minst detaljerad utredning ska utföras	$F_c > 2$ + $F_{c\phi} > 1,5$	$F_c > 2$ + $F_{c\phi} > 1,5$
	Detaljerad utredning		$F_c \geq 1,7–1,5$ + $F_{komb} \geq 1,5–1,4$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,7–1,5$ + $F_{komb} \geq 1,5–1,3$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,6–1,4$ + $F_{komb} \geq 1,4–1,3$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)
	Fördjupad utredning	*Ej tillämpbart för denna rapport*	$F_c \geq 1,5–1,4$ + $F_{komb} \geq 1,4–1,3$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,4–1,3$ + $F_{komb} \geq 1,3–1,2$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand) Under förutsättning att restriktioner införs	$F_c \geq 1,3–1,2$ + $F_{komb} \geq 1,2$ $F_\phi \geq 1,2$ (sand)
Projektering		Dimensionering utförs enligt TD "Slänter och bankar" alternativt TK Geo	Beroende på utredningsnivå, F_c och F_{komb} enligt tabellvärde ovan	Stabilitetsförbättrande åtgärd enligt kap 4.5.2.4 alternativt TD"Slänter och bankar" / TK Geo	

Utan viktning		Planläggning	Befintlig	Annan mark
Översiktlig		x	2,00	2,00
	F_{komb}	x	1,50	1,50
	$F\phi$	x	1,50	1,50
Detaljerad	F_c	1,58	1,58	1,48
	F_{komb}	1,44	1,38	1,34
	$F\phi$	1,30	1,30	1,30
Fördjupad	F_c	1,44	1,34	1,24
	F_{komb}	1,34	1,24	1,20
	$F\phi$	1,30	1,30	1,20

Med viktning		Planläggning	Befintlig	Annan mark
Översiktlig		x	2,00	2,00
	F_{komb}	x	1,50	1,50
	$F\phi$	x	1,50	1,50
Detaljerad	F_c	1,58	1,58	1,48
	F_{komb}	1,44	1,38	1,34
	$F\phi$	1,30	1,30	1,30
Fördjupad	F_c	1,44	1,34	1,24
	F_{komb}	1,34	1,24	1,20
	$F\phi$	1,30	1,30	1,20