

FÖRDJUPAD STABILITETSUTREDNING

Umeälven, östra området: Brinklunden



2025-11-30

Uppdragsinformation

Uppdragsnamn	Ume älv- Fördjupad stabilitetsutredning (i WSP system:) Ume älv- Detaljerad stabilitetsutredning
Uppdragsnummer	10383100
Författare	Elin Bergliv/Jenny Gustafsson
Datum	2025-11-30
Ändringsdatum	
Granskad av	Lennart Johansson

Kund

Umeå kommun

Kontaktperson:	Viktoria Vingmarker
E-post:	viktoria.vingmarker@umea.se

Konsult

WSP

WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
wsp.com

Kontaktpersoner

Uppdragsansvarig

Johan Näslund
Telefon: 010-7211409
E-post: johan.naslund@wsp.com

Teknikansvarig Geoteknik

Jenny Gustafsson
Telefon: 010-721 15 64
E-post: jenny.gustafsson@wsp.com

Handläggare Geoteknik

Elin Bergliv
Telefon: 010-721 06 33
E-post: elin.bergliv@wsp.com

SAMMANFATTNING

WSP Sverige AB har på uppdrag av Umeå kommun utfört en fördjupad stabilitetsutredning av Umeälvens norra strandpromenad, mellan Gamla bron och den östligaste bryggan längs Kvarnvägen. Det har tidigare utförts fördjupade stabilitetsutredningar inom området, som visade att stabiliteten är tillfredställande.

Detta uppdrag syftade till att kontrollera huruvida de tidigare dragna slutsatserna fortsatt gäller. Den fördjupade stabilitetsutredningen har innefattat inventering och inläsning av tidigare utförda undersökningar och utredningar, fältundersökningar samt modellering och beräkning av släntstabiliteten.

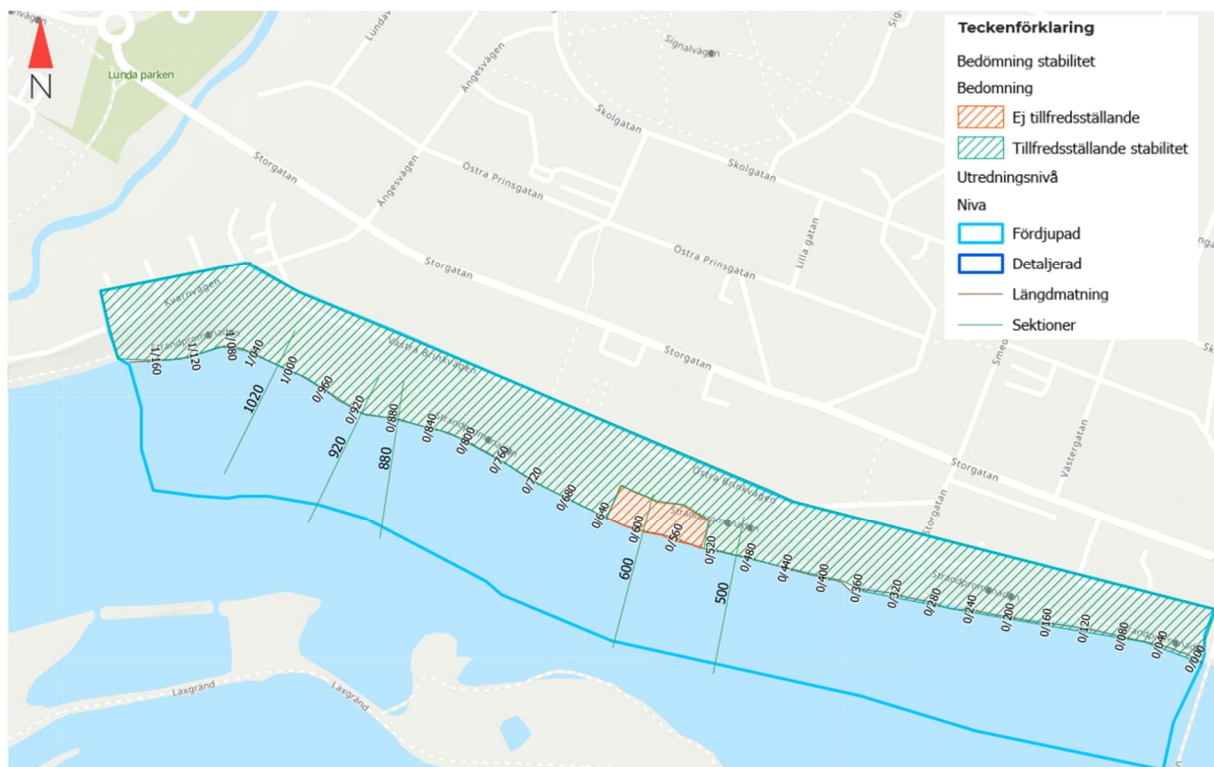
Fältundersökningarna inbegrep besiktning av slänterna och detaljmätning av slänter, släntkrön och älvbotten.

Befintlig bebyggelse och gator förekommer inom utredningsområdet. Utredning visar dock stabiliteten är tillfredställande för all befintlig bebyggelse. De farligaste glidyterna är ytliga sådana och bedöms endast drabba området närmast släntkrönet.

Det finns ett område om ca 100 m mellan Östra och Västra Brinkvägen där stabiliteten mot ras och skred längs dessa ytliga glidytor inom ett område närmast släntkrönet ej är tillfredställande, se schematisk illustration i Figur 0-1. Inom detta område finns fortfarande en viss säkerhetsmarginal skred, och det bedöms inte innebära en omedelbar risk att vistas på platsen, men uppfyller inte kraven på släntstabilitet. För detta område rekommenderas fyllning av sprängsten innanför strandpromenaden som stabilitetshöjande åtgärd.

Inmätning av älvbotten indikerar eventuell pågående erosion i vid släntfot i älven, och beräkningar visar att erosion i släntfot har påverkan på stabiliteten. På sikt kan det därför vara relevant att utföra en erosionsutredning.

Bedömningen gäller enbart befintliga förhållanden, ny- och ombyggnation inom utredningsområdet ska föregås av geotekniska utredningar.



Figur 0-1. Schematisk illustration av utredningsområdet och bedömning av släntstabiliteten, utdrag ur Bilaga 3.

Innehåll

SAMMANFATTNING	3
1 INLEDNING	5
2 STYRANDE OCH RÅDGIVANDE DOKUMENT	6
3 UNDERLAG	6
4 BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN	18
5 ERFORDERLIG SÄKERHET	32
6 VALDA BERÄKNINGSSEKTIONER	34
7 METOD OCH MODELLERING	35
8 INDATA	35
9 STABILITETSBERÄKNINGAR	37
10 SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER	48

Bilagor

Beteckning	Titel	Antal sidor
Bilaga 1	Tolkade sektioner	6
Bilaga 2	Stabilitetsberäkningar	31
Bilaga 3	Översiktskarta	1

1 INLEDNING

1.1 UPPDRAG

WSP Sverige AB har på uppdrag av Umeå kommun utfört en fördjupad stabilitetsutredning av Umeälvens norra strandpromenad, mellan Gamla bron och den östligaste bryggan längs Kvarnvägen, se avgränsning av utredningsområdet i Figur 1-1.



Figur 1-1. Avgränsning av utredningsområdet, mellan röda markeringar.

En längdmätning har upprättats längs den norra strandlinjen med stigande kilometertal från öst till väst, se Figur 1-2. Beräkningssektioner och övriga hänvisningar till kilometertal hänvisar till denna längdmätning.



Figur 1-2. Längdmätning längs den norra strandlinjen, stigande kilometertal från öst till väst.

1.2 BAKGRUND

WSP utförde på uppdrag av Umeå kommun under sommar/höst 2024 en förstudie [1] avseende ras- och skredrisk längs Umeälvens norra strandpromenad, mellan Gamla bron och Baggbölebron, för att bedöma vilka delar av området som behövde utredas vidare. Inom förstudien utfördes inventering av tidigare utförda geotekniska utredningar samt bedömning av resultaten och deras relevans.

I den östra delen av utredningsområdet har det utförts flera stabilitetsutredningar på fördjupad nivå från tidigt 90-tal och tidigt 00-tal. Dessa kom fram till att stabiliteten är tillfredställande om ett erosionsskydd av sprängsten anläggs i strandkanten nedan strandpromenaden.

1998 publicerades en kartering av stabilitetsförhållanden i Umeå där fältinventeringen noterade att sprängstensfyllning var utlagd som förstärkningsåtgärd. Under den okulärbesiktning som genomfördes inom förstudien noterades, från strandpromenaden, att marken under vattenytan närmast strandkanten består av sprängsten.

För fortsatt arbete rekommenderades i förstudien att älvbotten samt slänternas nuvarande geometri mäts in, och att utförda beräkningar uppdateras med denna information.

1.3 UTREDNINGSNIVÅ

Inom föreliggande utredning har rådande släntgeometri, ovan och under älvens vattenyta, undersökts. Jordparametrar och grundvattennivåer har tolkats utifrån tidigare utförda stabilitetsutredningar ([2], [3], [4]). Sammantaget bedöms underlaget uppfylla kriterierna för fördjupad utredningsnivå enligt SGI Vägledning 8.

2 STYRANDE OCH RÅDGIVANDE DOKUMENT

Styrande dokument för denna stabilitetsutredning är

- *Utredning av släntstabilitet, Utgåva 1, SGI Vägledning 8*, Statens geotekniska institut, (SGI), Linköping 2023 [5]

Rådgivande dokument är

- Trafikverkets tekniska styrdokument *TRVINFRA-00230, Geokonstruktion, Dimensionering och utformning, version 3.0* [6]
- *Information 16 Siltjordars egenskaper*, Statens geotekniska institut, (SGI), Linköping 1998. [7]
- *Bestämning av hållfasthetsegenskaper i silt – erfarenheter från utredning längs Ångermanälven*, Statens geotekniska institut, artikel i tidskriften Bygg och Teknik, ISSN 0281-658X, E-ISSN 2002-8350 2021. Vol. 121, nr 1, s. 40-45. [8]

3 UNDERLAG

3.1 KARTUNDERLAG

Kartor har studerats från följande kartvisningstjänster:

- Jordart- och jorddjupskarta från SGU, hämtad augusti 2025.
- Terrängskuggningskarta och flygfoton från lantmäteriet Min Karta, hämtad augusti 2025.
- Skedärskarta från SGI:s kartverktyg Kartunderlag om ras, skred och erosion, hämtad augusti 2025.
- Översvämningskartor från MSB:s kartvisningstjänst Översvämningsportalen, augusti 2025.

3.2 ÖVRIGT UNDERLAG

Föreliggande utredning har som utgångspunkt i översiktlig utredning "Umeå älv norra strandpromenad: förstudie om ras- skredrisk", upprättad av WSP, daterad 2025-02-14 [1].

Följande övrigt underlag har tillhandahållits från beställaren:

- Översiktsplan Umeå kommun "Fördjupning av älvlandskapet", antagen av Umeå kommunfullmäktige 29 oktober 2012.
- Översvämning utmed Umeälven upprättad av MSB, daterad 2022-06-15 [9].
- Plogkarta 2024/2025, Umeå kommun gator och parker, daterad 2024-11-07.

SMHI:s klimatscenariotjänst har nyttjats för analys av hur framtida klimat påverkar älvens flöde.

3.3 FÄLTUNDERSÖKNINGAR

Inga kompletterande geotekniska undersökningar har utförts för detta objekt.

De kompletterande fältundersökningar som utförts är inmätning av markytan och älvens bottengeometri samt okulärbesiktning av området. Omfattning av fältundersökningarna och resultat redovisas i Markteknisk undersökningsrapport Umeälvens stabilitetsutredning, upprättad av WSP, daterad 2025-11-30.

Fält- och labbdata nyttjas från tidigare utförda geotekniska utredningar, se avsnitt 3.4.

3.4 TIDIGARE UTFÖRDA GEOTEKNISKA UTREDNINGAR

I Tabell 3.1 visas de mest relevanta tidigare undersökningar och utredningar som nyttjats inom denna fördjupade utredning.

Kapitel 3.4.1–3.4.12 sammanfattar relevant information från respektive tidigare utförd undersökning/utredning.

Tabell 3.1. Sammanfattning av tidigare utförda geotekniska utredningar. Utredningarna presenteras geografisk ordning från öst mot väst.

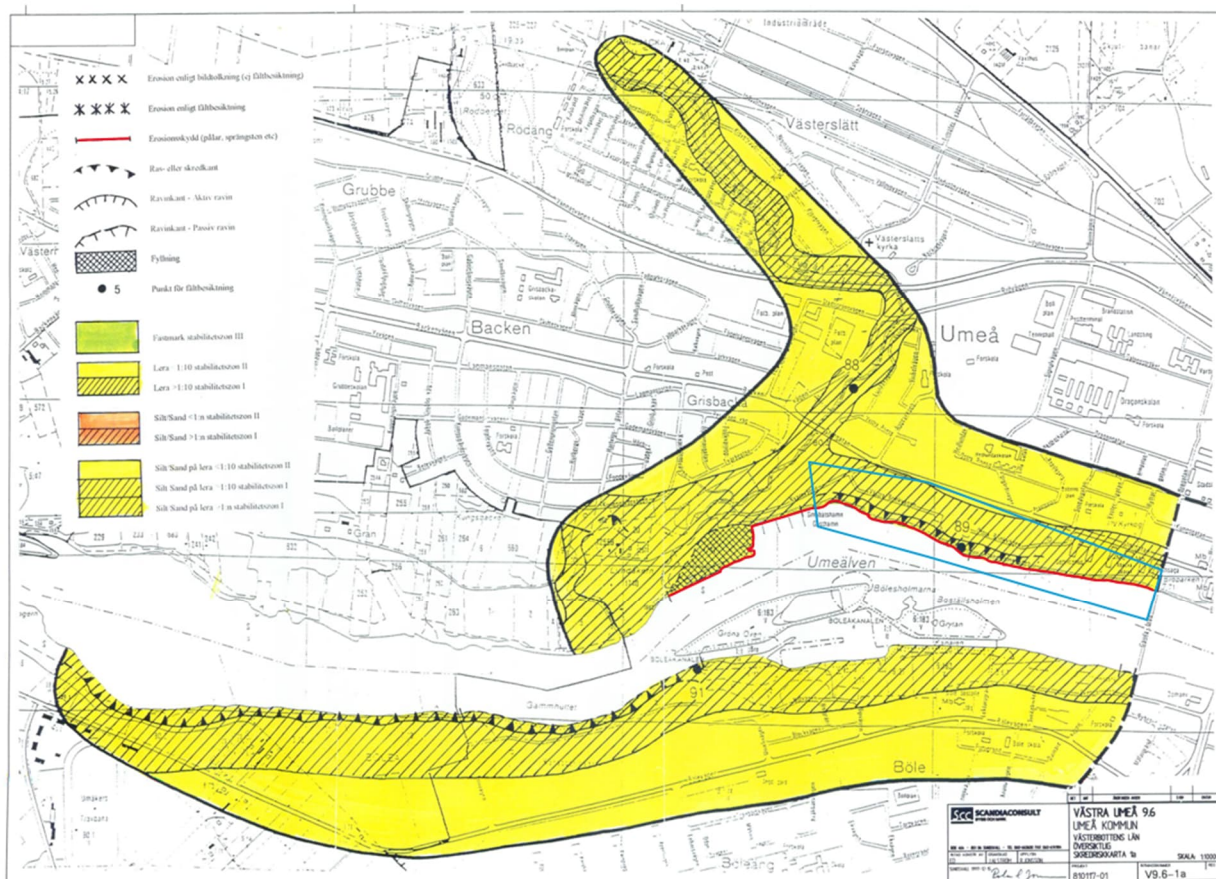
Titel	Översiktlig kartering av stabilitetsförhållanden i Västerbottens län Umeå kommun
ID i denna handling	[10]
Framtagen av	Scandiaconsult
Datum	1998-01-15
ID originalhandling	-
Innehåll	Fältinventering av aktuellt område
Bearbetning	Redovisas ej på ritning. Orientering okulärt efter karta.
Titel	Umeå Kv Sandåkern 3 - Översiktlig stabilitetsutredning
ID i denna handling	[11]
Framtagen av	J&W (nu WSP)
Datum	1997-08-18
ID originalhandling	7 510 0230
Innehåll	Bedömning av släntstabiliteten för planerad utbyggnad.
Bearbetning	Redovisas ej på ritningar.

Titel	Umeå kommun Kv Sandåkern nr 4 Hemgården äldrecenter – Geoteknisk utredning
ID i denna handling	[12]
Framtagen av	J&W (nu WSP)
Datum	1997-05-30
ID originalhandling	7 510 0218
Innehåll	Geoteknisk utredning av utbyggnad.
Bearbetning	Redovisas ej på ritningar.
Titel	Brinken, Umeå - Planerad terrasshusbebyggelse, geoteknisk utredning, projekteringsunderlag
ID i denna handling	[2]
Framtagen av	J&W (nu WSP)
Datum	1992-04-24
ID originalhandling	2510210
Innehåll	Geotekniska undersökningar inom sektion ca 0/450 till ca 1/000 och stabilitetsutredning för sektioner ca 0/800 till 1/000. Äldre jordprofiler att jämföra med.
Bearbetning	Redovisas ej på ritningar. Orientering efter tomtgränser.
Titel	Geoteknisk undersökning och stabilitetsanalys för fastigheten Umeå 5:26, Brinkvägen, Umeå
ID i denna handling	[13]
Framtagen av	Tyréns
Datum	2003-06-03
ID originalhandling	401333
Innehåll	Geotekniska undersökningar (punkter U1, GVU1, U2, GVU2), äldre jordprofiler.
Bearbetning	Transformerade koordinater, redovisas på planritning i Markteknisk undersökningsrapport Umeälvens stabilitetsutredning, upprättad av WSP, daterad 2025-11-30
Titel	Stabilitetsutredning gällande fastigheten Umeå 5:35
ID i denna handling	[3]
Framtagen av	J&W (nu WSP)
Datum	1999-09-02
ID originalhandling	R/Geo: 95450226
Innehåll	Geoteknisk utredning samt stabilitetsutredning för utbyggnad inom fastighet Umeå 5:35
Bearbetning	Orientering efter tomt Umeå 5:35. Redovisas ej på ritningar.

Titel	Umeå kommun Kv Skäppan nr 19 - Översiktlig geoteknisk utredning
ID i denna handling	[14]
Framtagen av	J&W (nu WSP)
Datum	1983-06-28; 1984-09-11
ID originalhandling	Sammanslagning av 3 051 218 och 4 051 226
Innehåll	Geoteknisk utredning av uppförande av flervåningshus.
Bearbetning	Redovisas ej på ritningar.
Titel	Umeå, Kv. Plogen nr 26 - Geoteknisk utredning
ID i denna handling	[15]
Framtagen av	J&W (nu WSP)
Datum	1985-01-29
ID originalhandling	LGB/bl-4 051 265
Innehåll	Geoteknisk utredning av nybyggnation. Utredningen omfattar ej stabilitetskapitel.
Bearbetning	Redovisas ej på ritningar.
Titel	Utlåtande över grundförhållanden för planerade punkthus i kv Plogen och Harven
ID i denna handling	[16]
Framtagen av	Orrje & CO
Datum	1962-10-26
ID originalhandling	7 635 33
Innehåll	Geoteknisk utredning av nybyggnation.
Bearbetning	Redovisas ej på ritningar.
Titel	Tekniskt PM Geoteknik - Tillbyggnad kv Plogen 19, 20 och 25
ID i denna handling	[4]
Framtagen av	Tyréns
Datum	2003-04-25
ID originalhandling	203381
Innehåll	Geoteknisk utredning av utbyggnad.
Bearbetning	Redovisas ej på ritningar.
Titel	PM Beräkningar - Stabilitetsutredning Välten 1-5 till Plogen 16
ID i denna handling	[17]
Framtagen av	Tyréns
Datum	2015-04-24
ID originalhandling	251972
Innehåll	Grundvattennivåer i älven från 2012-2013.
Bearbetning	Redovisas ej på ritningar.
Titel	Kontrollprogram grundvattenmätning Kvarnvägen, Umeå
ID i denna handling	[18]
Framtagen av	LejonGEO
Datum	2025-03-21
ID originalhandling	21218
Innehåll	Grundvatten- och porttrycksmätningar under perioden mars 2022 till mars 2025.
Bearbetning	Redovisas ej på ritningar.

3.4.1 Översiktlig kartering av stabilitetsförhållanden i Västerbottens län Umeå kommun (1998) [10]

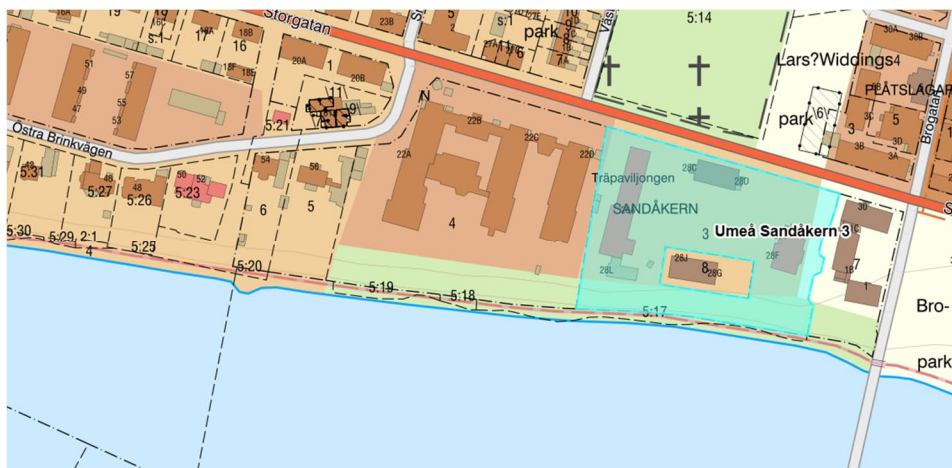
Hela området i den föreliggande utredningen ligger i stabilitetszon I, högsta risken, se Figur 3-1. Kartan och fältbesiktningen visar även att det finns en skredkant inom området och att erosionsskydd av hög kvalitet ligger längs strandkanten. Strandpromenaden ligger ovanpå en sprängstensbank som nyligen förstärkts. Det förekom erosion i form av jordflytningar i silt, men i helhet bedömdes erosionsaktiviteten vara ringa (få vegetationsfria ytor, lutande träd har uppåtväxande topp).



Figur 3-1. Kartering av Umeälvens norra strand. Nuvarande utrett område markerat i blått.

3.4.2 Kv Sandåkern 3 översiktlig stabilitetsutredning (1997) [11]

Utredar stabiliteten vid fastigheten Sandåkern 3, se Figur 3-2, parametrar enligt [2]. Stabiliteten bedöms tillfredställande för planerad utbyggnad.



Figur 3-2. Utdrag från lantmäteriet MinKarta (2025-10-31) som visar läget för utredd fastighet Sandåkern 3 (cyanfärgad markering). Läget motsvarar ca km 0/040–0/200 enligt föreliggande utrednings längdmätning.

3.4.3 Umeå kommun Kv Sandåkern nr 4 Hemgården äldrecenter – Geoteknisk utredning (1997) [12]

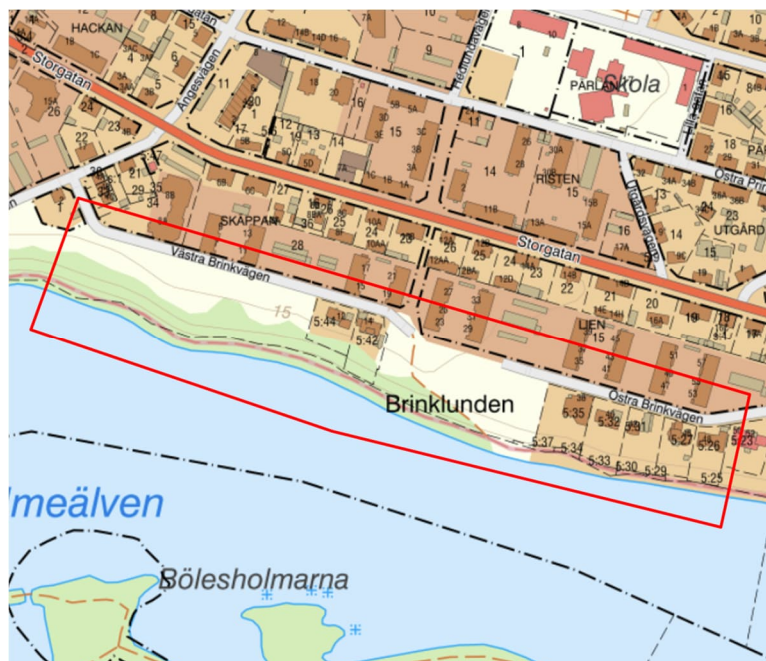
Geoteknisk utredning inför tillbyggnad nära släntröner, närmare än tidigare tillåten gräns på 25 m, se Figur 3-3. För att uppnå tillfredställande stabilitet krävs att tillbyggnaden leder till avlastning av marken med 10 kN/m² samt att avschaktning utförs minst 0,5 m längs släntrönet.



Figur 3-3. Utdrag från lantmäteriet MinKarta (2025-10-31) som visar läget för utredda byggnader (röd markering). Läget motsvarar ca km 0/200 enligt föreliggande utrednings längdmätning.

3.4.4 Brinken, Umeå - Planerad terrasshusbebyggelse, geoteknisk utredning, projekteringsunderlag (1992) [2]

Utredning innefattar en stor del av det föreliggande utredningsområdet, se Figur 3-4. Tre undersökningsstationer har definierats och beräknats. Den planerade husbyggnationen, som innebär en terrassering av slänten ned till strax ovan medelvattennivån, uppfördes aldrig.



Figur 3-4. Utdrag från lantmäteriet MinKarta (2025) som visar läget för utrett område (röd markering). Läget motsvarar ca km 0/450–1/050 enligt föreliggande utrednings längdmätning.

Ingående värden på jordparametrar, samt tolkning av jordlagerföljd, i de beräkningar som utförts inom föreliggande utredning har hämtats från denna utredning.

I princip samtliga senare utförda utredningar i området hänvisar till denna rapport och nyttjar framtagna hållfasthetsparametrar.

Det råder oenighet angående just hållfasthetsparametrarna, mellan rapportens författare och kommunens granskare. Utifrån den dokumenterade diskussionen bedöms det relevant att utföra känslighetsanalys med mer konservativa parametrar, enligt vad som föreslås av kommunen.

3.4.5 Geoteknisk undersökning och stabilitetsanalys för fastigheten Umeå 5:26, Brinkvägen (2003) [13]

Utredning av stabiliteten för planerad byggnad vid ca km 0/450, se Figur 3-5. Utredning baseras på undersökningar utförda inom [2] och [3] samt nya fältundersökningar. Denna undersökning sammanfaller med sektion 0/460, och nyttjas för att tolka jordlagerföljd och grundvattennivå. Utredningen syftar till att föreslå stabilitetshöjande åtgärder då stabiliteten utan åtgärd inte är tillfredsställande.

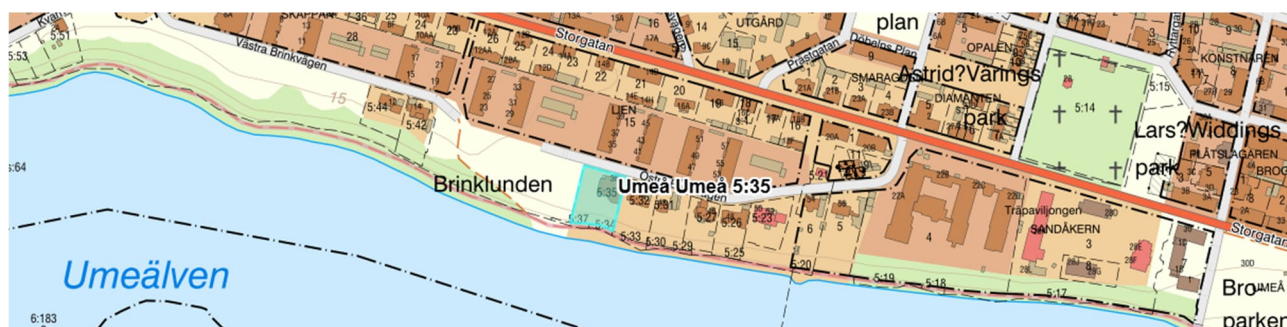


Figur 3-5. Utdrag från lantmäteriet MinKarta (2025-10-31) som visar läget för utredd fastighet Umeå 5:26 (cyanfärgad markering). Läget motsvarar ca km 0/450 enligt föreliggande utrednings längdmätning.

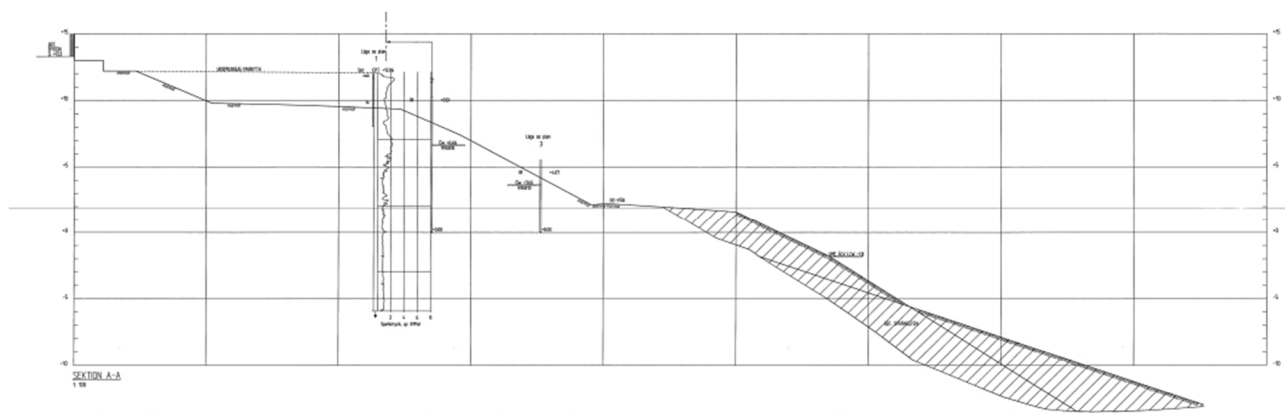
3.4.6 Stabilitetsutredning gällande fastigheten Umeå 5:35 (1999) [3]

Avser utbyggnad av befintlig byggnad på fastigheten Umeå 5:35, se Figur 3-6. Undersökningen nyttjas för jordlagertolkning och grundvattennivåer vid km 0/580.

Utredningen rekommenderar utskiftning till lättfyllning. Ny markyta (1 m matjord ovan lättfyllning) ska hamna på mellan +10 och +10,5. Befintlig och rekommenderat erosionsskydd definieras enligt Figur 3-7.



Figur 3-6. Lokalisering av utredningsområde (Lantmäteriet, 2025). Läget motsvarar ca km 0/580 enligt föreliggande utrednings längdmätning.



Figur 3-7. Befintligt erosionsskydd enligt utredning.

3.4.7 Umeå kommun Kv Skäppan nr 19, Översiktlig geoteknisk utredning (1984) [14]

Geoteknisk utredning kvarteret Skäppan, se planläge i Figur 3-8. Placeringen av flervåningshusen är ca 80 meter från släntrönn och utredningen kommer fram till att det inte förekommer släntstabilitetsproblem mot Ume älv.



Figur 3-8. Utdrag från lantmäteriet MinKarta (2025-10-31) som visar läget för utredd fastigheterna Plogen 19, 20 och 25 inringade med svart cirkel. Läget motsvarar ca km 0/800–1/000 enligt föreliggande utrednings längdmätning.

3.4.8 Umeå, Kv. Plogen nr 26 - Geoteknisk utredning (1985) [15]

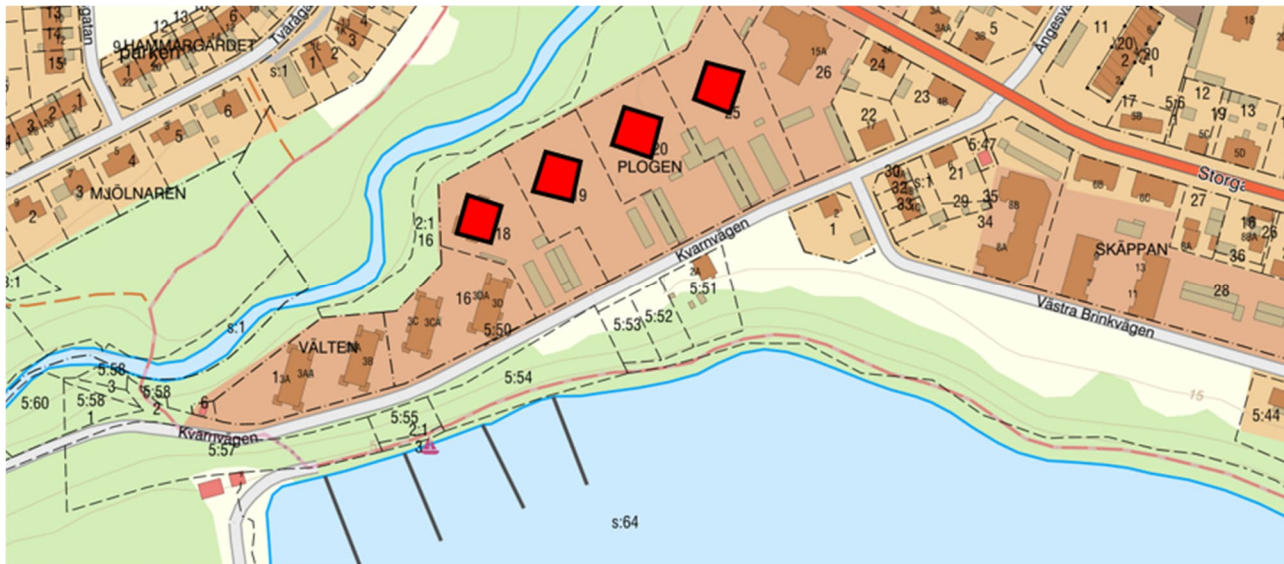
Utredning stabiliteten för planerad byggnad vid ca km 1/080, se Figur 3-9. Viktsonderingar och skruvprovtagning har utförts. Siktanalyser har utförts på sandprover. Utredningen omfattar inte stabilitetskapitel.



Figur 3-9. Utdrag från lantmäteriet MinKarta (2025-10-31) som visar läget för utredd fastighet Plogen 26 (cyanfärgad markering). Läget motsvarar ca km 1/080 enligt föreliggande utrednings längdmätning.

3.4.9 Utlåtande över grundförhållanden för planerade punkthus i kv Plogen och Harven (1962) [16]

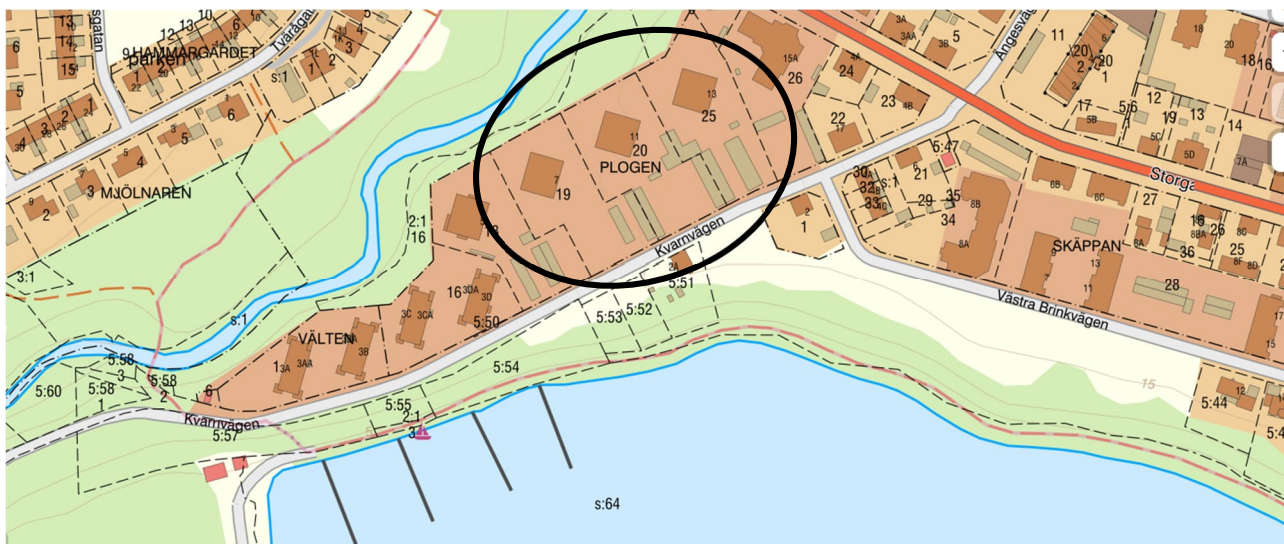
Utredning av fastigheterna markerade i Figur 3-10. Utredning omfattar inte stabilitetskapitel. Bilagt utredningen finns ett tillägg från en utredning utförd 1950-1951 som kommenterar stabiliteten: "Vissa stabilitetsproblem finns utefter Umeälven stränder beroende på den erosion som ständigt pågår". Däremot nämns inget om att stabilitetsberäkningar är utförda.



Figur 3-10. Utredda punkthusen markerade med rött, utdrag från Lantmäteriets Min Karta (2025).

3.4.10 Tekniskt PM Geoteknik - Tillbyggnad kv Plogen 19, 20 och 25 (2003) [4]

Utredar stabiliteten mot Tvärån för fastigheterna Plogen 19, 20 och 25, se Figur 3-11. Beräkningarna visar tillfredställande stabilitet.



Figur 3-11. Utdrag från lantmäteriet MinKarta (2025-10-31) som visar läget för utredda fastigheterna Plogen 19, 20 och 25 inringade med svart cirkel. Läget motsvarar ca km 1/100 enligt föreliggande utrednings längdmätning.

3.4.11 PM Beräkningar - Stabilitetsutredning Välten 1-5 till Plogen 16 (2015) [17]

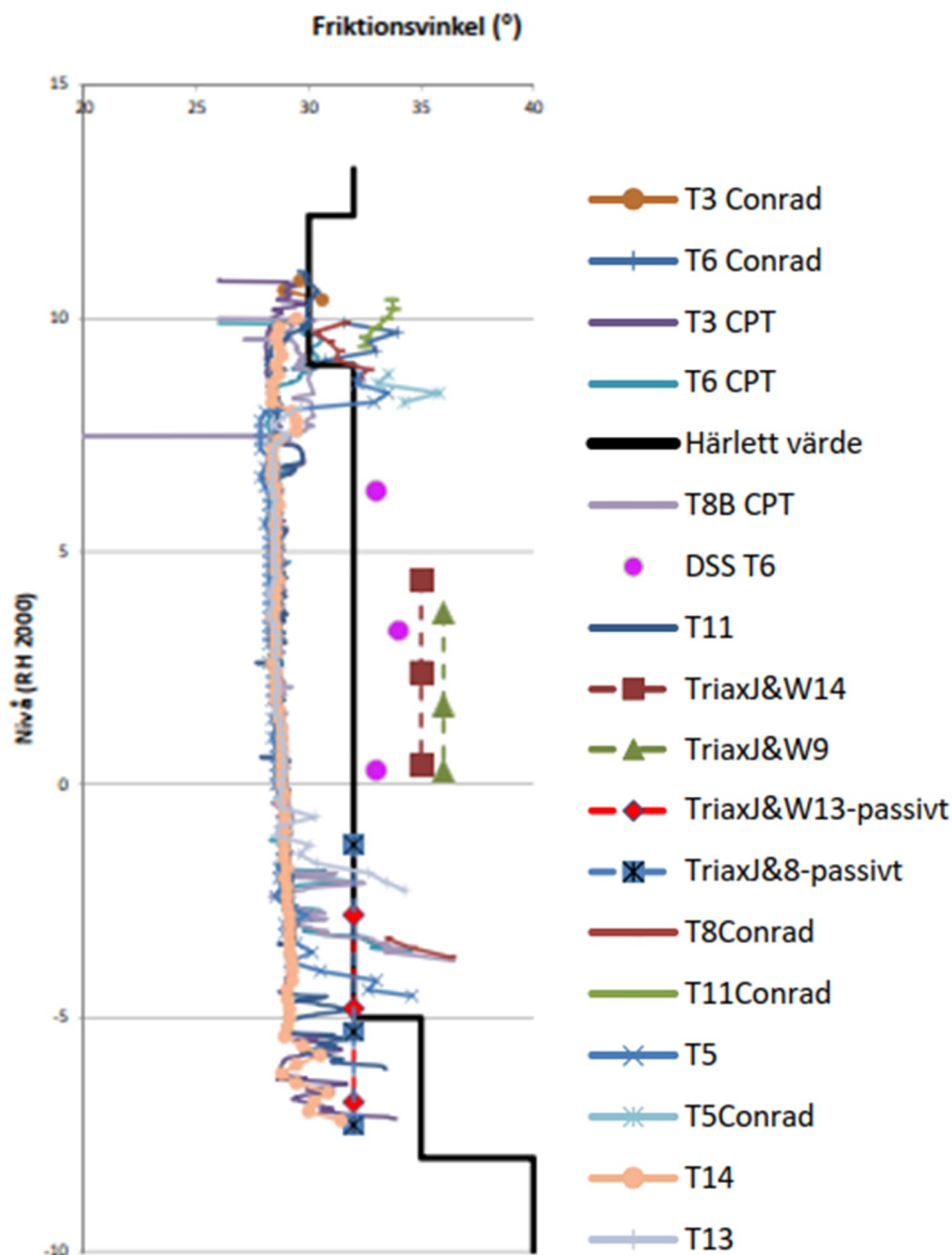
Avser stabilitet mot Umeälven samt mot Tvärån. Utredda fastigheter ligger strax väster om det aktuella utredningsområdet, se Figur 3-12. Utredningen fastslår att ett säkerhetsavstånd på minst 19 m från slänkrön bör tillämpas vid exploatering av det utredda området.



Figur 3-12. Utdrag från lantmäteriet MinKarta (2025-10-31) som visar läget för utredd fastighet (röd markering). Läget motsvarar ca km 1/180-1/400 enligt föreliggande utrednings längdmätning.

Älvens vattenstånd har hämtats från denna rapport, dessa redovisas i kapitel 4.3. Känslighetsanalys med avseende på förhöjda portryck visar att sådana har mycket liten inverkan på slänstabiliteten i det utredda området.

Känslighetsanalys med avseende på friktionsvinkel i sulfidjorden visar att denna parameter har stor inverkan på slänstabiliteten. Friktingsvinkel har sammanställts och utvärderas enligt Figur 3-13. Hänvisar till [2] samt utredningen utförd av J&W, daterad 1986-01-27 (endast delar av denna tillgänglig via [2]).



Figur 3-13. Sammanställning av friktionsvinkel i sulfidjorden.

3.4.12 Kontrollprogram grundvattenmätning Kvarnvägen (2025) [18]

Strax väster om det aktuella utredningsområdets avgränsning (väster om bryggorna nedan Kvarnvägen) utförs pågående portryck- och grundvattenmätningar inom ett pågående kontrollprogram. Mätningarna påbörjades 2022.

Mätområdet omfattar en slänt mot Tvärån som mynnar i Umeälv men har inte slänt mot Umeälv liknande det utredda området, se Figur 3-14. Årstidsvariationen inom varje mätpunkt, vilket representerar det övre grundvattenmagasin, ligger på ca 1 m. Eftersom det övre grundvattenmagasinet här står i kontakt med Tvärån, samt att topografin skiljer sig från det aktuella utredningsområdet, bedöms mätningarna vara ej representativa för föreliggande utredning.

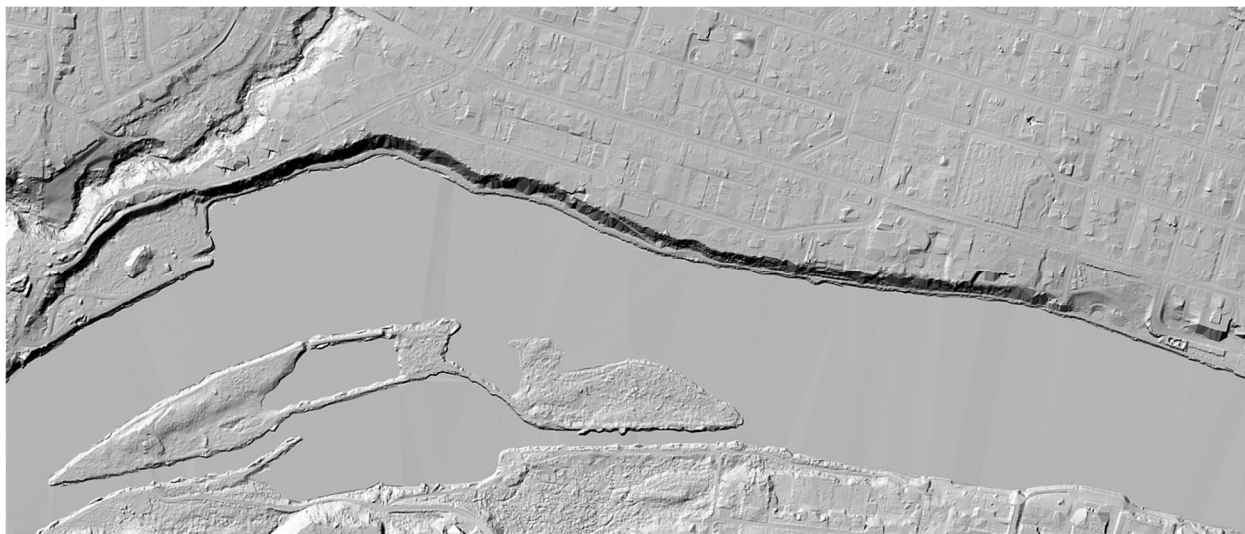


Figur 3-14. Utdrag från lantmäteriet MinKarta (2025-10-31) som visar läget för utrett område (röd markering). Läget motsvarar ca km 1/400-1/500 enligt föreliggande utrednings längdmätning.

4 BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN

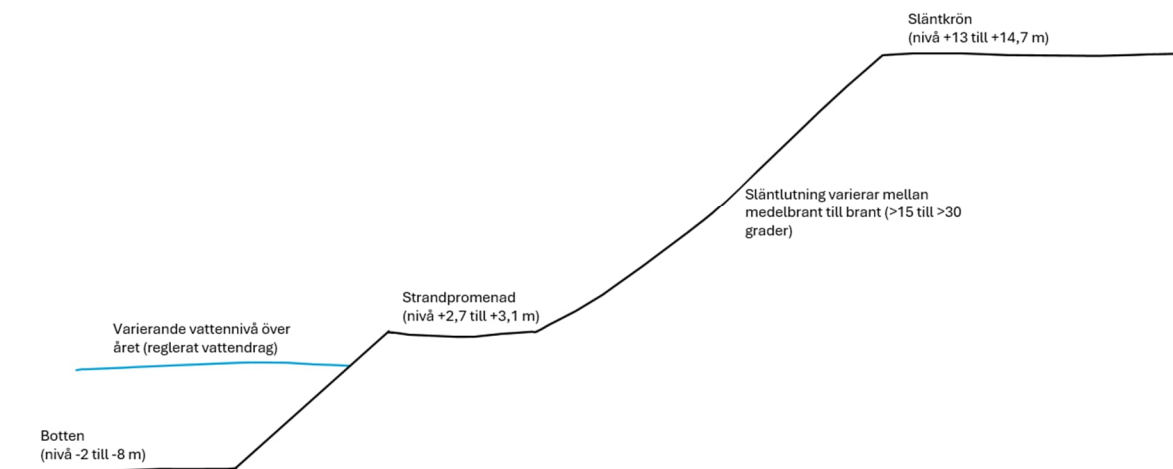
4.1 TOPOGRAFI OCH GEOLOGI

Topografin på den norra sidan av Umeälven karakteriseras av platån där stadsbebyggelsen ligger, som är relativt flack med svagt stigande marknivåer mot norr. Från platån går branta slänter ner mot älven. I släntfot finns den utfyllda marken som utgör strandpromenaden. Figur 4-1 visar en terrängskuggningskarta som illustrerar områdets övergripande topografi.



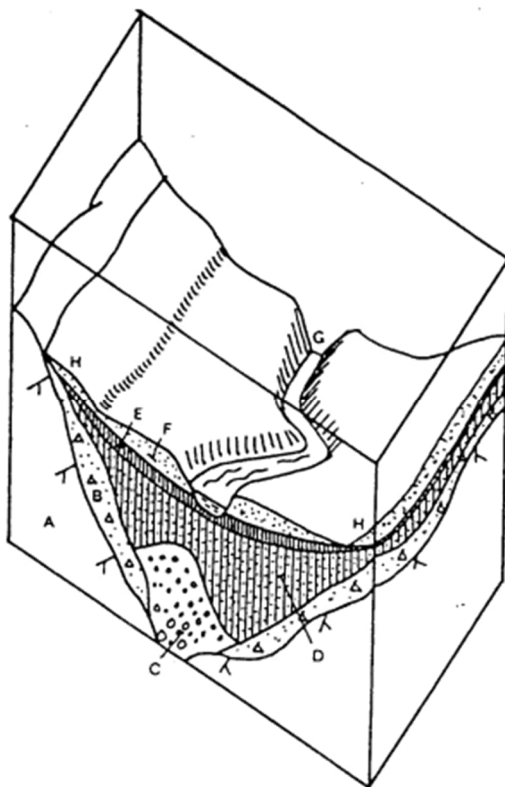
Figur 4-1. Terrängskuggning som visar områdets topografi från lantmäteriet MinKarta (hämtad 2025-10-27).

Figur 4-2 visar en topografisk typskiss som illustrerar höjdskillnader och släntlutningar mot älven.



Figur 4-2. Typskiss över slänterna ner mot Umeälven inom utredningsområdet.

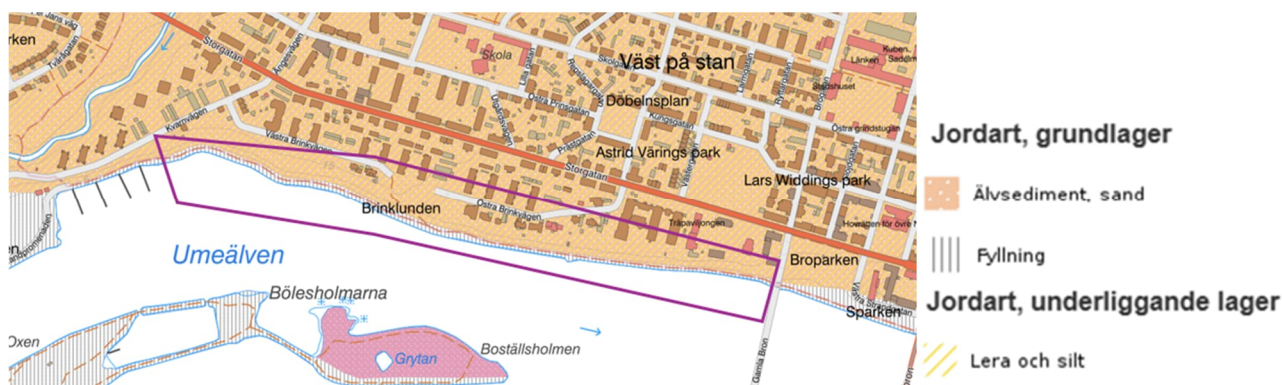
Topografin är ett resultat av områdets geologiska bildningssätt, vilket samspelar med älven, se Figur 4-3. Älvdalen har bildats utifrån en spricka i berggrunden. I dalen har morän, glaciala och postglaciala sediment avsatts av tidigare vattenflöden. De nuvarande branta slänterna har eroderats fram av älven genom de erosionskänsliga lagren av sand och silt (F respektive E i figuren) vilket, utan vidtagna åtgärder, är en pågående process.



Figur 4-3. Blockdiagram visande den karakteristiska stratigrafien i norrländska älvdalar [2]. A). Berggrund, B) Morän, C) Åskärna, D) Glaciala sediment med uppåt avtagande kornstorlek, E) Postglaciala finsediment (järnsulfidhaltiga fjordsediment, "svartmocka"), F) Grövre postglaciala älvsediment.

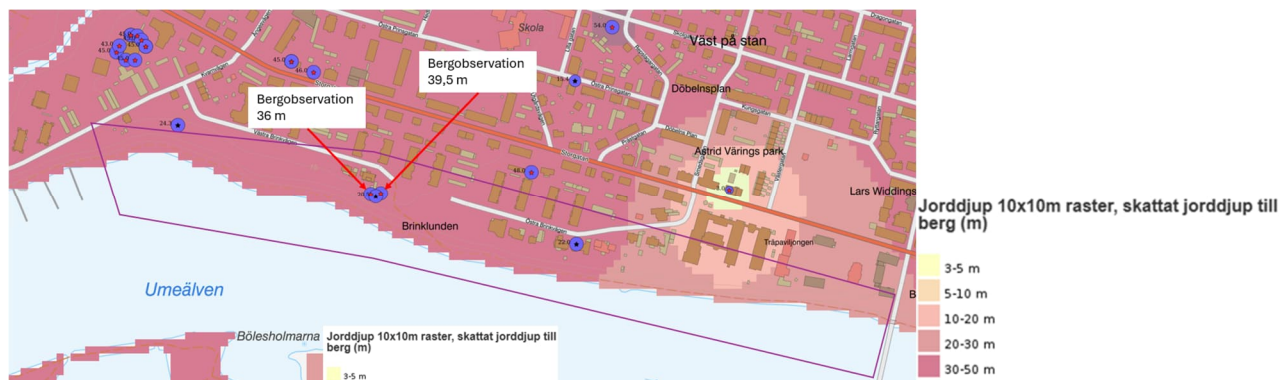
Eftersom området är bebyggt har åtgärder lokalt vidtagits för att bevara topografin. Avschaktning av slänkrön har utförts. Dels har en smal landremsa skapats genom utfyllnad av älvbotten för att skapa en strandpromenad ovan älvens medelvattenstånd, vilket har en gynnsam effekt på stabiliteten avseende större glidytor i silten.

SGUs jordartskarta visar att det aktuella området i ytan består av älvsediment av sand underlagrad av lera och silt och att strandpromenaden anlagd på utfyllnad, se Figur 4-4. Tidigare utförda geotekniska undersökningar bekräftar jordlagerföljden samt specificerar att finjorden består av sulfidsilt [2].



Figur 4-4. SGU jordartskarta, hämtad från SGU augusti 2025, med ungefärligt utredningsområde markerat med lila linje.

Baserat på det geologiska bildningssättet består de undre lagret av grövre jordar, morän följt av berg [2]. Jorddjupskarta indikerar 10-50 m till berggrunden, se Figur 4-5. Berg har inte påträffats i samband med de tidigare geotekniska undersökningar som har utförts i närheten av slänterna mot älven.



Figur 4-5. SGU jorddjupskarta, hämtad från SGU augusti 2025, med ungefärligt utredningsområde markerat med lila linje.

4.2 BEBYGGELSE

Från starten av längdmätningen vid Gamla bron är slänkrönet ett bebyggt område med flervåningshus (1,5 till 3 våningar) blandat med träd/vegetation. Därefter följer Östra Brinkvägen där det finns 1- till 2-plansvillor, två är särskild utredda ur stabilitetssynpunkt [3] och [13]. Det bebyggda området löper till ungefär km 0/600, se Figur 4-6.

Längre västerut följer Västra Brinkvägen, där det finns två villor ovan slänkrön mellan km 0/760 – 0/820. Ytterligare en villa finns på Kvarnvägen vid km 1/080.

Längs älven, i hela det utredda området, löper en grusad gång- och cykelväg (strandpromenaden), med bredd ca 3-4 m.



Figur 4-6. Befintlig bebyggelse markerad med blått i närhet till slänkrönet vid Umeälvens norra strand, karta från Lantmäteriet (2025).

Bebyggelse har även funnits på södra delen av Västra Brinkvägen, sektion 0/820 till 1/000, men dessa byggnader har sedan 1970-talet rivits, se Figur 4-7. Det finns två befintliga bostadshus kvar på södra sidan av Västra Brinkvägen, längst österut.



Ca 1960



Ca 1975



Nutid

Figur 4-7. Södra delen av Västra Brinkvägen. Från Lantmäteriet (2025).

4.3 VATTENFLÖDE OCH VATTENNIVÅ UMEÄLVEN

Umeälven är ett reglerat vattendrag vilket innebär att årsvariationerna i vattenflödet jämnas ut. Resultterande vattennivåer redovisas i Tabell 4.1.

Tabell 4.1. Vattenstånd i älven från 2012-2013 [17].

Scenario	Vattennivå (RH 2000)
Högsta högvatten (HHW)	+2,23
Medelhögvatten (MHW)	+1,73
Medelvatten (MW)	+0,56
Medellågvatten (MLW)	-0,27
Lägsta lågvatten (LLW)	-0,77

Analys av framtida flöden via SMHI Klimatscenariotjänsten visar att älvens flöde beräknas bli ca 17 % högre år 2100 (för RCP 8,5), med såväl som utan reglering. Tabell 4-2 visar prognosticerad årsmedelvattenföring med nuvarande reglering.

Tabell 4-2. Prognosticerad årsmedelvattenföring med nuvarande reglering (enligt RCP 8,5).

Vattenföring (medel) (%)

Nedre Umeälven, RCP8,5, år, Nuvarande regleringar

	Max	P ₇₅	Medel	Median	P ₂₅	Min
2011-2040	+15,43	+8,28	+5,82	+6,76	+2,11	-0,90
2041-2070	+16,87	+12,23	+9,64	+10,05	+6,21	+2,39
2071-2100	+27,59	+21,95	+16,47	+16,21	+10,94	+5,09

Tabell 4-3. Visar prognosticerad årsmedelvattenföring utan reglering.

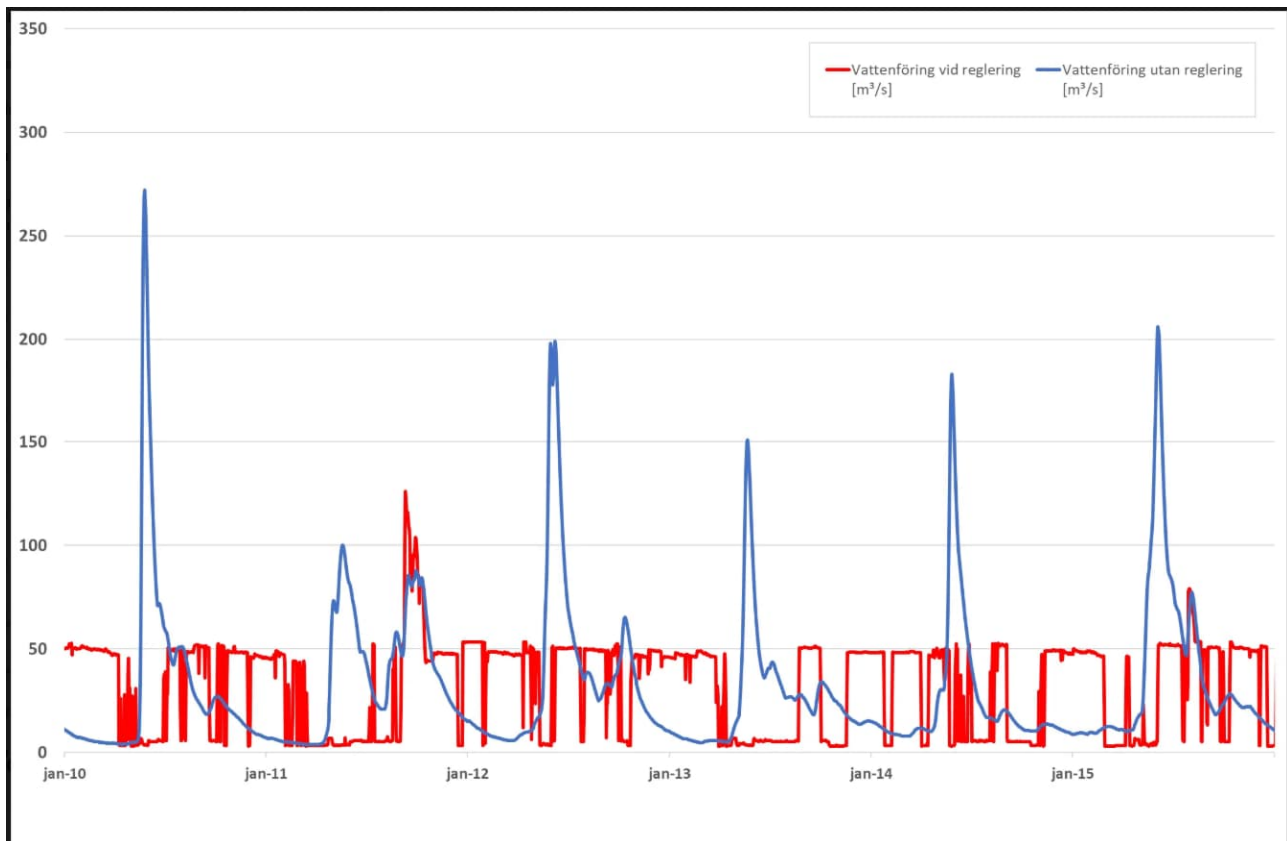
Tabell 4-3. Prognosticerad årsmedelvattenföring utan reglering (enligt RCP 8,5).

Vattenföring (medel) (%)

Nedre Umeälven, RCP8,5, år, Oreglerat

	Max	P ₇₅	Medel	Median	P ₂₅	Min
2011-2040	+15,40	+8,39	+5,86	+7,19	+2,24	-1,02
2041-2070	+16,76	+12,46	+9,67	+10,10	+6,31	+2,39
2071-2100	+27,70	+22,04	+16,56	+16,37	+10,95	+5,20

Detta innebär en marginell skillnad på årsmedelflöde för nuvarande reglering jämfört med om regleringen skulle upphöra. Men för april och maj, då de högsta flödena inträffar, blir skillnaden mycket stor. Figur 4-8 visar reglerade flöden (röda) och motsvarande flöden utan reglering. Tabell 4-4 och Tabell 4-5 visar prognosticerade flöden för april månad med och utan reglering.



Figur 4-8. Utdrag från SMHI:s klimatscenariotjänst som visar vattenförling med och utan reglering av Umeälven.

Tabell 4-4. Prognosticerad medelvattenförling i april månad med nuvarande reglering (enligt RCP 8,5).

Vattenförling (medel) (%)

Nedre Umeälven, RCP8,5, april, Nuvarande regleringar

	Max	P ₇₅	Medel	Median	P ₂₅	Min
2011-2040	+50,73	+37,81	+28,35	+24,71	+20,01	+9,16
2041-2070	+93,41	+66,67	+53,09	+56,02	+37,03	+25,98
2071-2100	+108,73	+73,08	+66,26	+61,86	+56,68	+32,60

Tabell 4-5. Prognosticerad medelvattenföring i april månad utan reglering (enligt RCP 8,5).

Hydrologi

Geografiskt område

Nedre Umeälven

Årstid

april

Klimatindikator

Vattenföring (medel)

Period

2071-2100

Utsläppsscenario

RCP8,5

Regleringsscenario

Oreglerat

Nedre Umeälven, RCP8,5, april, Oreglerat

	Max	P ₇₅	Medel	Median	P ₂₅	Min
2011-2040	+117,14	+65,23	+49,18	+47,65	+28,16	+14,61
2041-2070	+240,06	+126,79	+105,61	+117,07	+62,32	+39,45
2071-2100	+291,93	+146,35	+136,61	+125,96	+113,11	+57,70

Översvämningskartering [9] av Umeälven visar att strandpromenadens hylla översvämmas vid 100-årsflöden (en händelse med 39 % sannolikhet att inträffa under en 50-årsperiod), se Figur 4-9.



Figur 4-9. Översvämningskarta som visar områden under vatten vid 100-års regn (blått område) samt vid högsta beräknade flöde (skrafferat område) Hämtad från MSB (2025).

Mer oregelbundna flöden och frekventare högvatten ökar bidrar till snabbare strand- och även yterosion, eftersom höga flöden och översvämnings oftast inträffar i samband med kraftig nederbörd samt vid snö- och isavsmältning.

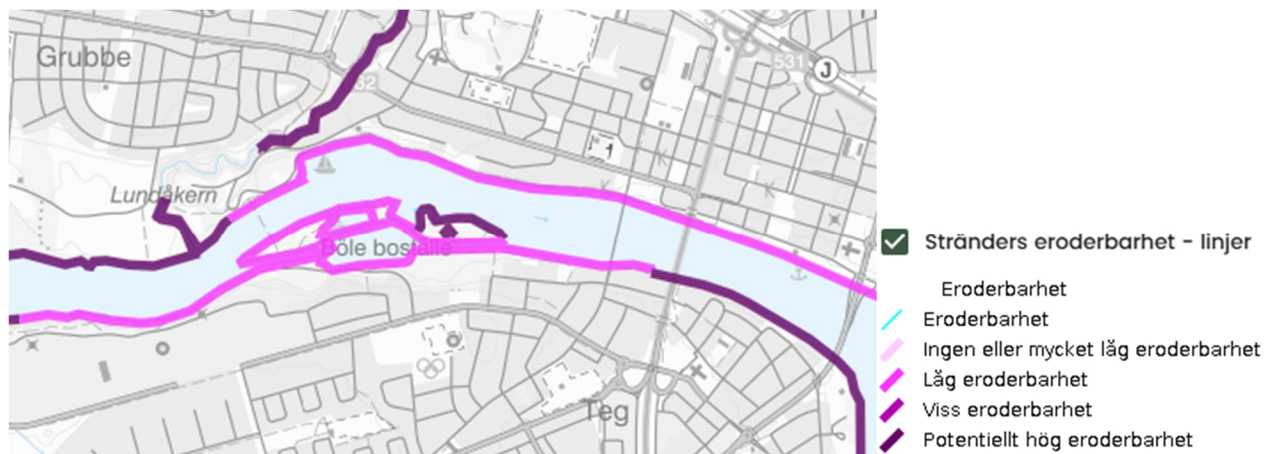
4.4 GRUNDVATTEN OCH PORTRYCK

Inom utredningsområdet förekommer lokala övre grundvattenmagasin i sandlagret ovan sulfidsilt, samt ett undre grundvattenmagasin i den grövre jorden under silt, som står i direkt kontakt med älvens vattenstånd.

I tre utredningar har grundvattennivå mätts inom utredningsområdet: [2], [3], [13]. Dessa grundvattennivåer har tolkats in i jordprofilen och ligger på ca +7,5 m, se även Bilaga 1. Dessa grundvattennivåer är dock uppmätta vid enstaka tillfälle på året, vilket innebär att de ej täcker in förväntade årstidsvariationer. Årsvariationerna förväntas vara ca +/-1 m vattenpelare, baserat på mätningarna i [18].

4.5 EROSION

SGU:s GIS-analys utifrån jordartskartan, se Figur 4-10, indikerar att strandlinjen inom utredningsområdet har låg eroderbarhet. Analysen baseras på jordartskartan, som visar fyllnadsmaterial längs strandlinjen, se Figur 4-4.



Figur 4-10. Karta över stränders eroderbarhet, hämtad från SGI kartverktyg september 2025.

Slänterna ovanför strandpromenaden är dock erosionskänsliga, men dessa utsätts i huvudsak av yterrosion.

Inom tidigare utförd stabilitetskartering [10] dokumenterades att erosionsskyddet var av hög kvalitet vid inventeringen år 1998. Okulärbesiktning har även utförts av WSP under hösten 2024 [1] samt våren 2025 inom föreliggande utredning.

Erosionsskydd förekommer nedan strandpromenaden längs hela utredningsområdet, se Figur 4-11.



Figur 4-11. Foto från platsbesök som visar sprängsten utlagd i strandkanten kring km 0/400.

Okulär besiktning av strandlinjen visade indikationer på att viss erosion pågår ovan erosionsskyddet längs sträckan km 0–0/600, se Figur 4-12. Yterosion i slänten ovan strandpromenaden såg längs denna delsträcka ut att vara måttlig, se Figur 4-13.



Figur 4-12. Pågående erosion i strandlinjen, sannolikt från varierande vattenstånd och isrörelser, ovan erosionsskyddet.



Figur 4-13. Den övre delen av slänten påvisar måttlig erosion, här exempel från ca sektion 0/100.

Främst yterosion förekommer mellan km 0/600–1/100, se Figur 4-14. I strandkanten ligger erosionsskydd med intakt gräs ovanför, se Figur 4-15, vilket indikerar att mycket begränsad erosion pågår i strandlinjen.



Figur 4-14 Yterosion i den övre slänten, exempel från ca sektion 0/700.



Figur 4-15. Nedre slänten mot älven, ringa erosion, exempel från ca sektion 0/900.

Även längs sträckan km 1/100–1/300 förekommer yterosion i den branta slänten ovan strandpromenaden, se Figur 4-16. Erosionsskydd förekommer av fraktion ca 20-300 mm, se Figur 4-17.



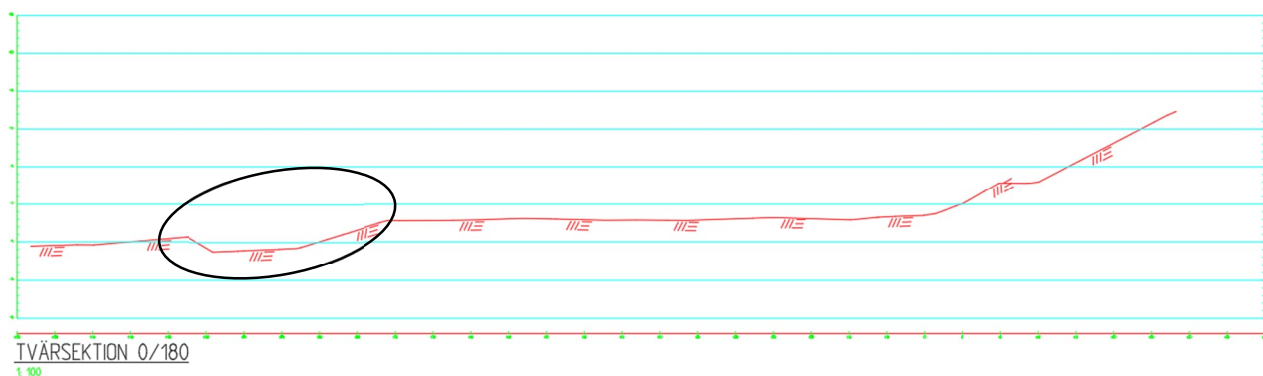
Figur 4-16. Yterosion i slänt ovan strandpromenaden. Från ca sektion 1/300.



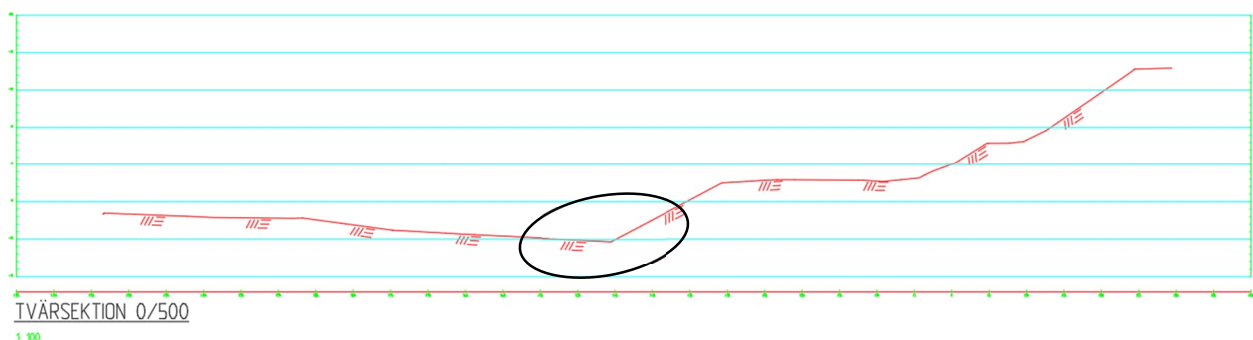
Figur 4-17. Måttlig erosion, sannolikt till stor del yterosion och synligt erosionsskydd i släntfot nedan strandpromenaden. Exempel från ca sektion 1/200.

Sammanfattningsvis skyddas de nedre delarna av slänterna av fungerande erosionsskydd av sprängsten, och de övre delarna av växtlighet.

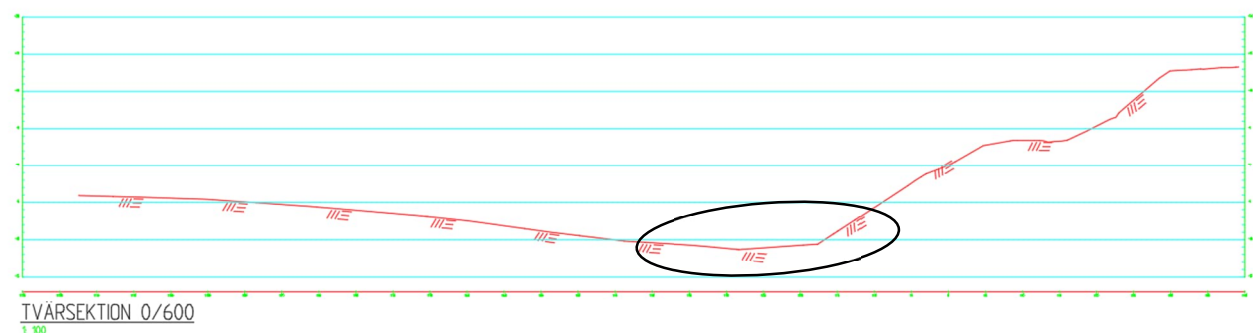
Botteninmätningen indikerar att det pågår erosion nedan undervattenshyllan i den östra delen (ca km 0/100–0/400), dock på så stort avstånd från släntfoten (ca 80 m) att det inte påverkar stabiliteten i slänterna ner mot älven, se Figur 4-18. Längre västerut bedöms erosion förekomma nära släntfot, se Figur 4-18–Figur 4-23.



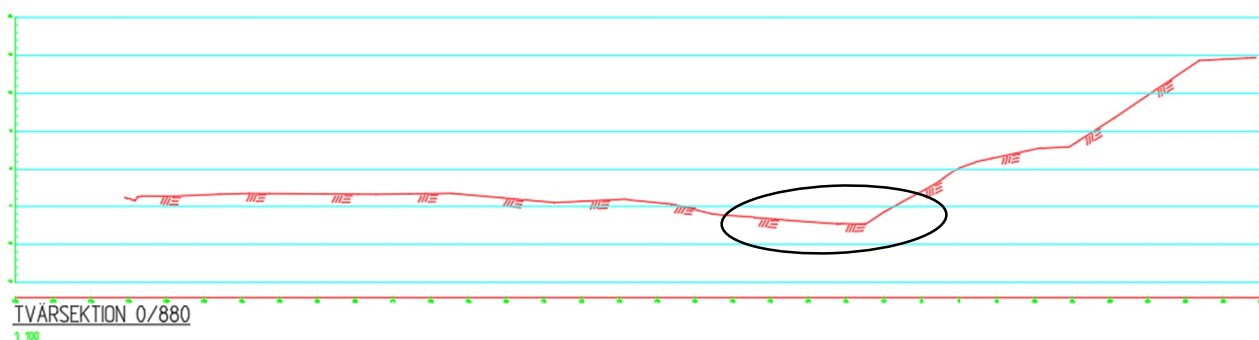
Figur 4-18. Möjlig pågående erosion (markerad med svart inringning) i släntfot vid sektion 0/180, långt från den branta slänten. Avståndet mellan skalstrecken är 5 m.



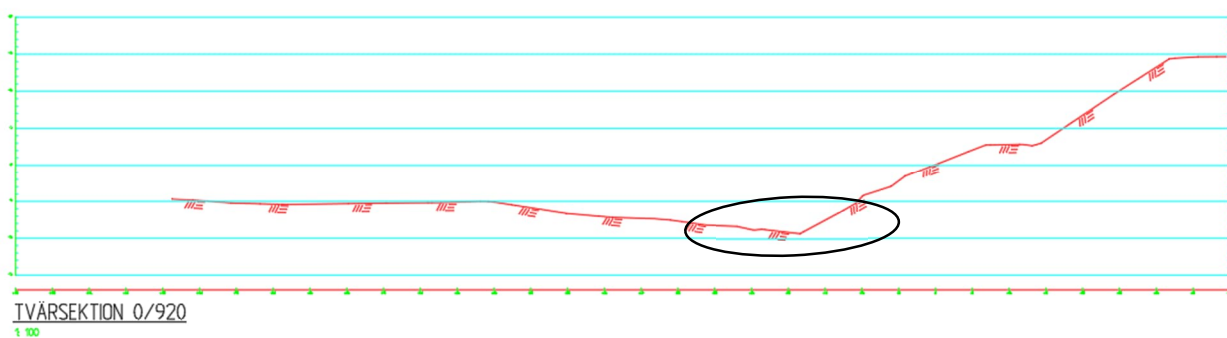
Figur 4-19. Möjlig pågående erosion i undervattenssläntens släntfot vid sektion 0/500. Avståndet mellan skalstrecken är 5 m.



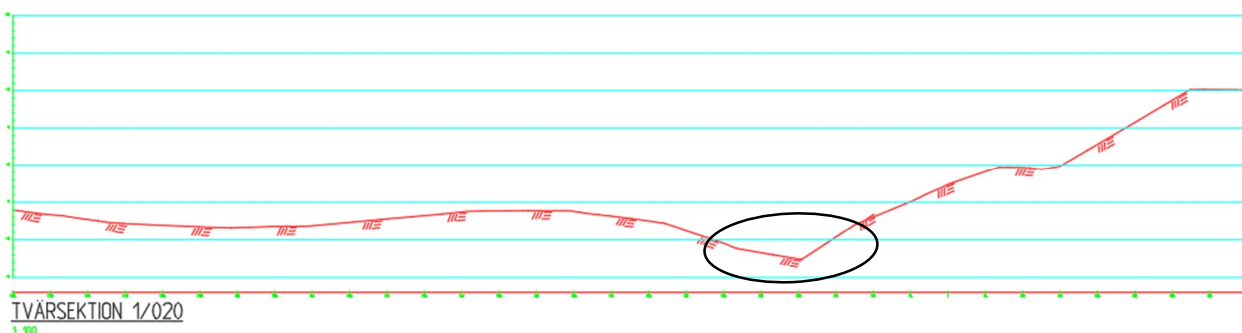
Figur 4-20. Möjlig pågående erosion i släntfot vid sektion 0/600. Avståndet mellan skalstrecken är 5 m.



Figur 4-21. Möjlig pågående erosion i släntfot vid sektion 0/880. Avståndet mellan skalstrecken är 5 m.



Figur 4-22. Möjlig pågående erosion i släntfot vid sektion 0/920. Avståndet mellan skalstrecken är 5 m.



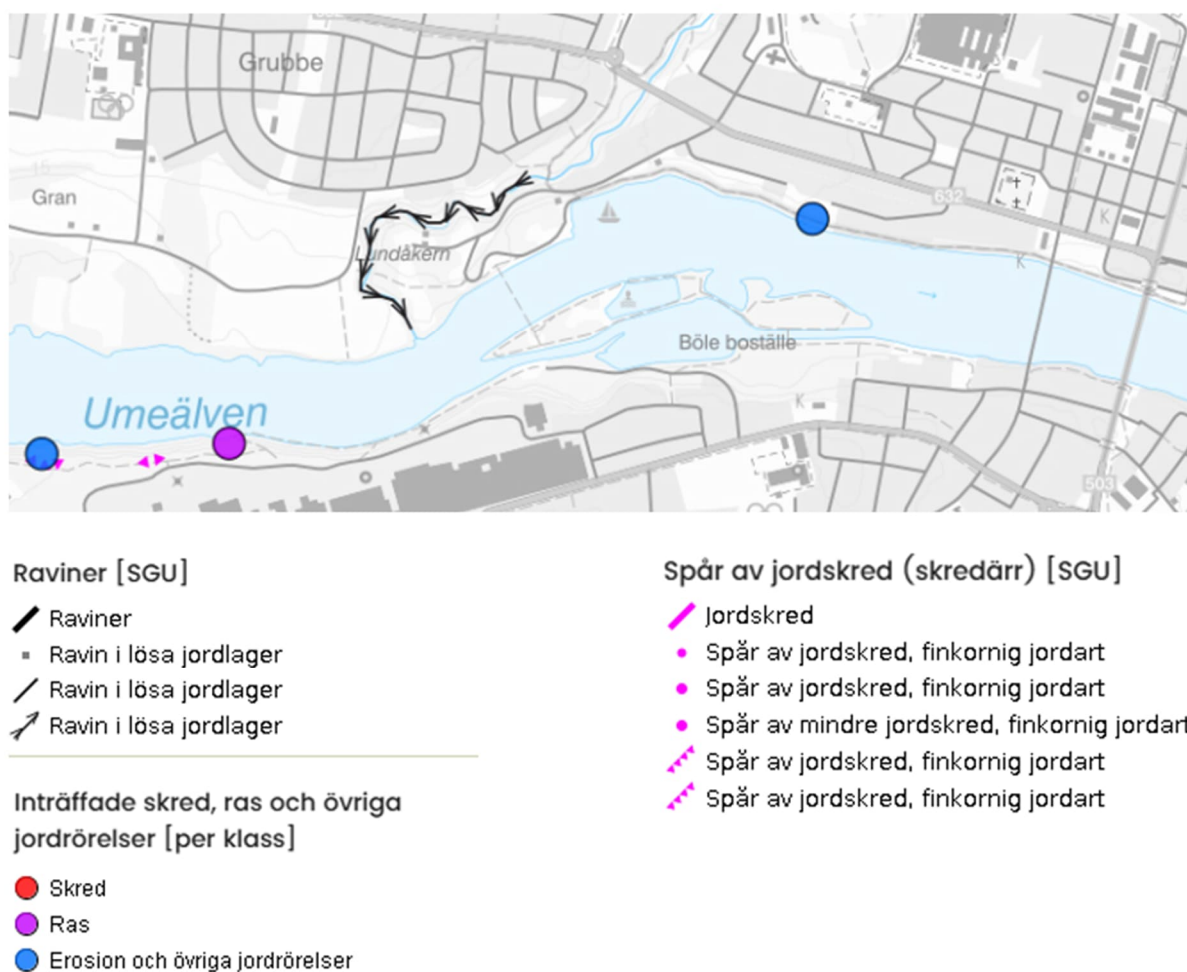
Figur 4-23. Möjlig pågående erosion i släntfot vid sektion 1/020. Avståndet mellan skalstrecken är 5 m.

Det kan förväntas att erosion pågår i älven, eftersom detta är en naturlig process för vattendrag. Det går inte att säga något om erosionens utvecklingstakt utifrån en enstaka inmätning.

4.6 HISTORIK AV INTRÄFFADE RAS OCH SKRED

Slänterna längs Umeälven är bildade genom ras, skred och erosion. Det finns historiska uppgifter om att strandkanten längs Brinkvägarna flyttats ca 85 m mellan år 1711–1802 samt ytterligare 100 m mellan år 1802–1955 [2].

I modern tid finns även uppgifter om inträffat ras vid km ca 0/700 [1], se även Figur 4-24.



Figur 4-24. Urklipp från SGI:s kartvisningstjänst med inträffade jordrörelser. Det finns en enstaka notering om erosion och andra jordrörelser längs den norra stranden.

5 ERFORDERLIG SÄKERHET

Val av erforderlig säkerhetsfaktor ska utgå från utredningsnivå, markanvändning samt områdesspecifika gynnsamma och ogynnsamma faktorer. För bebyggda områden krävs alltså en högre marginal mot skred än för andra typer av områden.

Utredningsområdet bör klassificeras som *Befintlig bebyggelse och anläggning* eller, där det inte finns bebyggelse i slänkrönet utan endast grönytor och parkområde, *Annan mark*. För denna markanvändning och fördjupad utredningsnivå ska erforderlig säkerhetsfaktor väljas inom intervallen i Tabell 5.1.

Tabell 5.1. Intervall för val av erforderlig säkerhetsfaktor för fördjupad utredningsnivå, enligt SGU Vägledning 8.

	Markanvändning	
Utredningsnivå	Befintlig bebyggelse och anläggning	Annan mark
Fördjupad utredning	$F_c \geq 1,4 - 1,3$ $F_{komb} \geq 1,3 - 1,2$ $F_{c\phi} \geq 1,3$ (sand) Under förutsättningar att restriktioner införs.	$F_c > 1,3 - 1,2$ $F_{komb} > 1,2$ $F_{c\phi} > 1,2$ (sand)

Genomgång av gynnsamma och ogynnsamma faktorer för utredningsområdet, enligt tabell 5.2 i Vägledning 8, ger en svag majoritet av fördelaktiga förutsättningar:

- Avseende konsekvenser av ett teoretiskt skred (detta avser bedömning av konsekvens och inte sannolikhet) så föreligger viss risk för människoliv eftersom människor stundtals befinner sig på strandpromenaden. Kritiska glidytor når ej befintlig bebyggelse på släntkrön, så risken för människoliv avser endast tillfälliga besökare av strandpromenaden. Skreden bedöms få begränsad utbredning, och risk för omgivningspåverkan bedöms därmed som liten. Ingen kvicklera förekommer.
- Avseende släntens beständighet och tidigare förändringar i slänten bedöms pågående erosion som begränsad. Endast enstaka rapporter om mindre ras förekommer. Det finns inga tecken på pågående rörelser i slänten, som exempelvis sprickor eller träd som lutar bort från älven. Slänterna är för det mesta väl skyddade mot strand- och yterrosion då erosionsskydd och växtlighet är till största del intakt. Det förekommer ringa ravinbildningar. Framtida klimat kommer dock sannolikt att öka erosionstakten något, även om älvens reglering bibehålls. Känslighetsanalys har utförts avseende erosion i slänthot.
- Avseende jordens egenskaper förekommer skiktade jordar. Spridning i bestämda hållfasthetsparametrar bedöms om normal (varken mycket stor eller mycket liten). Det är dock stor spridning i resultat mellan olika metoder för hållfasthetsbestämning av sulfidsilt, vilket dock förväntas för jordarten.
- Avseende utförda fält- och laboratorieundersökningars innehåll och omfattning så har undersökningar inte utförts väldigt tätt, dock bedöms de tillräckligt representativa för området. CPT-sondering, ving- och dilatometerförsök och ostörd provtagning har utförts samt kompressionsförsök, direkta skjuvförsök och triaxalförsök.
- Avseende analys och beräkningsarbetets tillförlighet bedöms utvalda beräkningssektioner, utifrån mest ogynnsam topografi, vara representativa för bedömning av hela utredningsområdet. Känslighetsanalys har utförts avseende valda jordparametrar och portryck. Mest ogynnsamma vattenstånd, lägsta lågvatten, ansätts i beräkningarna. Jordlagerföljden bedöms vara välkänd och väl definierad. Beräkningar utförs med tvådimensionell jämviktsanalys, vilket i regel ger något konservativa resultat.
- Avseende släntens geometri är den noggrant undersökt. Slänterna är dock mycket branta, med lokala ännu brantare partier.

- Avseende grundvatten- och portrycksförhållanden saknas långtidsobservationer som är direkt relevanta för utredningsområdet. Det skiljer ca 2,5 m mellan lägsta lågvatten och högsta högvatten, vilket med hänsyn till slänthöjden bedöms som normal (varken liten eller stor) variation. Även förändringstakten bedöms vara normal (varken långsam eller hastig). Det bedöms inte föreligga stor risk för lokala vattenansamlingar.

Med allt ovanstående beaktat väljs erforderlig säkerhetsfaktor enligt Tabell 5.2.

Tabell 5.2. Val av erforderlig säkerhetsfaktor för fördjupad utredningsnivå, enligt SGU Vägledning 8.

Utredningsnivå	Markanvändning	
	Befintlig bebyggelse och anläggning	Annan mark
Fördjupad utredning	$F_c \geq 1,35$ $F_{komb} \geq 1,25$ $F_{c\phi} \geq 1,3$ (sand) Under förutsättningar att restriktioner införs.	$F_c > 1,25$ $F_{komb} > 1,2$ $F_{c\phi} > 1,2$ (sand)

6 VALDA BERÄKNINGSSEKTIONER

Beräkningssektionerna har valts ut genom att studera slänthlutningen var 20:e meter. Fem sektioner med kritisk geometri har i valts ut, se motsvarande planlägen i Figur 6-1.



Figur 6-1. Valda beräkningssektioners planlägen.

Det översta lagret av sand har mäktighet (det vill säga tjocklek) mellan 4,5 och 7,5 m. Sulfidsiltens mäktighet varierar mellan 9 och 20 m. Under detta bedöms det vara morän. Nivån på sulfidsiltens underkant har bedömts med hjälp av metodstopp på sondering. Metodstopp beror inte alltid på högt sonderingsmotstånd utan kan också vara stort sonderingsdjup. I de fall då sulfidsiltens har mindre mäktighet har känslighetsanalys utförts med avseende på detta. Förenklat ger större mäktighet (tjocklek) av de mest skredkänsliga jordlagren (siltens) minde gynnsamma förutsättningar för slätstabiliteten.

7 METOD OCH MODELLERING

7.1 BERÄKNINGSMETOD

Stabilitetsberäkningarna har utförts med programvaran Geostudio Slope/W, med jämviktsekvationer för kraft och moment enligt Morgenstern-Price. Sökning av kritisk glidyta har utförts med metoden *Grid and radius*. Beräknad säkerhetsfaktor redovisas med två decimaler.

7.2 BERÄKNINGSFALL OCH ANALYSER

I den tidigare utredningen [2] har endast utvärderat dränerade hållfasthetsparametrar för sand och sulfidsilt. Baserat på detta har endast effektivspänningsanalys (dränerade analyser) utförts. Eftersom siltens odränerade skjuvhållfasthet är mycket hög bedöms effektivspänningsanalysen vara den mest relevanta för bedömning av släntstabiliteten för befintliga förhållanden.

Känslighetsanalyser har utförts för sandens och siltens dränerade friktionsvinkel, portryck (genom höjning av grundvattenytans nivå), sulfidjordens djup samt erosion i slänthot.

8 INDATA

8.1 GEOMETRI

Slänternas befintliga geometri är väl undersökt genom batymetrisk undersökning av älvbotten samt detaljinmätning av slänthron.

I känslighetsanalyser av försämring av stabiliteten vid erosion i slänthot modelleras erosionen godtyckligt till ett par meter under befintlig markyta.

8.2 JORDLAGERFÖLJD

Tolkad jordlagerföljd redovisas i Bilaga 1. De nyinmätta sektionerna har jämförts med äldre sektioner för att bedöma om det tillkommit erosionsskydd i den nedre slänten ned i Ume älv. Dock har det i vissa fall gett mycket stora mäktigheter av erosionsskydd som bedömts som orimliga. Detta kan bero på att den nedre slänten i äldre utredningar inte är inmätt med lika stor noggrannhet som den nuvarande inmätningen. För att inte överskatta erosionsskyddets mothållande effekt har ca 0,5 m erosionsskydd använts i beräkningarna för alla sektioner.

8.3 MATERIALPARAMETRAR

Tidigare utförda fält- och laboratorieundersökningar ligger till grund för val av parametrar för sand och sulfidsilt, se Tabell 8.1. Materialparametrarna är samma för alla beräkningssektioner, men jordlagertolkningen varierar något.

Tabell 8.1. Valda materialparametrar.

Jordlager	Tunghet [kN/m ³]		Friktionsvinkel, ϕ' [°]	Kohesionsintercept, c' [kPa]	Odränerad skjuvhållfasthet, c_u [kPa]
	Ovan gvy, γ	Under gvy, γ'			
Sand	18*		37*	0*	-
Sulfidsilt 1	17,5*		35*	0*	-
Sulfidsilt 2	17,5*		32*	10*	-
Friktionsjord	18**	11**	38**	-	-
Sprängsten	20**	13**	45**	-	-
Dy	14**		30**	0,2	2

* Utvärderade enligt [2]

** Tabellvärden utifrån TRVINFRA-00230

Slänterna består till stor del av sulfidjord vars hållfasthetsparametrar är de mest kritiska för slänternas stabilitet. Sulfidjorden har delats in i två delar, en undre och en övre, utifrån var kritiska glidytor aktiva, direkta, och passiva skjuvzoner förväntas hamna i slänten.

I samtliga sektioner finns dock två slänter med tillhörande kritiska glidytor; en från släntrönet ned till den plåt som utgörs av strandpromenadens landremsa, och en där strandpromenaden utgör släntrönet och släntrönet ligger i älven.

Hållfasthetsparametrarna för materialet Sulfidsilt 1 har utvärderats från aktiva triaxalförsök och direkta skjuvförsök, medan hållfasthetsparametrarna för materialet Sulfidsilt 2 har definierats från passiva triaxalförsök och direkta skjuvförsök.

För kritiska glidytor, som alla går i slänten ovanför strandpromenaden (och därmed inte skär genom Sulfidsilt 2) ligger Sulfidsilt 1 i den aktiva och direkta skjuvzonen och endast en mycket liten del i den passiva skjuvzonen. Detta innebär att hållfasthetsegenskaperna för Sulfidsilt 1 är undersökta med lämpliga metoder med rimliga resultat.

För större glidytor, som slår upp nedanför strandpromenaden, hamnar Sulfidjord 1 i aktivzonen och Sulfidjord 2 i såväl den aktiva som den direkta och passiva skjuvzonen. Den aktiva skjuvzonen av glidyten som hamnar i Sulfidjord 2 kan leda till underskattade hållfasthetsparametrar för detta material.

Siltjordars dränerade, anisotropa egenskaper är ej lika noggrant studerade och välkända som lerors odränerade anisotropa egenskaper.

8.4 GRUNDVATTEN OCH PORTRYCK

Grundvattennivå har tolkats in i sektioner från delvis icke-digitaliserade grundvattenmätningar samt utifrån älvens vattenstånd och en möjlig gradient, som valts konservativt (med brant lutning) i slänten. Tolkade sektioner finns i Bilaga 1.

8.5 YTVATTENSTÅND

Vattennivån i älven som är använd är lägsta lågvatten (LLW) som hämtats från [17]. Eftersom älvens vatten verkar mothållande mot skred i slänten ger LLW konservativa beräkningar, som gäller även då ogynnsamma förhållanden råder.

8.6 LASTER

De laster som förekommer inom det utredda området är permanenta befintliga byggnadslaster i släntkrön samt tillfälliga trafiklaster från snöröjningsfordon på strandpromenaden. För byggnaderna antas en påkänning av 10 kPa per våning. Trafiklasten för snöröjningsfordon ansätts till 5 kPa.

Trafiklasten från snöröjning på strandpromenaden verkar gynnsamt för de kritiska glidyterna, och har ingen påverkan på glidyterna som skär genom strandpromenadens hylla, varpå denna försummas i beräkningsmodellen.

9 STABILITETSBERÄKNINGAR

Fullständig grafisk redovisning av beräkningsmodeller och utförda beräkningar kan ses i Bilaga 2.

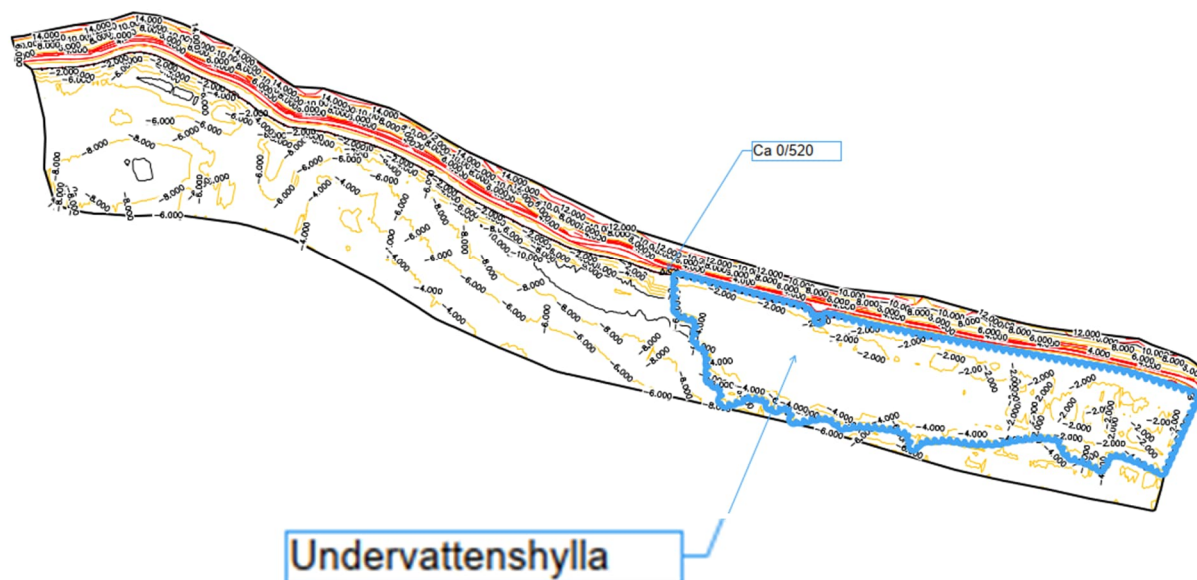
9.1 SEKTION 0/500

Sektionen representerar sträcka km 0/000–0/540, där geometri är gynnsammare på grund av lägre och flackare slänter i väst samt en undervattenshylla i östra delen av delsträckan.

Löper från Gamla bron och längs Östra Brinkvägen. Östra Brinkvägen löper längs älven och det ligger bostadshus en bit från släntkrön i detta område, se Figur 4-6.

9.1.1 Geometri och jordlagerföljd

Från släntkrön på nivå ca +13 går en ca 10 m hög slänt med lutning ca 35°. Nedanför denna slänt går strandpromenaden på en ca 3 m bred hylla på nivå ca +3. Därefter fortsätter slänten ner i älven. Från 0/000 fram till ca sektion 0/520 finns en undervattenshylla innan älvens djupaste del, se Figur 9-1.



Figur 9-1. Högdkurva som markerar undervattenshyllan i den västra delen av utredningsområdet, markerad med blå linje.

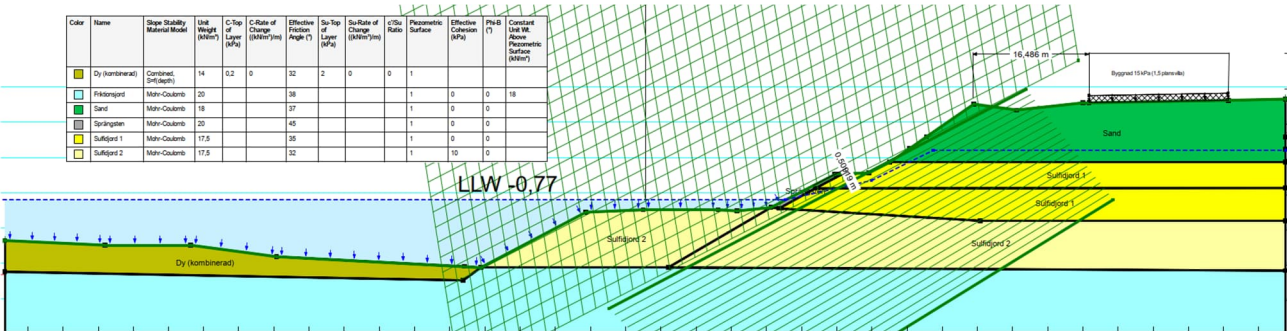
Jordlagerföljden har tolkats utifrån [2] och [13]. Jordlagerföljden består överst av mellan 5–8 m sand följt av 15–20 m sulfidsilt. Under sulfidsiltan finns fastare friktionsjord från ca nivå -10 m.

Undervattenshyllan bedöms för bred för att vara en utfyllnad och bedöms ha skapats av naturlig erosion och avsättning av silt. I området med undervattenshylla har därför sannolikt krävts mindre fyllnadsjord för att skapa strandpromenadens landremsa.

Nedan strandpromenaden förekommer ett erosionsskydd av sprängsten. Erosionsskyddets tjocklek, samt hur långt ner under vattenytan det når, är okänt. I beräkningsmodellen antogs det vara 0,5 m tjockt och sträcka sig strax under vattenytan för lägsta lågvatten, vilket bedöms vara ett konservativt antagande.

Befintliga byggnader finns ca 16,5 m från slänkrönet, som ger upphov till lasten 15 kPa då 1,5-plansvilla bedöms vara representativt för området.

Jordlagerföljd, geometri, grundvattenyta och laster redovisas i Figur 9-2.



Figur 9-2. Definierad beräkningsmodell för sektion 0/500.

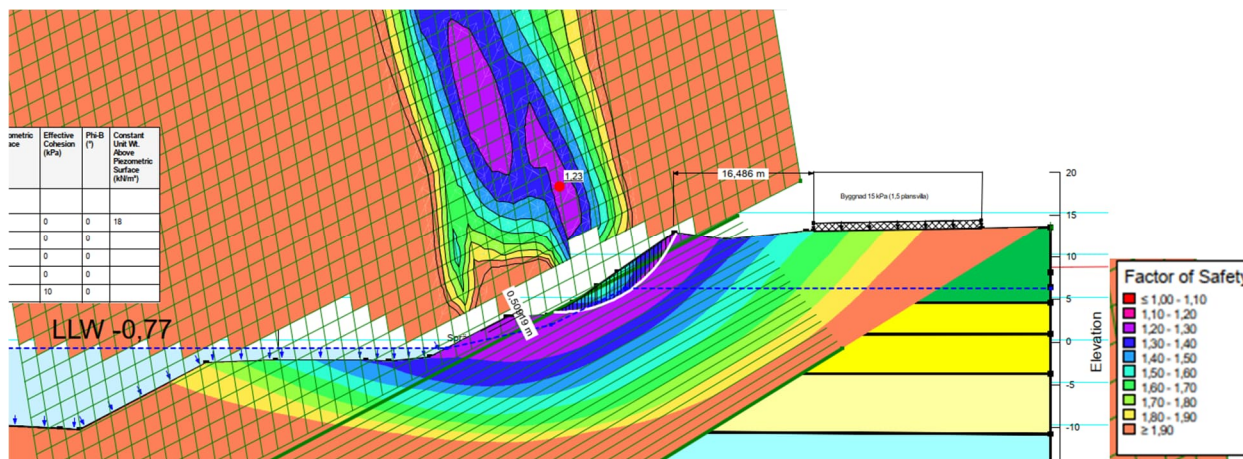
9.1.2 Beräkningsresultat

Tabell 9.1 redovisar beräknade säkerhetsfaktorer för modellerade beräkningsfall. Figur 9-3 visar resultatet grafiskt.

Tabell 9.1. Beräkningsresultat för sektion 0/500.

Beräkningsfall		$F_{c\phi}$ lägst	$F_{c\phi}$ närmsta byggnad
1.1	Dränerad analys	1,23	>1,6
1.2	Dränerad analys, känslighetsanalys sand (34°)	1,15	>1,5
1.3	Dränerad analys, känslighetsanalys högre portryck	1,10	>1,4
1.4	Dränerad analys, känslighetsanalys silt (33°)	1,16	>1,5

Beräkningarna visar att stabiliteten är tillfredställande för bedömda befintliga förhållanden. Kritisk glidyta, med lägst beräknad säkerhetsfaktor, redovisas i Figur 9-3.



Figur 9-3. Beräkningsresultat för sektion 0/500, lägsta beräknad säkerhetsfaktor $F_{c\phi} = 1,23$.

Beräkningarna visar även att stabiliteten är känslig för val av friktionsvinklar och porttryck, vid mindre gynnsamma antaganden blir beräknade säkerhetsfaktorer närmast slänkrön mindre än den erforderliga för naturområden ($>1,2$).

På det avstånd från slänkrön där befintlig bebyggelse uppfylls dock kraven för befintlig bebyggelse. Då slänthlutningen minskar efter skred och sulfidsiltens sensitivitet är relativt låg (<30) bedöms risken för bakåtgripande skred som låg. Därmed bedöms det inte sannolikt att bakåtgripande skred skulle utbildas så att de utgör en fara för befintlig bebyggelse.

Undervattenshyllan är så pass lång att den bedöms kunna erodera många meter innan stabiliteten för befintlig byggnad påverkas.

9.2 SEKTION 0/600

Sektionen representerar sträckan ca 0/540–0/660, där slänten ovanför strandpromenaden är brantare än föregående sträcka.

9.2.1 Geometri och jordlagerföljd

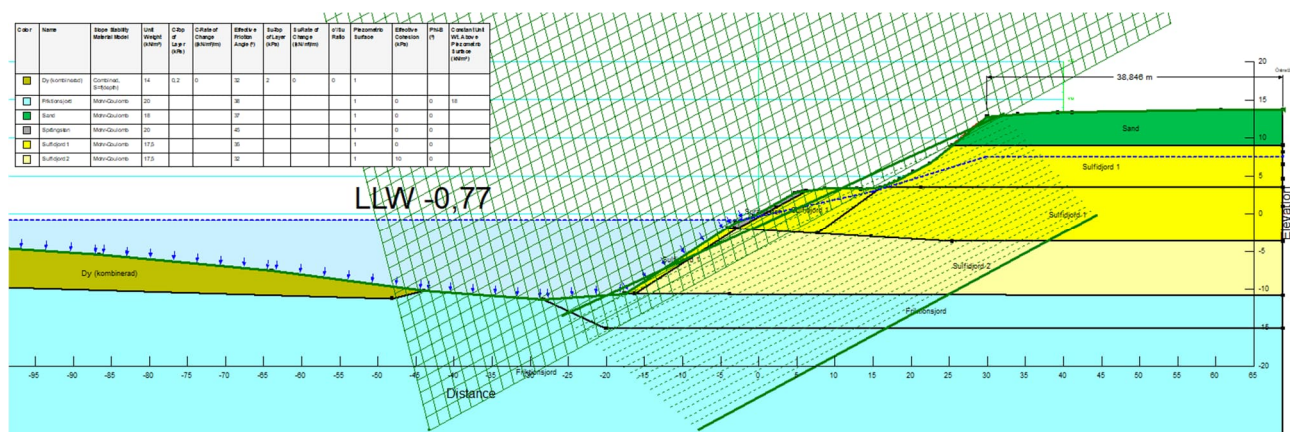
Släntens krön ligger på ca +13 m. Slänthlutningen på den övre slänten varierar mellan 33–39°. Strandpromenadens nivå är ca +3 m.

Jordlagerföljden har tolkats utifrån [3]. Jordlagerföljden består överst av 5 m sand följt av 20 m sulfidsilt. Under sulfidsilten finns fastare friktionsjord från ca nivå -10 m. Känslighetsanalys utförs för sulfidjordens underkant, för att undersöka effekten av att den fasta friktionsjorden skulle ligga lägre, eftersom jordlagergränsen har tolkats utifrån CPT-sondering som kan ha stoppats på grund av sonderingsdjupet och inte sonderingsmotståndet.

Nedan strandpromenaden förekommer ett erosionsskydd av sprängsten. Erosionsskyddets tjocklek, samt hur långt ner under vattenytan det når, är okänt. I beräkningsmodellen antogs det vara 0,5 m tjockt och sträcka sig strax under vattenytan för lägsta lågvatten, vilket bedöms vara ett konservativt antagande. De större glidytor, där tjockare och djupare sprängsten skulle ha någon inverkan på resultat, har så pass höga beräknande säkerhetsfaktorer att en känslighetsanalys inte är relevant att utföra.

Östra Brinkvägen ligger ca 39 m från släntkrönet.

Jordlagerföljd, geometri, och grundvattenyta redovisas i Figur 9-4.



Figur 9-4. Definierad beräkningsmodell för sektion 0/600.

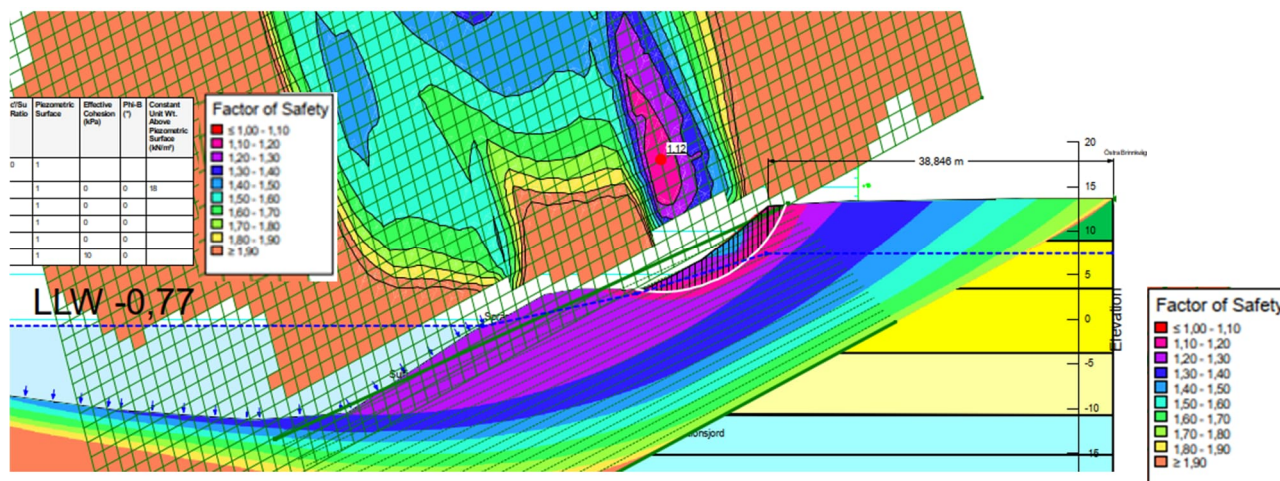
9.2.2 Beräkningsresultat

Tabell 9.2 redovisar beräknade säkerhetsfaktorer för modellerade beräkningsfall.

Tabell 9.2. Beräkningsresultat för sektion 0/600.

Beräkningsfall		$F_{c\phi}$ lägst	$F_{c\phi}$ närmsta väg
2.1	Dränerad analys	1,12	>1,9
2.2	Dränerad analys, känslighetsanalys högre portryck	1,00	>1,9
2.3	Dränerad analys, känslighetsanalys sand (34°)	1,10	>1,9
2.4	Dränerad analys, känslighetsanalys silt (33°)	1,03	>1,9
2.5	Dränerad analys, känslighetsanalys djupare sulfidjord	1,11	>1,8
2.6	Dränerad analys, känslighetsanalys erosion i slänkfot	1,11	>1,8
2.7	Dränerad analys, avschaktning av släntkrön	1,22	>1,9
2.8	Dränerad analys, motfyll vid slänkfot (övre, nivå +3)	1,22	>1,9

Kritisk glidyta, med lägst beräknad säkerhetsfaktor, redovisas i Figur 9-5. Beräkningarna visar att stabiliteten är tillfredställande ca 5 meter från släntkrönet, med ökande säkerhet för större glidytor. För befintlig bebyggelse är säkerheten tillfredställande.



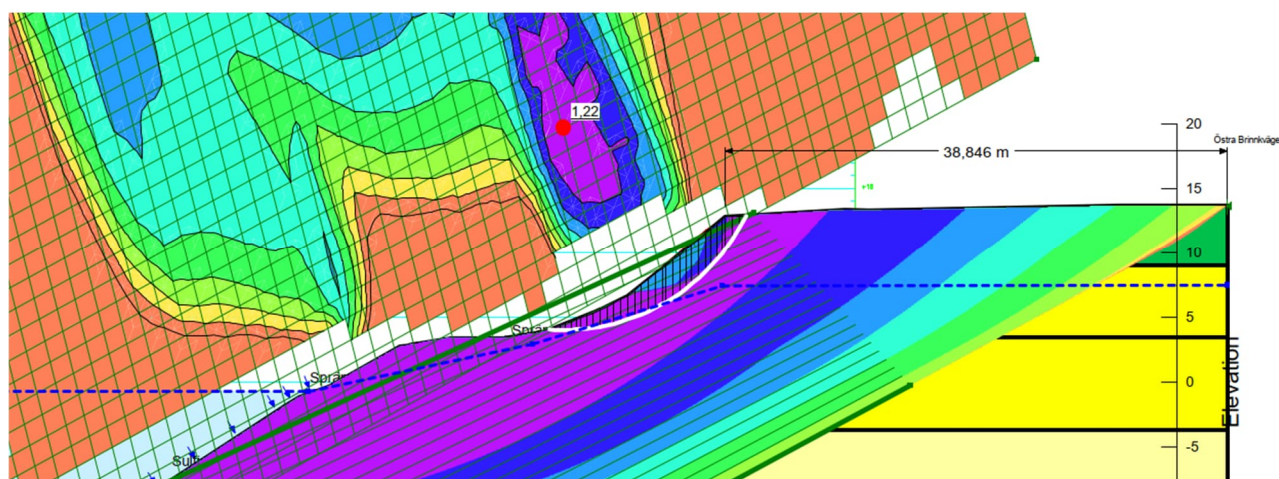
Figur 9-5. Beräkningsresultat för sektion 0/600, lägsta beräknad säkerhetsfaktor $F_{c\phi} = 1,12$.

Beräkningarna visar även att stabiliteten är känslig för val av friktionsvinkel och portryck. Särskilt högre portryck ger beräknad säkerhetsfaktor nära 1,0. Det begränsade område, närmast släntkrön, där stabiliteten är otillfredsställande utökas dock endast med ett par meter vid mindre gynnsamma antaganden.

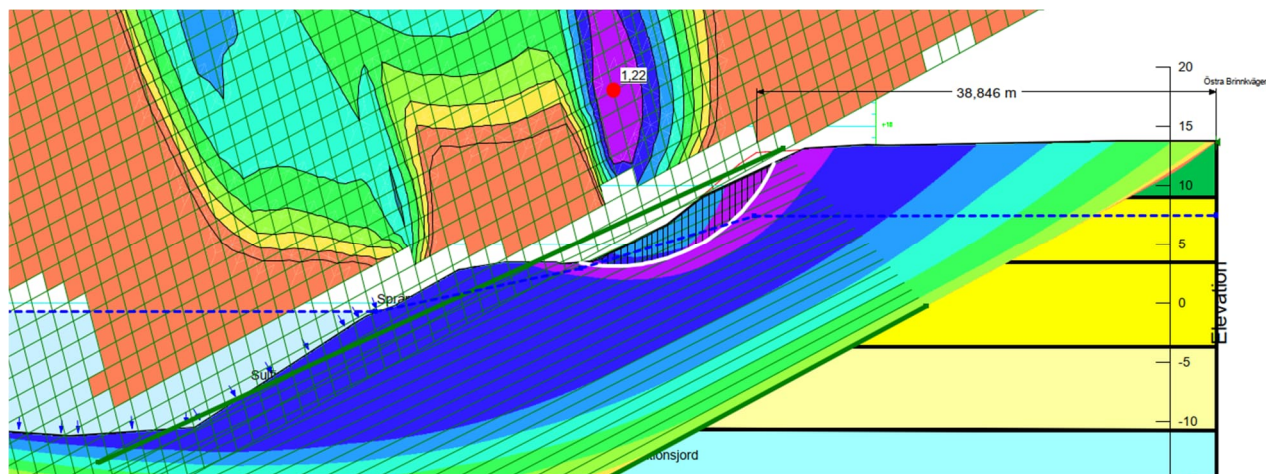
På det avstånd från släntkrön där Östra Brinkvägen löper uppfylls dock kraven för befintlig bebyggelse. Då slänthlutningen minskar efter skred och sulfidsiltens sensitivitet är relativt låg (<30) bedöms risken för bakåtgripande skred som låg. Därmed bedöms det inte sannolikt att bakåtgripande skred skulle utbildas så att de utgör en fara för befintlig bebyggelse.

Erosion vid släntfot har ingen påtaglig påverkan på släntstabiliteten.

Möjliga åtgärder för att höja stabilitet för slänten ovan strandpromenaden är en tryckbank av ca 0,5 m sprängsten innanför strandpromenaden, eller ca 1,5 m avschaktning av släntkrön. Beräkningsresultat för översiktlig modellering av dessa åtgärder redovisas i Figur 9-6 och Figur 9-7.



Figur 9-6. Beräkning av åtgärd i form av ca 0,5 m sprängsten som motfyll innanför strandpromenaden.



Figur 9-7. Beräkning av åtgärd i form av avschaktning av släntkrön ovanför strandpromenaden.

9.3 SEKTION 0/880

Sektionen representerar sträckan ca 0/660–0/900.

9.3.1 Geometri och jordlagerföljd

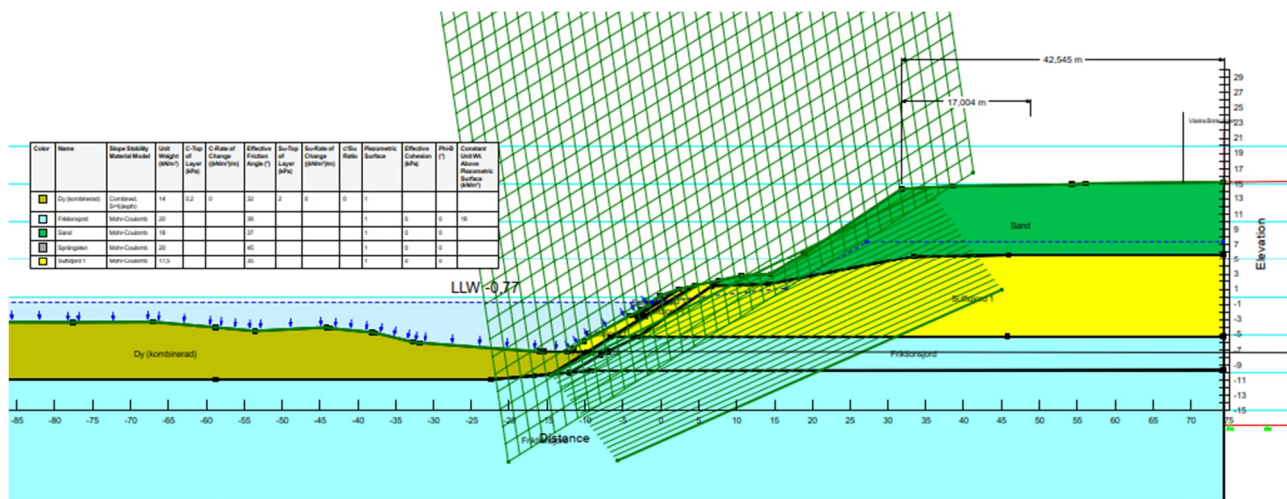
Släntens krön ligger på ca +15 m. Släntlutningen på den övre slänten är ca 33 °. Strandpromenadens nivå är ca +3 m.

Jordlagerföljden har tolkats utifrån [2]. Jordlagerföljden består överst av 7,5 m sand följt av 9 m sulfidsilt. Under sulfidsilten finns fastare friktionsjord från ca nivå -5 m. Känslighetsanalys utförs för sulfidjorden underkant, för att undersöka effekten av att den fasta friktionsjorden skulle ligga lägre, eftersom jordlagergränsen har tolkats utifrån CPT-sondering som kan ha stoppats på grund av sonderingsdjupet och inte sonderingsmotståndet.

Nedan strandpromenadens förekommer ett erosionsskydd av sprängsten. Erosionsskyddets tjocklek, samt hur långt ner under vattenytan det når, är okänt. I beräkningsmodellen antogs det vara 0,5 m tjockt och sträcka sig strax under vattenytan för lägsta lågvatten, vilket bedöms vara ett konservativt antagande. De större glidyterna, där mäktigare och djupare anlagd sprängsten skulle ha någon inverkan på resultat, har så pass höga beräknande säkerhetsfaktorer att en känslighetsanalys inte är relevant att utföra.

Närmaste bebyggelse utgörs av Västra Brinkvägen, som ligger 42,5 m från släntkrönet. Mellan ca km 0/750–0/810 finns byggnader ca 17 m från släntkrön

Jordlagerföljd, geometri, och grundvattenyta redovisas i Figur 9-8.



Figur 9-8. Definierad beräkningsmodell för sektion 0/880.

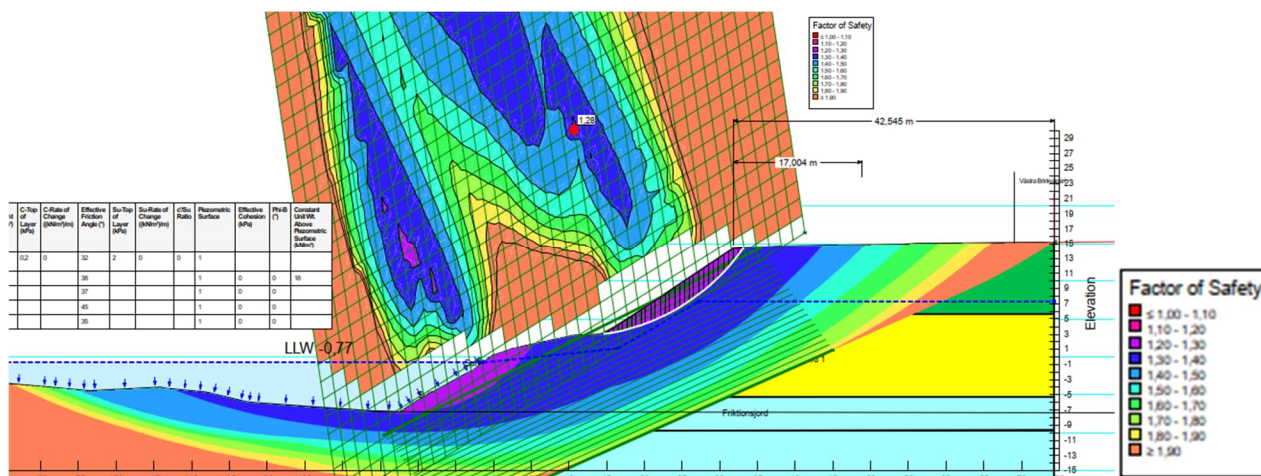
9.3.2 Beräkningsresultat

Tabell 9.3 redovisar beräknade säkerhetsfaktorer för modellerade beräkningsfall.

Tabell 9.3. Beräkningsresultat för sektion 0/880.

Beräkningsfall		$F_{c\phi}$ lägst	$F_{c\phi}$ närmsta väg/bebyggelse
3.1	Dränerad analys	1,28	>1,5
3.2	Dränerad analys, känslighetsanalys högre portryck	1,28	>1,4
3.3	Dränerad analys, känslighetsanalys sand (34 °)	1,15	>1,4
3.4	Dränerad analys, känslighetsanalys silt (33 °)	1,20	>1,4
3.5	Dränerad analys, känslighetsanalys djupare sulfidjord	1,21	>1,4
3.6	Dränerad analys, känslighetsanalys erosion i släntfot	1,20	>1,9

Beräkningarna visar att stabiliteten är tillfredställande för bedömda befintliga förhållanden. Kritisk glidyta, med lägst beräknad säkerhetsfaktor, redovisas i Figur 9-9.

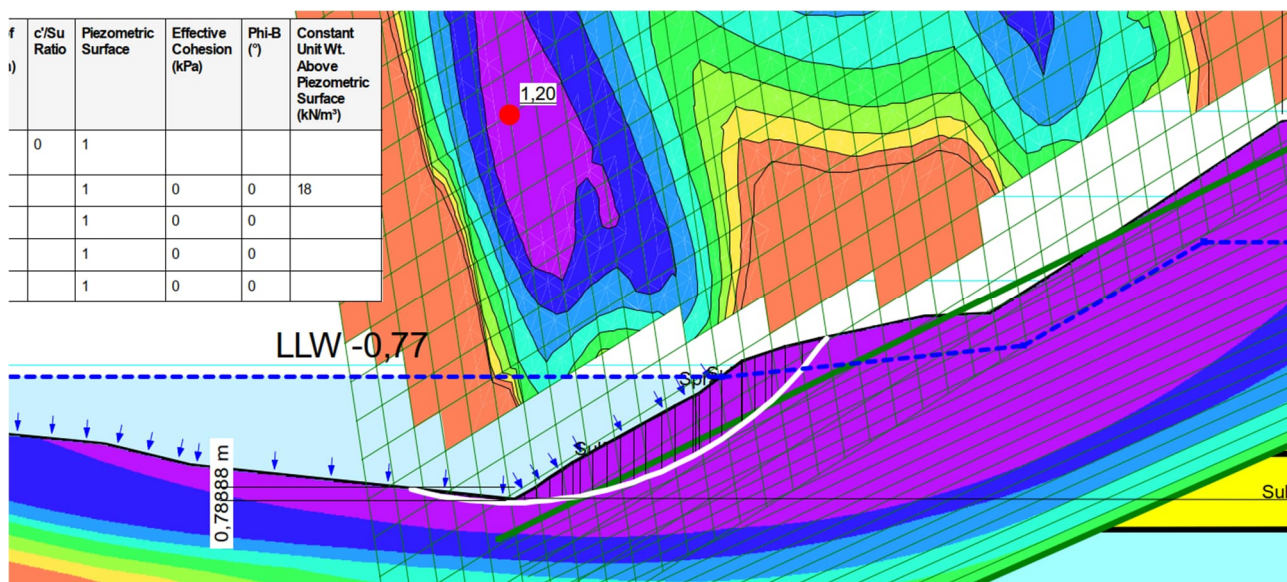


Figur 9-9. Beräkningsresultat för sektion 0/880, lägsta beräknad säkerhetsfaktor $F_{c\phi} = 1,28$.

Beräkningarna visar även att stabiliteten är känslig för val av friktionsvinklar vid mindre gynnsamma antaganden blir beräknad säkerhetsfaktorer närmast slänkrön mindre än den erforderliga för naturområden ($>1,2$).

På det avstånd från slänkrön där befintlig bebyggelse är placerad finns uppfylls dock kraven för befintlig bebyggelse. Då slänlutningen minskar efter skred och sulfidsiltens sensitivitet är relativt låg (<30) bedöms risken för bakåtgripande skred som låg. Därmed bedöms det inte sannolikt att bakåtgripande skred skulle utbildas så att de utgör en fara för befintlig bebyggelse.

Erosion i slänkfot har störst påverkan, och en erosion på 0,8 m från befintlig älvbotten ger beräknad säkerhetsfaktor $F = 1,20$, se Figur 9-10.



Figur 9-10. Beräkningsresultat vid modellering av erosion i slänkfot, lägsta beräknad säkerhetsfaktor $F_{c\phi} = 1,20$.

9.4 SEKTION 0/920

Sektionen är den geometrisk mest ogynnsamma sektionen på delsträckan ca 0/900–0/940, eftersom slänten ovanför strandpromenaden står brant och älvbotten vid slänkfot under strandpromenaden ligger djupt.

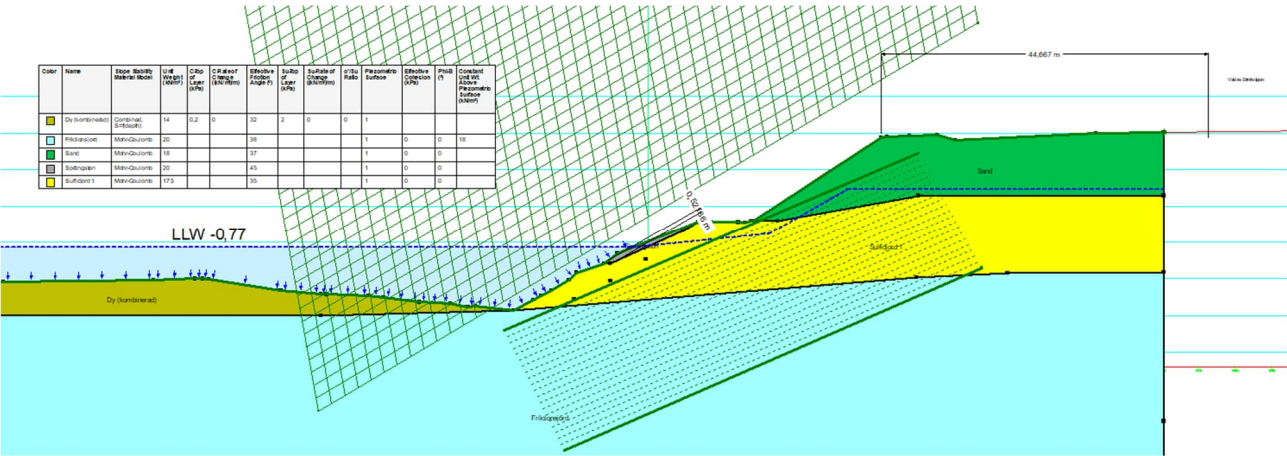
9.4.1 Geometri och jordlagerföljd

Släntens krön ligger på ca +15 m. Släntlutningen på den övre slänten är ca 33°. Strandpromenadens nivå är ca +3 m. Inmätning av älvbotten indikerar att erosion pågår i släntfoten.

Jordlagerföljden har tolkats utifrån [2]. Jordlagerföljden består överst av 6,5 m sand följt av 8,5 m sulfidsilt. Under sulfidsiltan finns fastare friktionsjord från ca nivå -5 m. Känslighetsanalys utförs för sulfidjordens underkant, för att undersöka effekten av att den fasta friktionsjorden skulle ligga lägre, eftersom jordlagergränsen har tolkats utifrån CPT-sondering som kan ha stoppats på grund av sonderingsdjupet och inte sonderingsmotståndet.

Nedan strandpromenadens förekommer ett erosionsskydd av sprängsten. Erosionsskyddets tjocklek, samt hur långt ner under vattenytan det når, är okänt. I beräkningsmodellen antogs det vara 0,5 m tjockt och sträcka sig strax under vattenytan för lägsta lågvatten, vilket bedöms vara ett konservativt antagande. De större glidytorna, där tjockare och djupare sprängsten skulle ha någon inverkan på resultat, har så pass höga beräknande säkerhetsfaktorer att en känslighetsanalys inte är relevant att utföra.

Jordlagerföljd, geometri, och grundvattenyta redovisas i Figur 9-11.



Figur 9-11. Definierad beräkningsmodell för sektion 0/920.

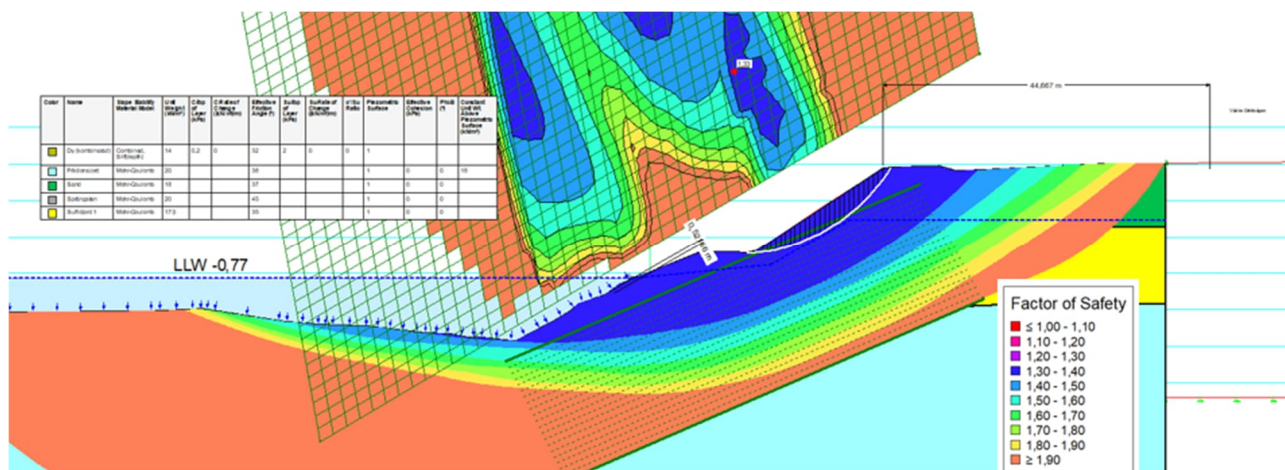
9.4.2 Beräkningsresultat

Tabell 9.4 redovisar beräknade säkerhetsfaktorer för modellerade beräkningsfall.

Tabell 9.4. Beräkningsresultat för sektion 0/920.

Beräkningsfall		$F_{c\phi}$ lägst	$F_{c\phi}$ närmsta väg
4.1	Dränerad analys	1,33	$\geq 1,9$
4.2	Dränerad analys, känslighetsanalys högre portryck	1,29	$\geq 1,8$
4.3	Dränerad analys, känslighetsanalys sand (34°)	1,19	$\geq 1,9$
4.4	Dränerad analys, känslighetsanalys silt (33°)	1,26	$\geq 1,9$
4.5	Dränerad analys, känslighetsanalys djupare sulfidjord	1,34	$\geq 1,8$
4.6	Dränerad analys, känslighetsanalys erosion i släntfot	1,20	$\geq 1,8$

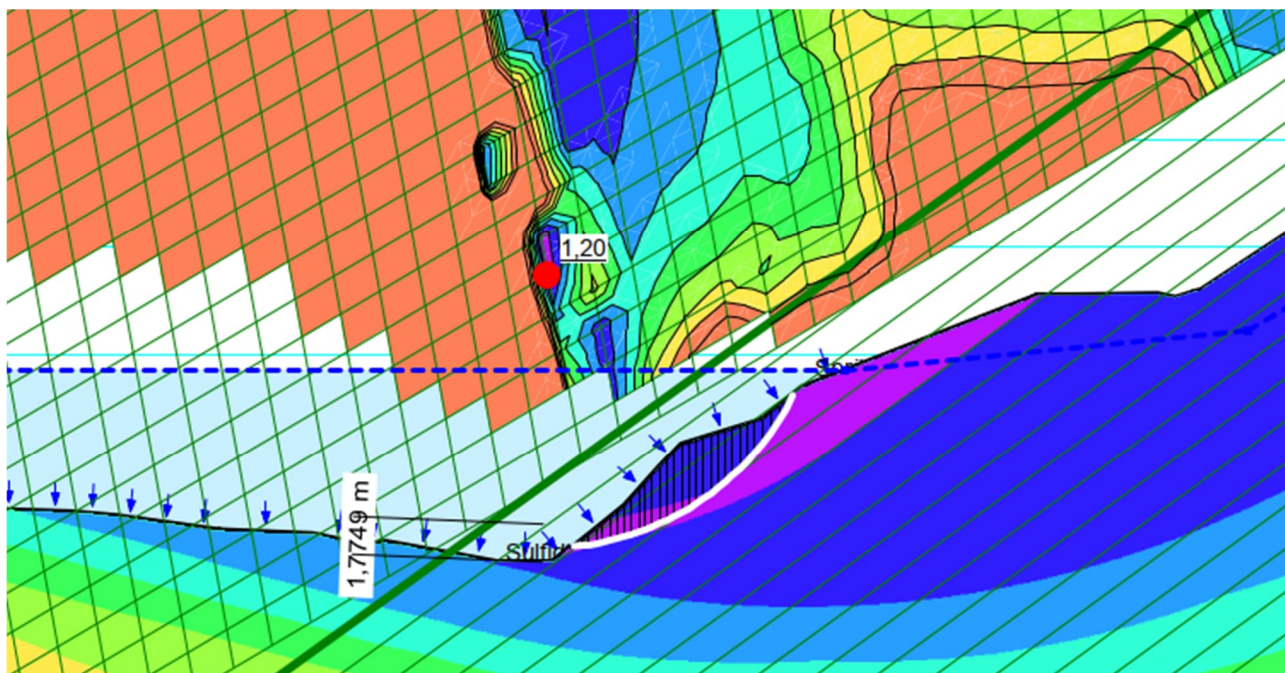
Kritisk glidyta, med lägst beräknad säkerhetsfaktor, redovisas i Figur 9-12.



Figur 9-12. Beräkningsresultat för sektion 0/920, lägsta beräknad säkerhetsfaktor $F_{c\phi} = 1,33$.

Beräkningarna visar även att stabiliteten inte är känslig för val av friktionsvinklar och portryck och att det finns tillräckligt marginal mot skred även om mindre gynnsamma förhållanden skulle råda. På det avstånd från släntröd där befintlig bebyggelse uppfylls dock kraven för befintlig bebyggelse. Då släntrödingen minskar efter skred och sulfidsiltens sensitivitet är relativt låg (<30) bedöms risken för bakåtgripande skred som låg. Därmed bedöms det inte sannolikt att bakåtgripande skred skulle utbildas så att de utgör en fara för befintlig bebyggelse.

Erosion i släntfot har störst påverkan, och en erosion på 1,8 m från befintlig älvbotten ger beräknad säkerhetsfaktor $F = 1,20$, se Figur 9-13.



Figur 9-13. Beräkningsresultat vid modellering av erosion i släntfot, lägsta beräknad säkerhetsfaktor $F_{c\phi} = 1,20$.

9.5 SEKTION 1/020

Sektionen representerar sträckan ca 0/940–1/160. I vald beräkningssektion är geometrin mest ogynnsam eftersom älvbotten ligger lågt i strandpromenadens släntfot.

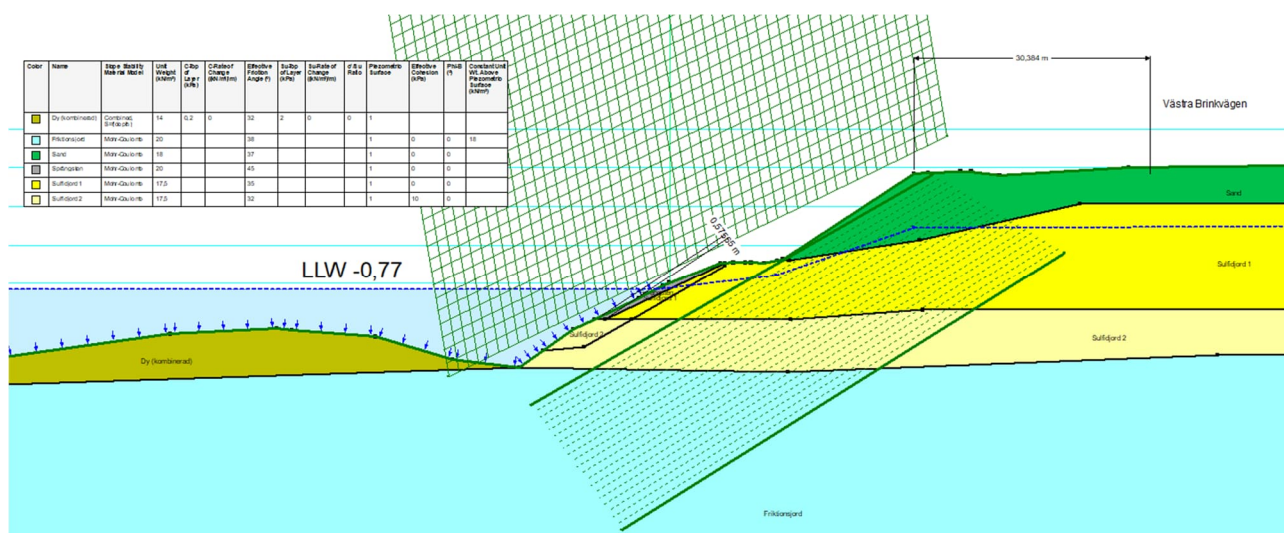
9.5.1 Geometri och jordlagerföljd

Släntens krön ligger på ca +14,5 m. Släntlutningen på den övre slänten är ca 33 °. Strandpromenadens nivå är ca +3 m.

Jordlagerföljden har tolkats utifrån [2]. Jordlagerföljden består överst av 4,5 m sand följt av 20 m sulfidsilt. Under sulfidsilten finns fastare friktionsjord från ca nivå -10 m. Känslighetsanalys utförs för sulfidjorden underkant, för att undersöka effekten av att den fasta friktionsjorden skulle ligga lägre, eftersom jordlagergränsen har tolkats utifrån CPT-sondering som kan ha stoppats på grund av sonderingsdjupet och inte sonderingsmotståndet.

Nedan strandpromenadens förekommer ett erosionsskydd av sprängsten. Erosionsskyddets tjocklek, samt hur långt ner under vattenytan det når, är okänt. I beräkningsmodellen antogs det vara 0,5 m tjockt och sträcka sig strax under vattenytan för lägsta lågvatten, vilket bedöms vara ett konservativt antagande. De större glidytor, där tjockare och djupare sprängsten skulle ha någon inverkan på resultat, har så pass höga beräknande säkerhetsfaktorer att en känslighetsanalys inte är relevant att utföra.

Jordlagerföljd, geometri, och grundvattenyta redovisas i Figur 9-14.



Figur 9-14. Definierad beräkningsmodell för sektion 1/020.

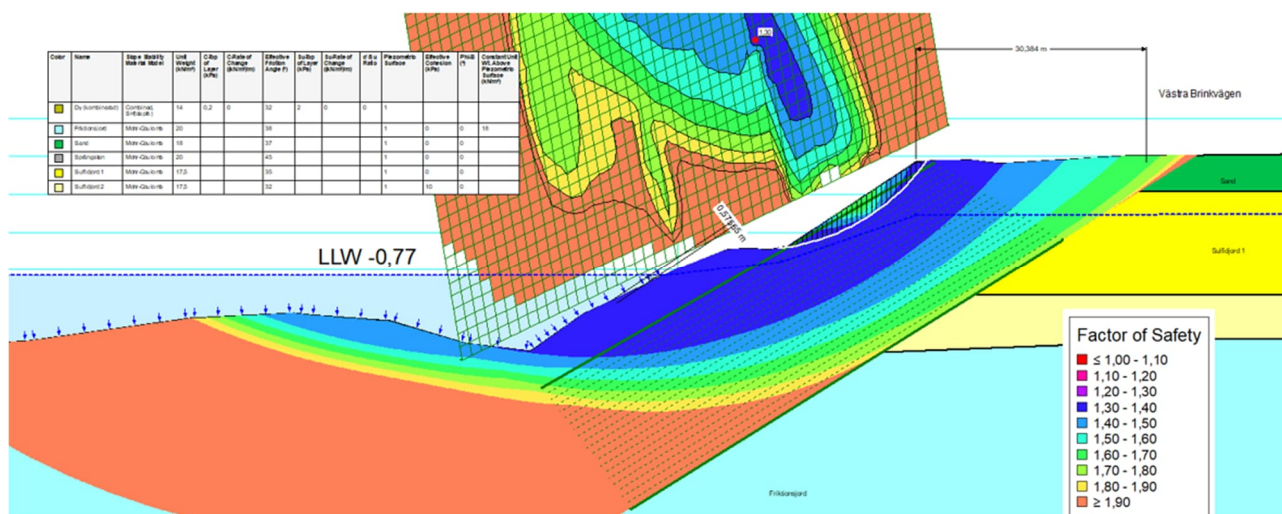
9.5.2 Beräkningsresultat

Tabell 9.5 redovisar beräknade säkerhetsfaktorer för modellerade beräkningsfall.

Tabell 9.5. Beräkningsresultat för sektion 1/020.

Beräkningsfall		$F_{c\phi}$ lägst	$F_{c\phi}$ närmsta väg
5.1	Dränerad analys	1,30	$\geq 1,6$
5.2	Dränerad analys, känslighetsanalys högre portryck	1,27	$\geq 1,5$
5.3	Dränerad analys, känslighetsanalys sand (34°)	1,17	$\geq 1,6$
5.4	Dränerad analys, känslighetsanalys silt (33°)	1,30	$\geq 1,6$
5.5	Dränerad analys, känslighetsanalys djupare sulfidjord	1,30	$\geq 1,6$
5.6	Dränerad analys, känslighetsanalys erosion i släntfot	1,30	$\geq 1,6$

Beräkningarna visar att stabiliteten är tillfredställande. Kritisk glidyta, med lägst beräknad säkerhetsfaktor, redovisas i Figur 9-15.



Figur 9-15. Beräkningsresultat för sektion 1/020, lägsta beräknad säkerhetsfaktor $F_{c\phi} = 1,30$.

Känslighetsanalys avseende sandens friktionsvinkel visar att denna parameter har stor påverkan på beräknad säkerhetsfaktor för den kritiska glidyten. Övriga känslighetsanalyser visar att mer ogynnsamma förhållanden inte har någon, eller endast marginell, påverkan.

10 SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER

Resultaten från utredning sammanfattas i en schematisk illustration i Bilaga 3.

Tabell 10.1 redovisar en sammanfattning av beräkningsresultaten.

Tabell 10.1. Sammanfattning av beräkningsresultat för samtliga beräkningssektioner.

Sektion	$F_{c\phi}$ lägst	$F_{c\phi}$ närmsta väg/byggnad	Störst påverkan enligt utförda känslighetsanalyser
0/500	1,23	>1,6	Högre portryck
0/600	1,12	>1,9	Högre portryck
0/880	1,28	>1,5	Lägre friktionsvinkel sand
0/920	1,33	>1,9	Erosion i släntfot
1/020	1,30	>1,6	Lägre friktionsvinkel sand

Området bedöms stabilt med hänsyn till befintlig bebyggelse (bilvägar och bostäder), eftersom samtliga glidytor som når befintlig bebyggelse har tillräckligt hög säkerhetsfaktor ($>1,5$). Detta beror på att strandpromenadens landremsa skapar en gynnsam geometri, en mothållande massa, för de större glidyterna. Även vid mer ogynnsamma antaganden, enligt utförda känslighetsanalyser, är beräknad säkerhetsfaktor vid befintlig bebyggelse tillfredställande ($>1,4$).

Glidytor med lägst säkerhetsfaktor är relativt ytliga glidytor närmast släntrönet, som slår upp ovanför strandpromenaden. För delområden 0/00–0/540 uppnår samtliga glidytor säkerhetsfaktor över 1,2, vilket är gränsen för effektivspänningsanalys i områden som klassas som *Annan mark*.

Med annan mark avses markanvändning som endast medför dagvistelse och/eller anläggningar av mindre betydelse, exempelvis befintliga parker, gång-, cykel- och mopedvägar, bodar, garage, andra ledningar än huvudledningar samt frekvent använda friluftsområden och områden med små konsekvenser av skred.

På sträckan km 0/640–1/200 uppnår samtliga glidytor säkerhetsfaktor över 1,25, vilket bedöms vara tillräcklig säkerhetsmarginal för det aktuella området för område som klassas som befintlig bebyggelse.

På sträckan km 0/540–0/640 är stabiliteten ej tillfredsställande då beräknad säkerhetsfaktor är ca 1,1. Riskområdets utbredning redovisas schematiskt i Figur 10-1. Möjliga stabilitetshöjande åtgärder är avschaktning av slänkrön eller motfyll i slänthot (på strandpromenadens platta). Vid avschaktning skulle det skydd mot yterrosion som befintlig växtlighet utgör behöva ersättas. På grund av rådande förutsättningar, i synnerhet det begränsade område där skredrisk föreligger, bedöms behovet av åtgärd ej som akut.



Figur 10-1. Schematisk illustration av utredningsområdet och bedömning av släntstabiliteten, utdrag ur Bilaga 3.

Befintliga erosionsskydd bedöms över lag vara tillräckliga, dock inte på sträckan 0/660–0/940, där inmätning av älvbotten indikerar pågående erosion och beräkningar visar att erosion i slänthot har stor påverkan på stabiliteten längs vissa delsträckor. På sikt kan det därför vara relevant att utföra en erosionsutredning.

Befintlig växtlighet i slänterna bör bevaras. Starkt lutande träd bör huggas ner för att undvika rotvältor som drar med sig rötter upp ur jorden, eftersom rötterna verkar som armering och har en motverkande känd effekt på ras och skred. Det rekommenderas att undvika upplag av snöhögar vid slänkrön, då avsmältning kan skapa yterrosion.

Nyexploatering inom utredningsområdet ska alltid föregås av en geoteknisk utredning som analyserar stabiliteten för planerad anläggning. Utifrån denna och tidigare utförda geotekniska utredningar krävs det säkerhetsavstånd och anpassad grundläggning och är lämpligt med begränsningar kring upplag i slänkrön och kontroll mot långvarigt vattenläckage.

VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande konsultbolag och rådgivare inom samhällsutveckling. Vi utvecklar allt ifrån städer och transportsystem till vattenförsörjning och höga hus. Med 67 000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Vi planerar, projekterar, designar och projektleder olika uppdrag inom transport och infrastruktur, fastigheter och byggnader, hållbarhet och miljö, energi och industri samt urban utveckling. Så tar vi ansvar för framtiden.

wsp.com

WSP

WSP Sverige AB

Org. nr:556057-4880

wsp.com



Bilaga 1 – Tolkade sektioner

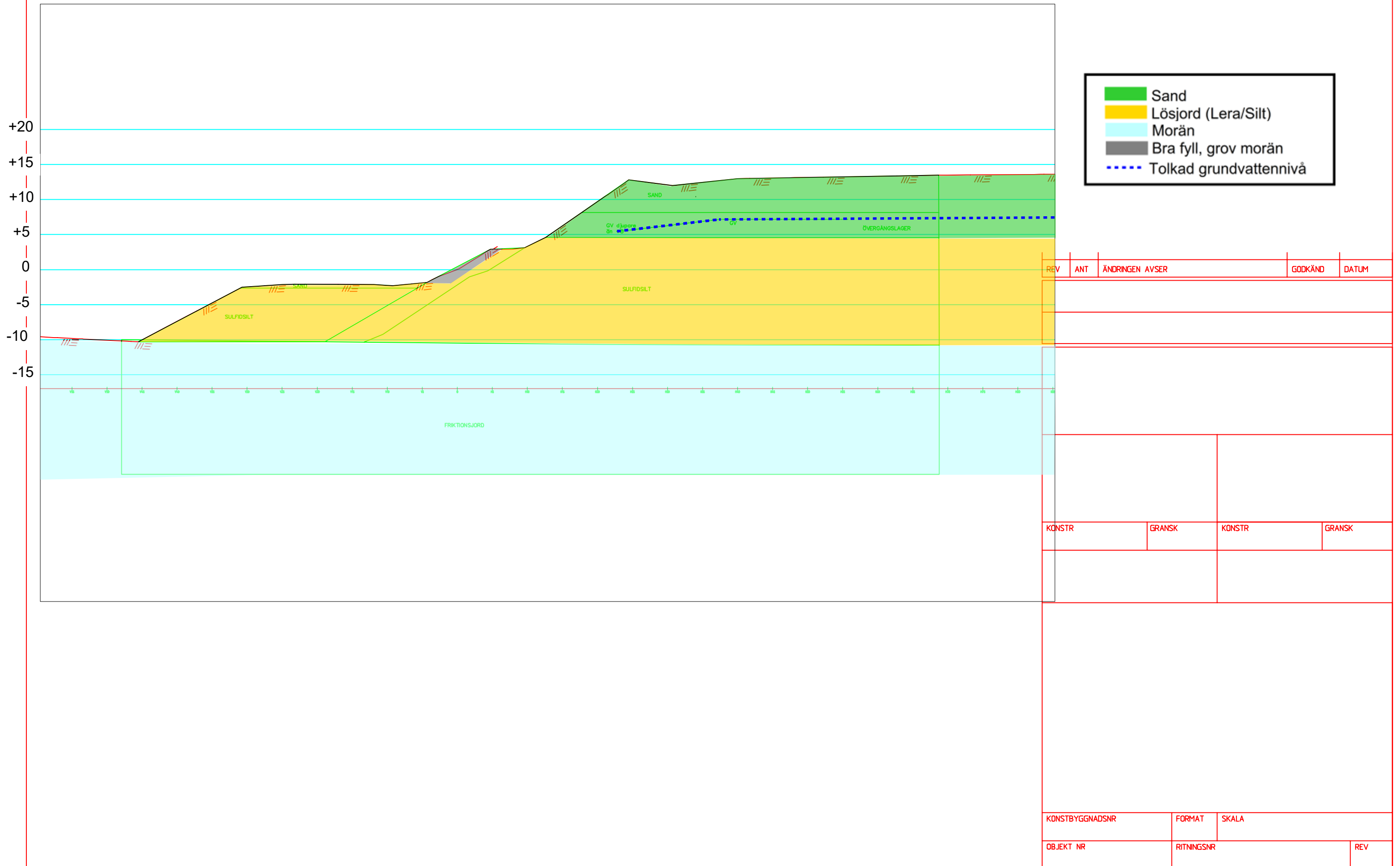
6 sidor

Bilagan tillhör handling PM Geoteknik, Fördjupad utredning Umeälven, daterad 2025-11-30

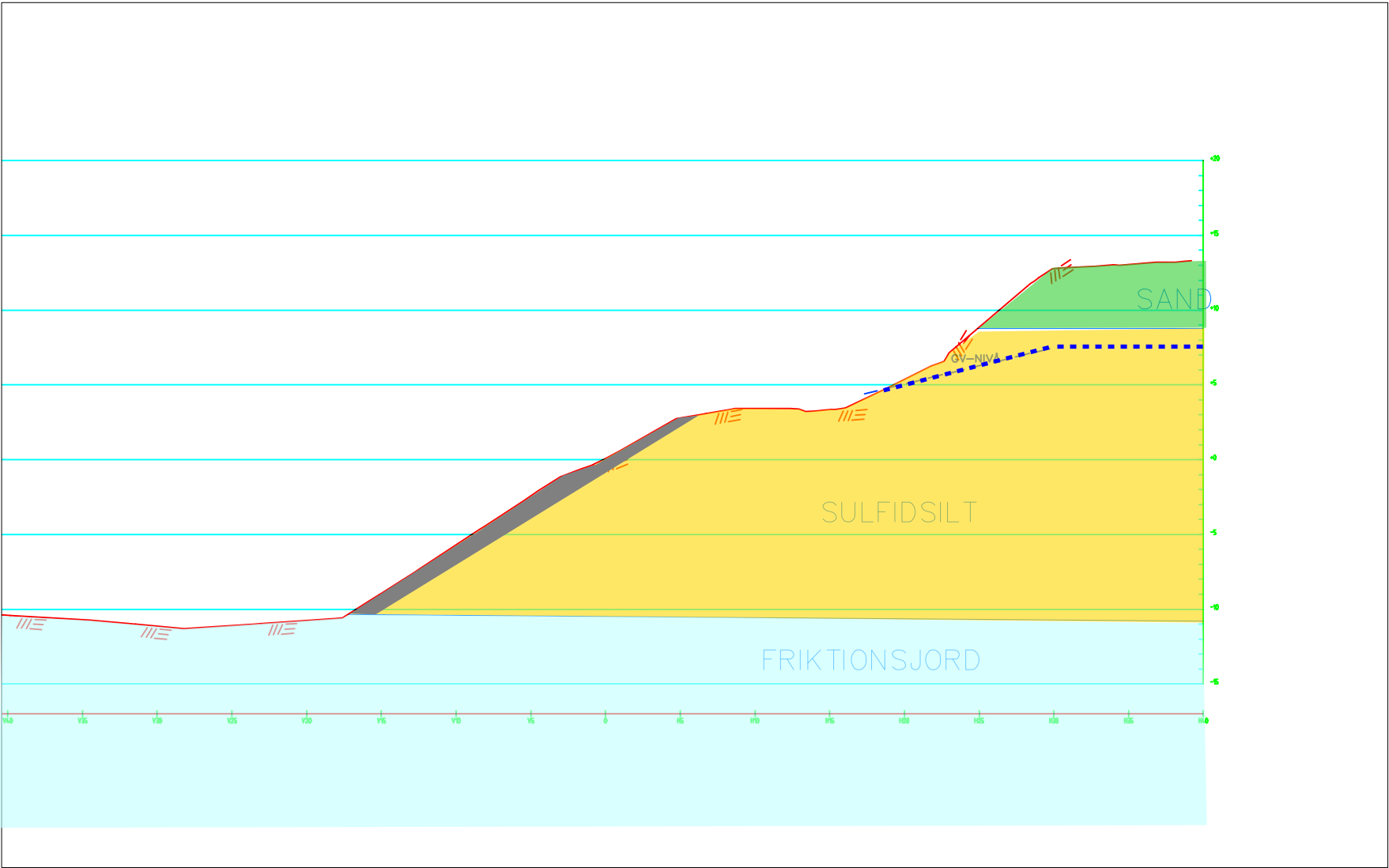
Innehåll

Innehåll/Del	Sida
Sektion 0/500	2
Sektion 0/600	3
Sektion 0/880	4
Sektion 0/920	5
Sektion 1/020	6

Sektion 0/500



Sektion 0/600



Sand

Lössjord (Lera/Silt)

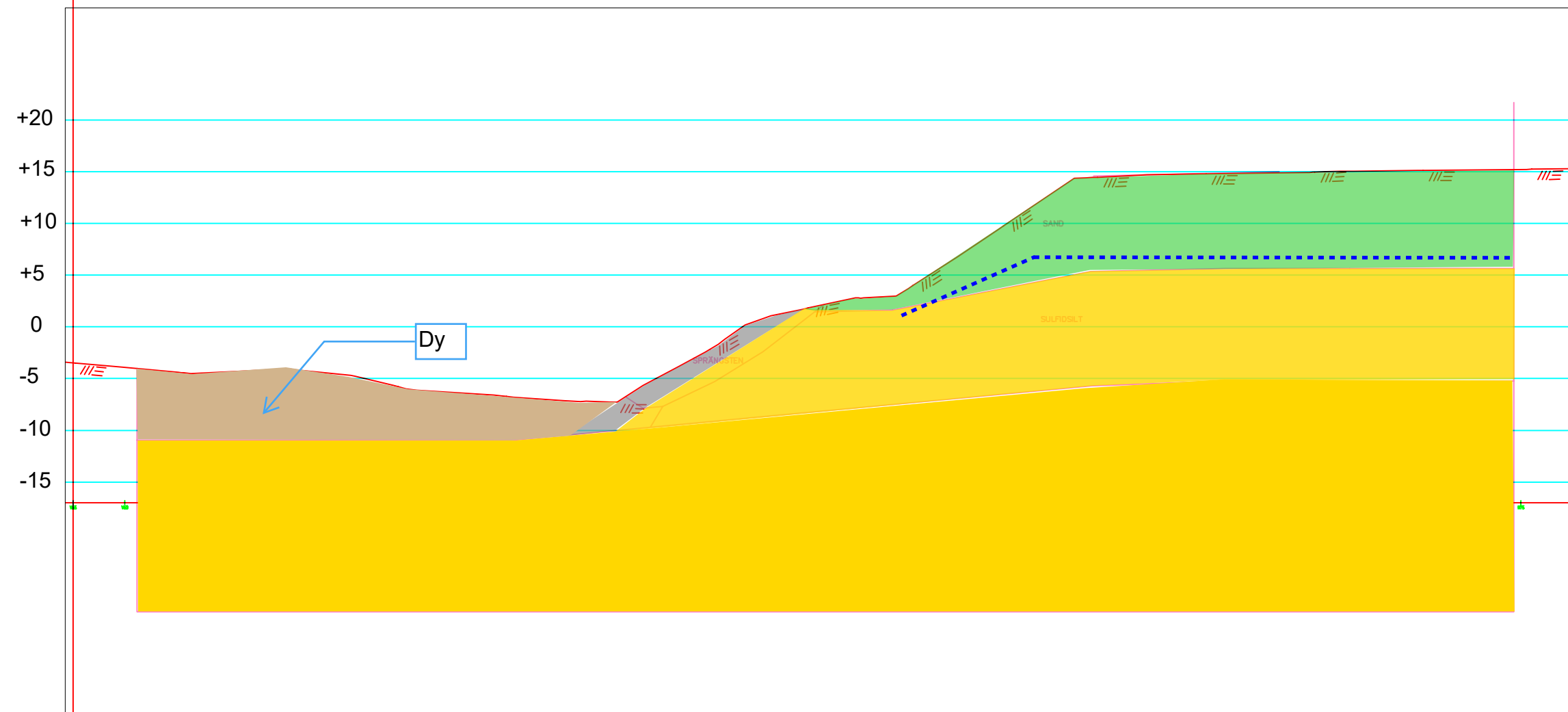
Morän

Bra fyll, grov morän

Tolkad grundvattennivå

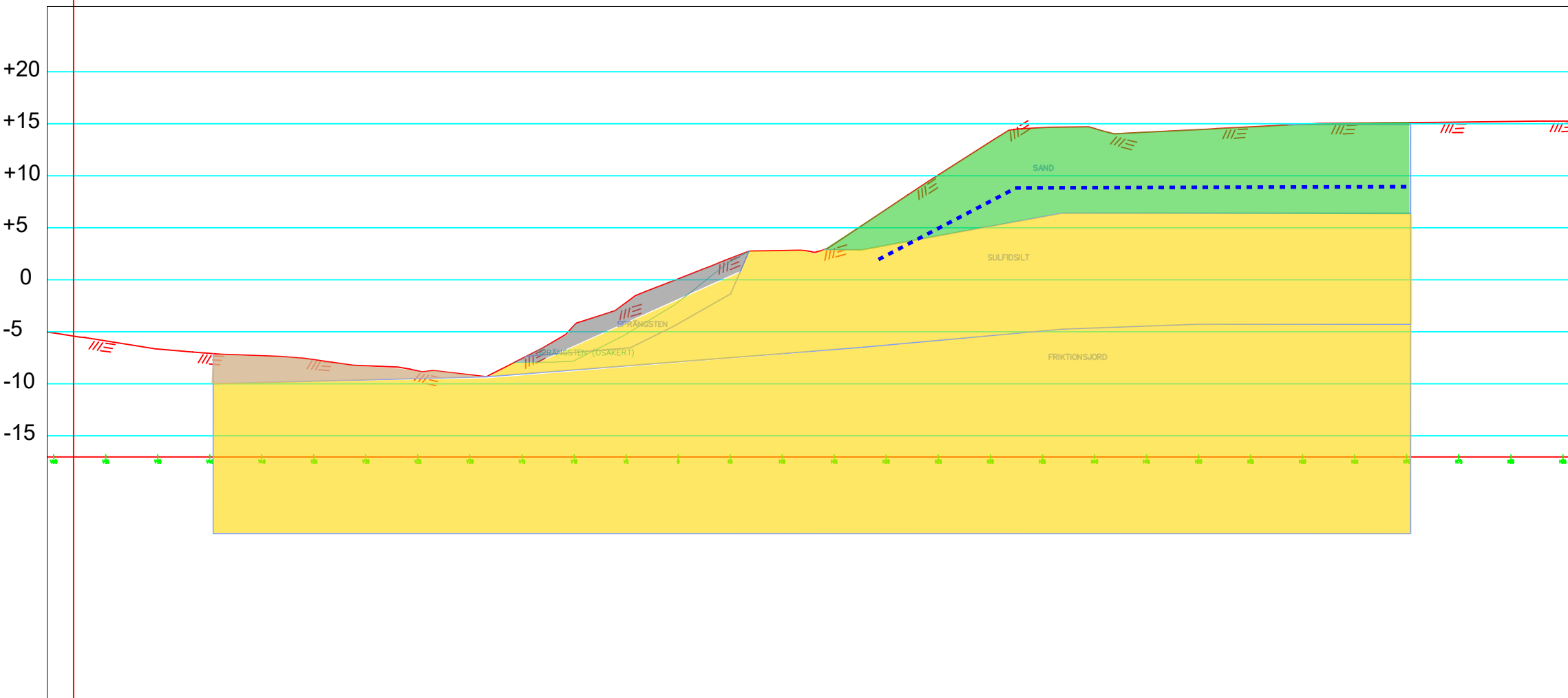
REV	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	GODKÄND	DATUM
KONSTR	GRANSK	KONSTR	GRANSK	
KONSTBYGGNADSNR	FORMAT	SKALA		
OBJEKT NR	RITTINGSNR		REV	

 Sand
 Lösjord (Lera/Silt)
 Morän
 Bra fyll, grov morän
 Dy
 Tolkad grundvattennivå



REV	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	GODKÄND	DATUM
KONSTR	GRANSK	KONSTR	GRANSK	
KONSTBYGGNADSNR		FORMAT	SKALA	
OBJEKT NR		RITNINGSNR		REV

 Sand
 Lösjord (Lera/Silt)
 Morän
 Bra fyll, grov morän
 Dy
 Tolkad grundvattennivå



REV	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	GODKÄND	DATUM
KONSTR		GRANSK	KONSTR	GRANSK
KONSTBYGGNADSNR		FORMAT	SKALA	
OBJEKT NR		RITNINGSNR		REV

Sektion 1/020

Sand

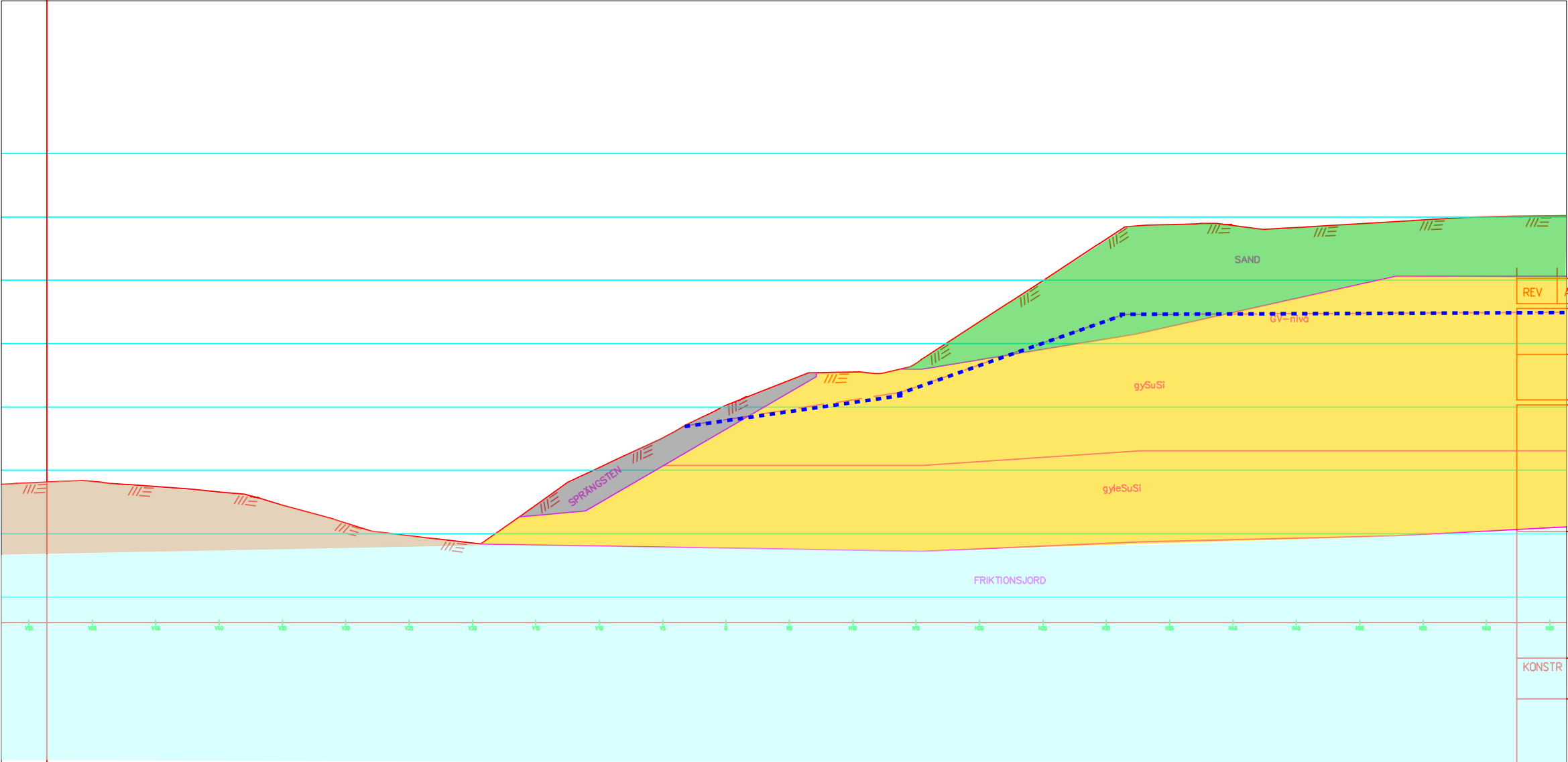
Lösjord (Lera/Silt)

Morän

Bra fyll, grov morän

Dy

Tolkad grundvattennivå



REV	ANT	ÄNDRINGEN AVSER		GODKÄND	DATUM

Bilaga 2 – Stabilitetsberäkningar

31 sidor

Bilagan tillhör handling PM Geoteknik, Fördjupad utredning Umeälven, daterad 2025-11-30

Innehåll

Innehåll/Del	Sida
Sektion 0/500	2-5
Sektion 0/600	6-13
Sektion 0/880	14-19
Sektion 0/920	20-25
Sektion 1/020	26-31

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

Sektion 0/500
1.1 Dränerad analys

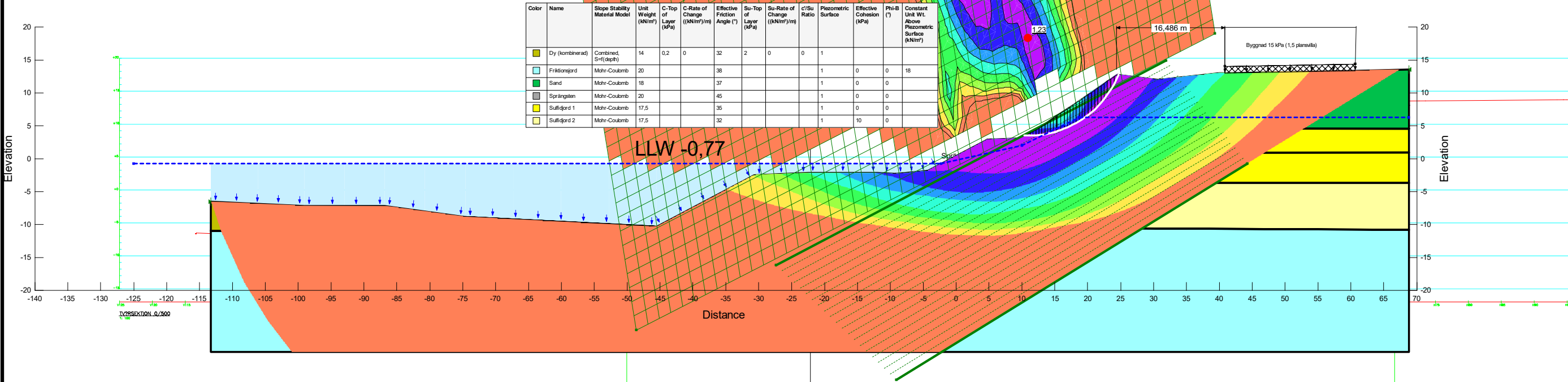
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Laster:
Surcharge (Unit Weight): 15 kN/m³

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-27

Övrigt:

F = 1,23



Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

Sektion 0/500
1.2 Dränerad analys, lägre friktionsvinkel sand

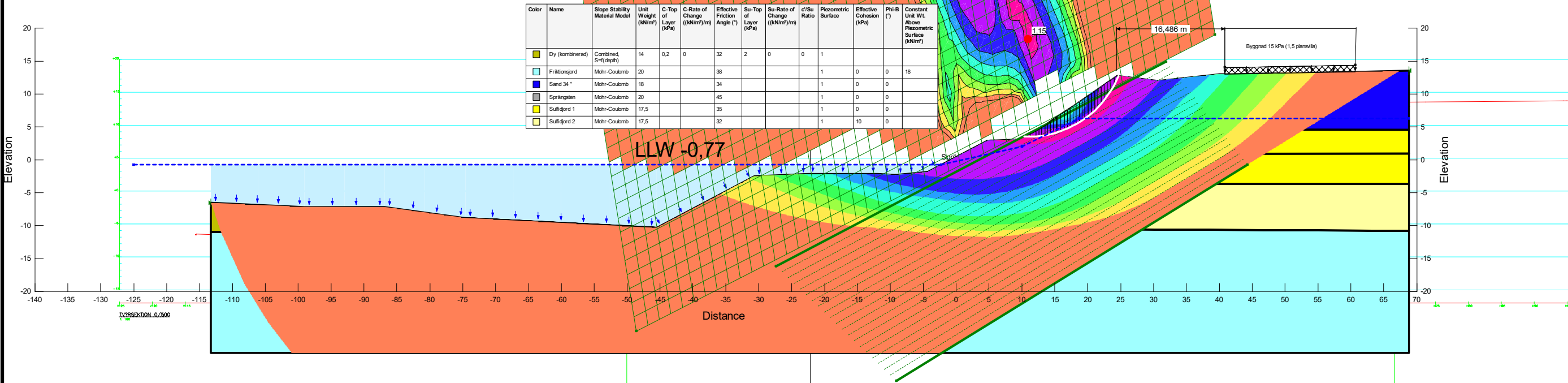
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Laster:
Surcharge (Unit Weight): 15 kN/m³

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-27

Övrigt:

F = 1,15



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

Sektion 0/500
1.3 Dränerad analys, högre portryck

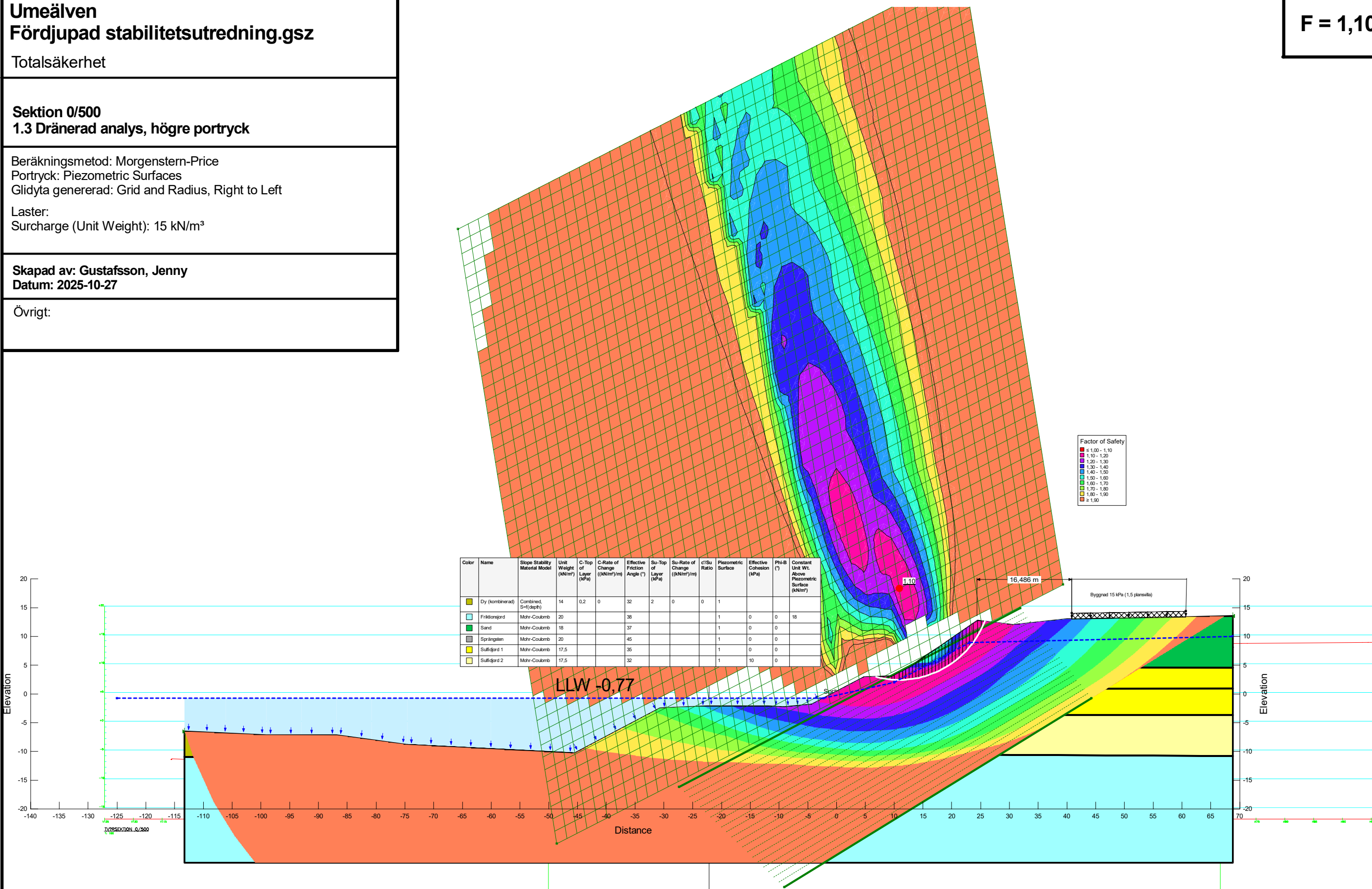
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Laster:
Surcharge (Unit Weight): 15 kN/m³

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-27

Övrigt:

F = 1,10



Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

Sektion 0/500
1.4 Dränerad analys, lägre friktionsvinkel sulfidjord

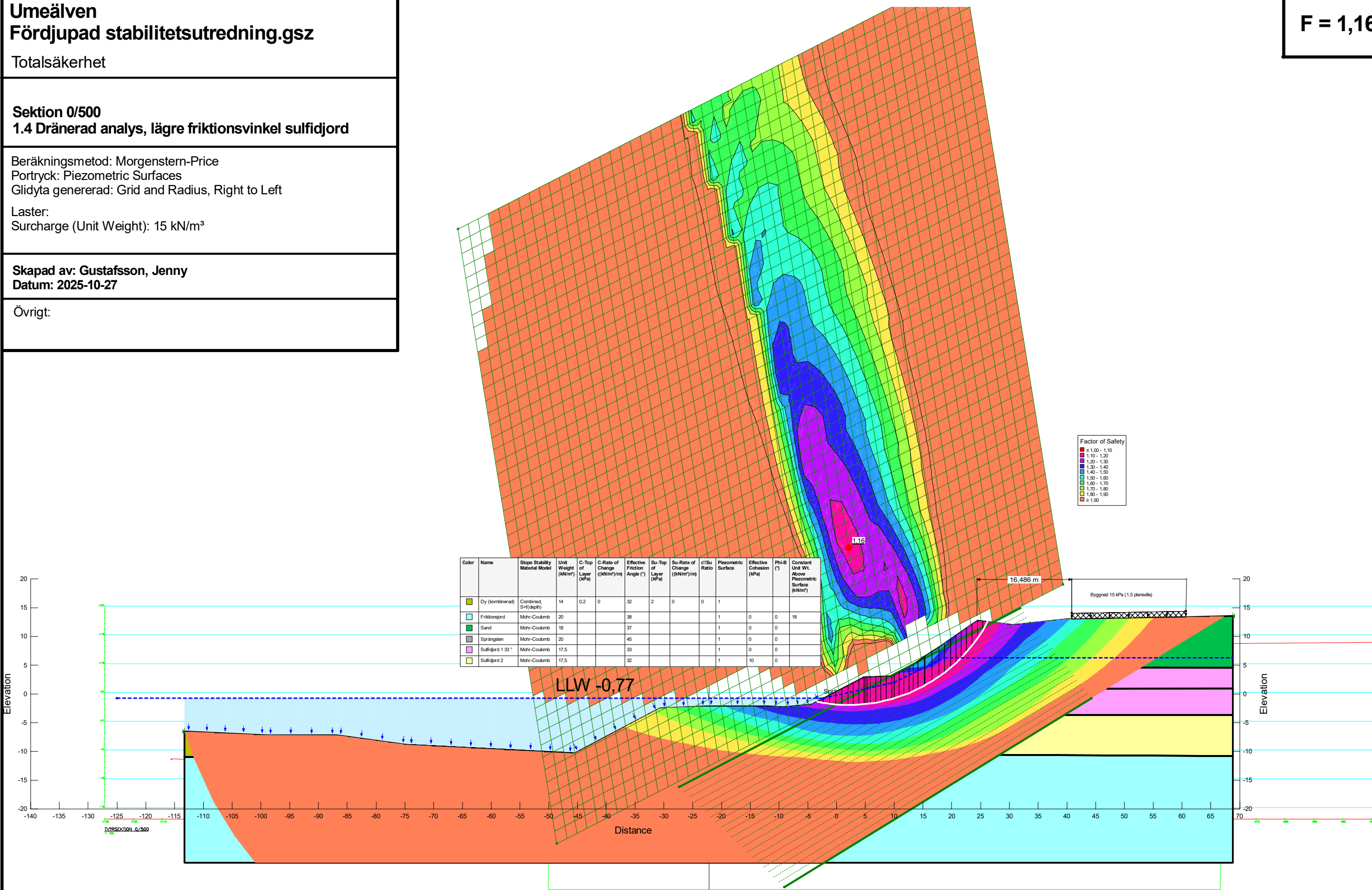
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Laster:
Surcharge (Unit Weight): 15 kN/m³

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-27

Övrigt:

F = 1,16



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

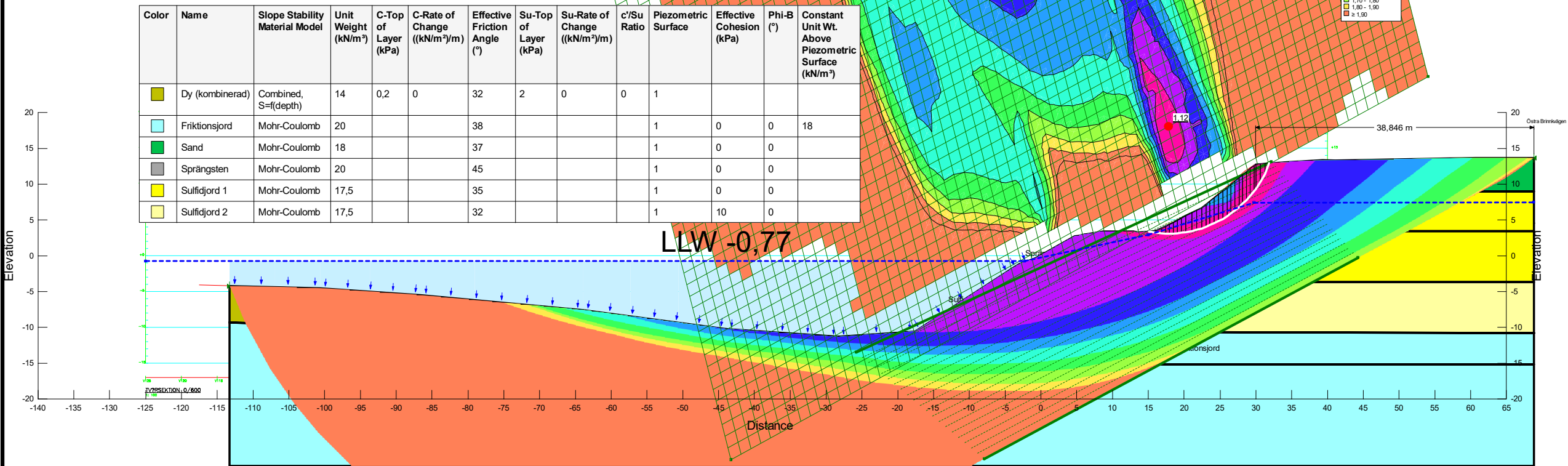
Sektion 0/600
2.1 Dränerad analys

Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-27

Övrigt:

F = 1,12



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

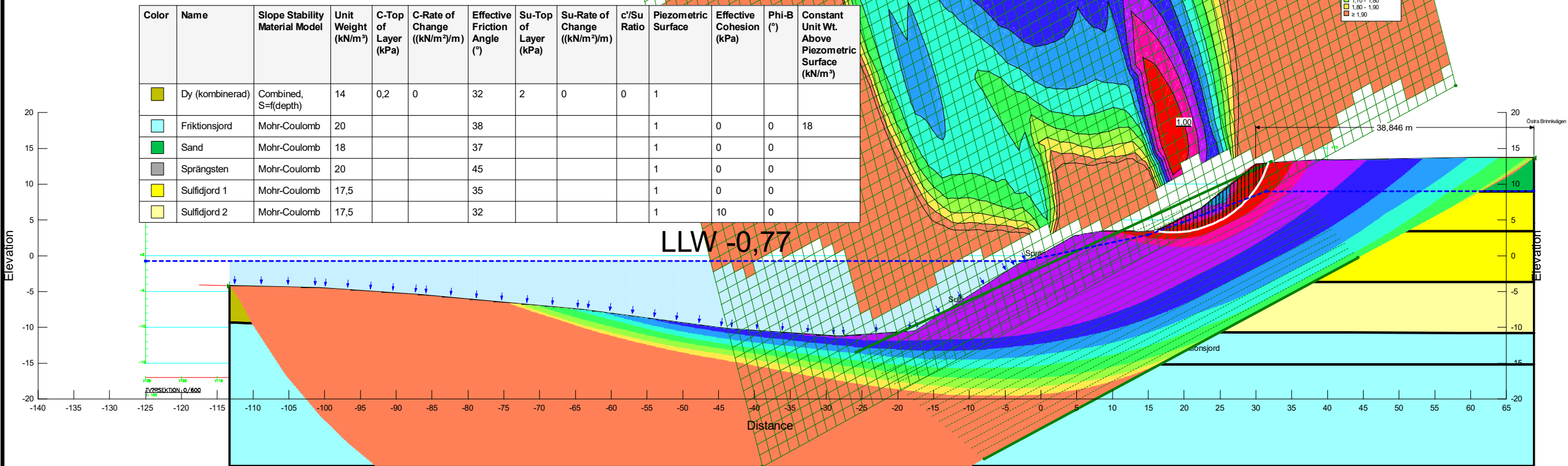
Sektion 0/600
2.2 Dränerad analys, högre portryck

Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-27

Övrigt:

F = 1,00



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

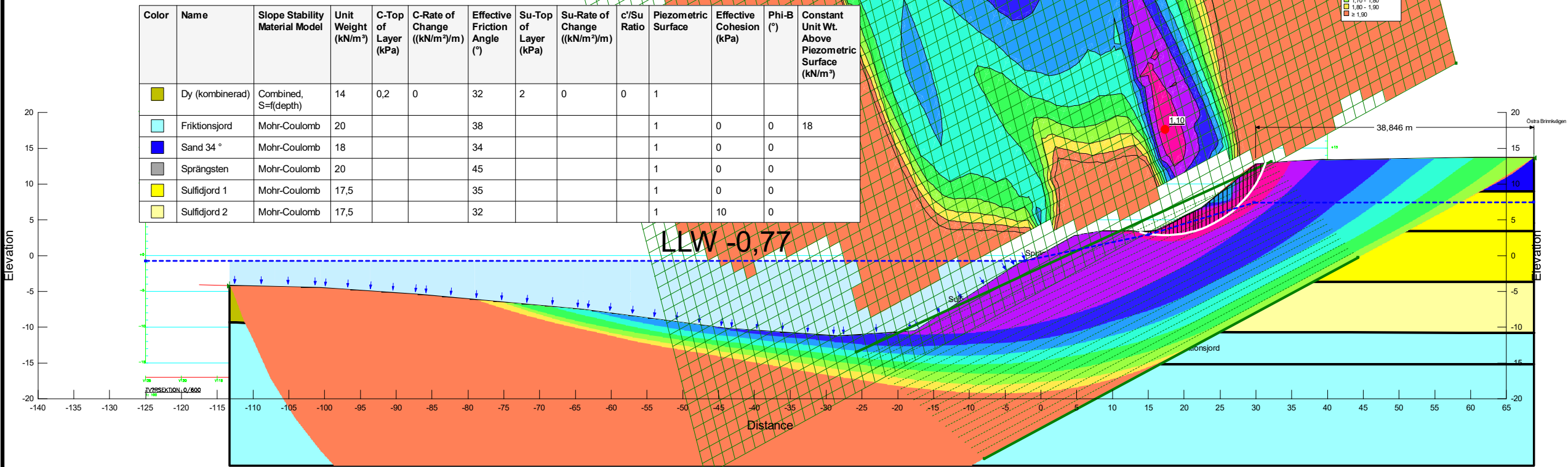
Sektion 0/600
2.3 Dränerad analys, lägre friktionsvinkel sand

Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-27

Övrigt:

F = 1,10



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven

Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

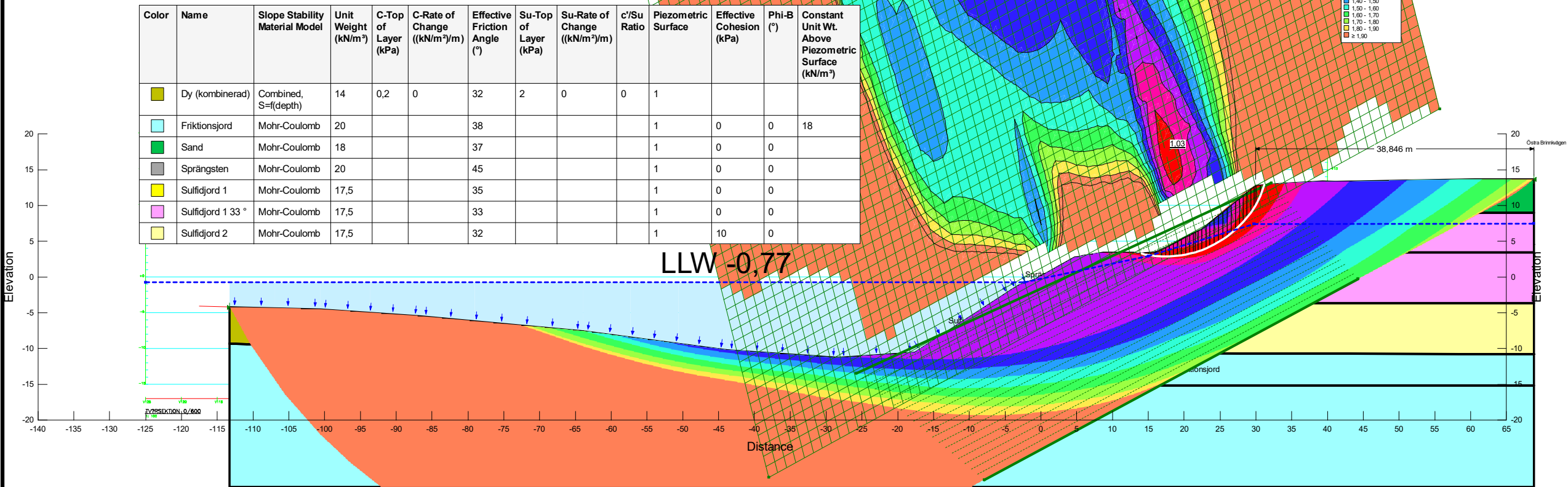
Sektion 0/600
2.4 Dränerad analys, lägre friktionsvinkel sulfidjord

Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-27

Övrigt:

F = 1,03



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven

Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

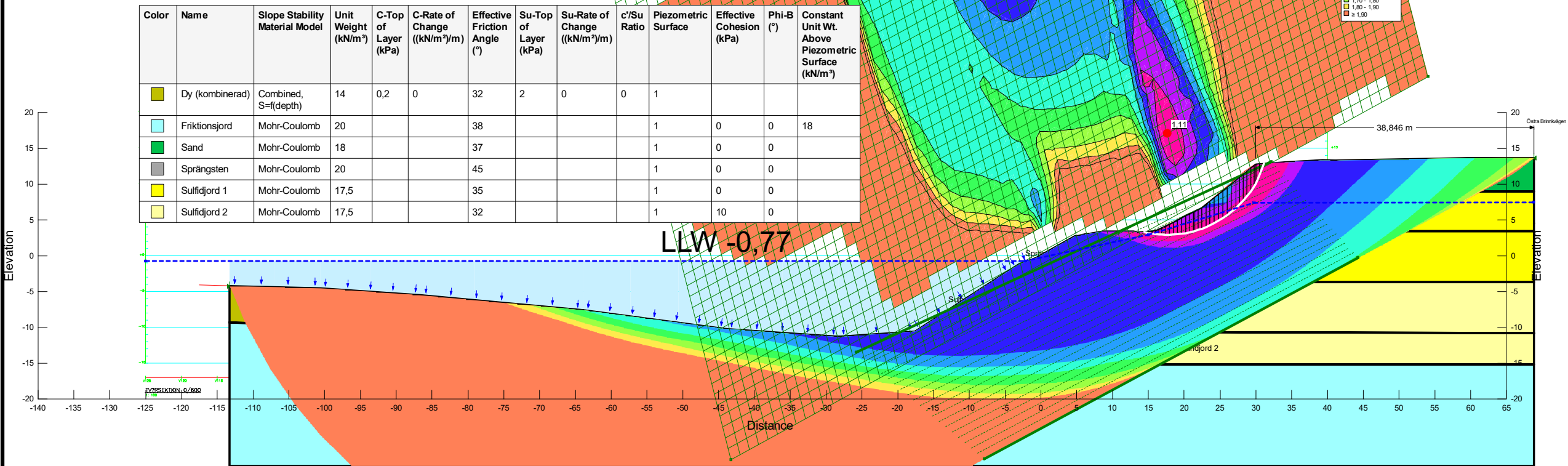
Sektion 0/600
2.5 Dränerad analys, djupare sulfidjord

Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-31

Övrigt:

F = 1,11



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

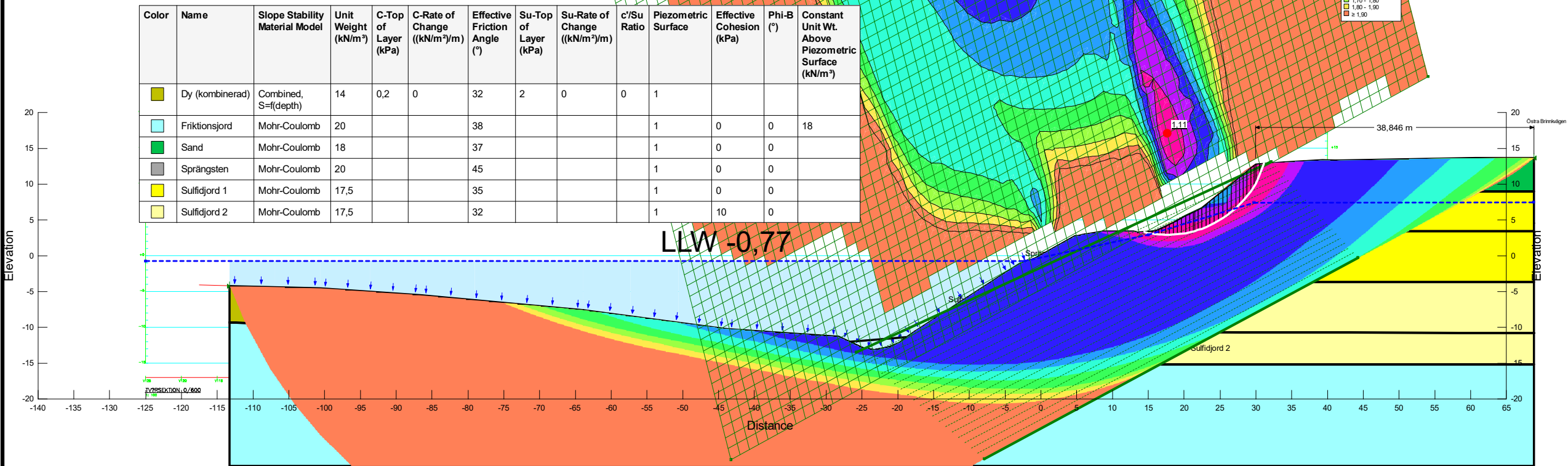
Sektion 0/600 (2)
2.6 Dränerad analys, erosion i släntfot (2)

Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-31

Övrigt:

F = 1,11



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven

Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

Sektion 0/600 avschaktning

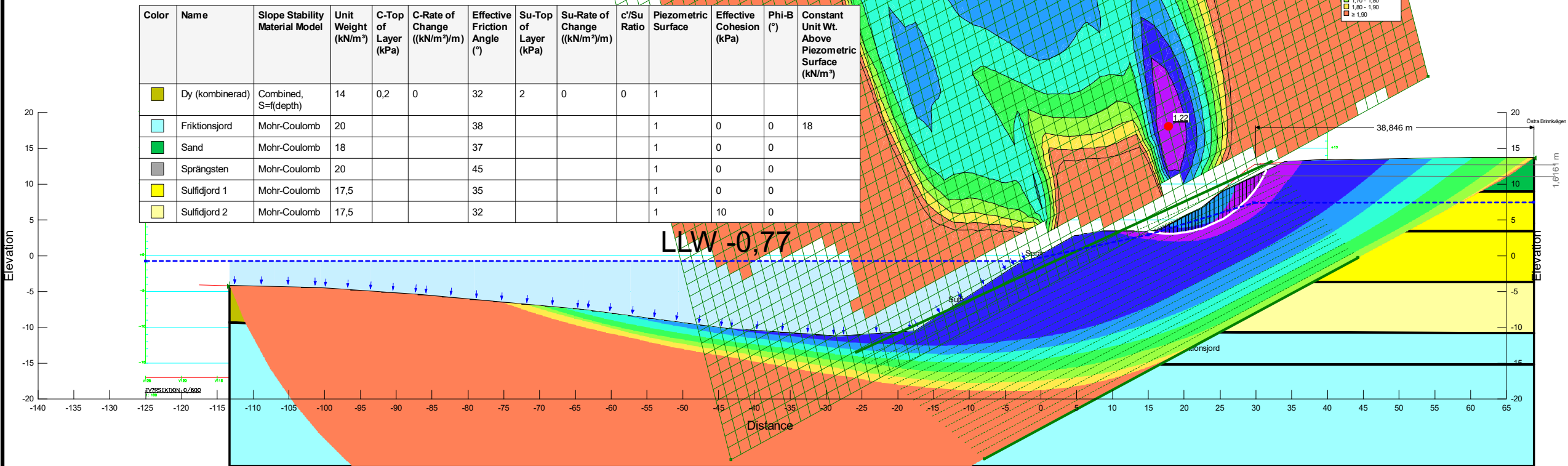
2.7 Dränerad analys, avschaktning

Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-31

Övrigt:

F = 1,22



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

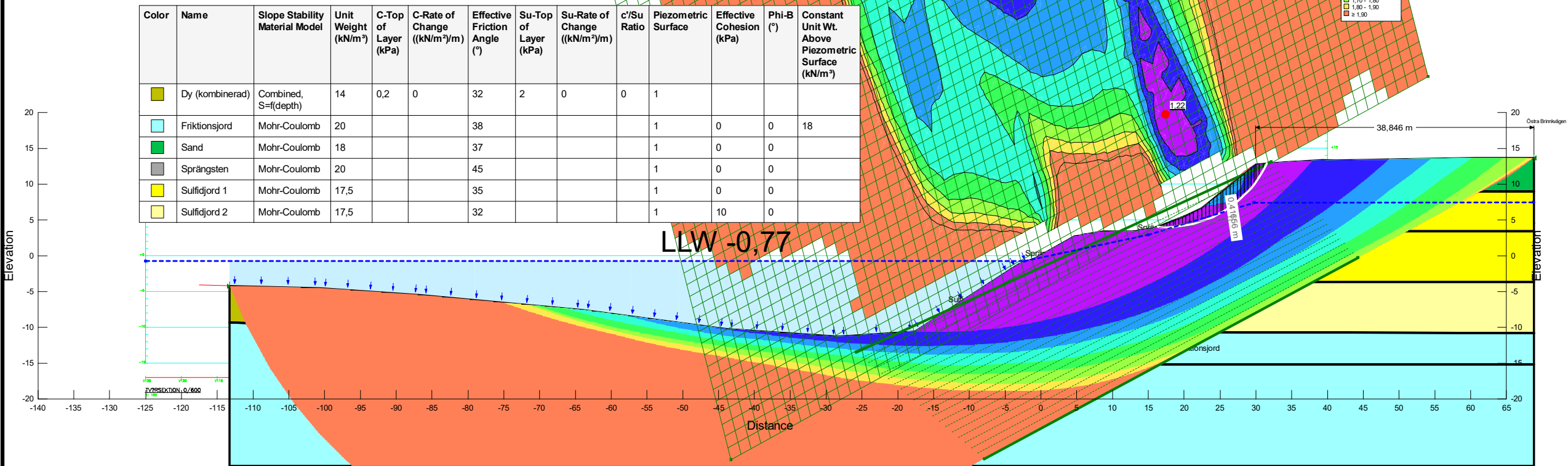
Sektion 0/600 motfyll
2.8 Dränerad analys, motfyll

Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-31

Övrigt:

F = 1,22



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

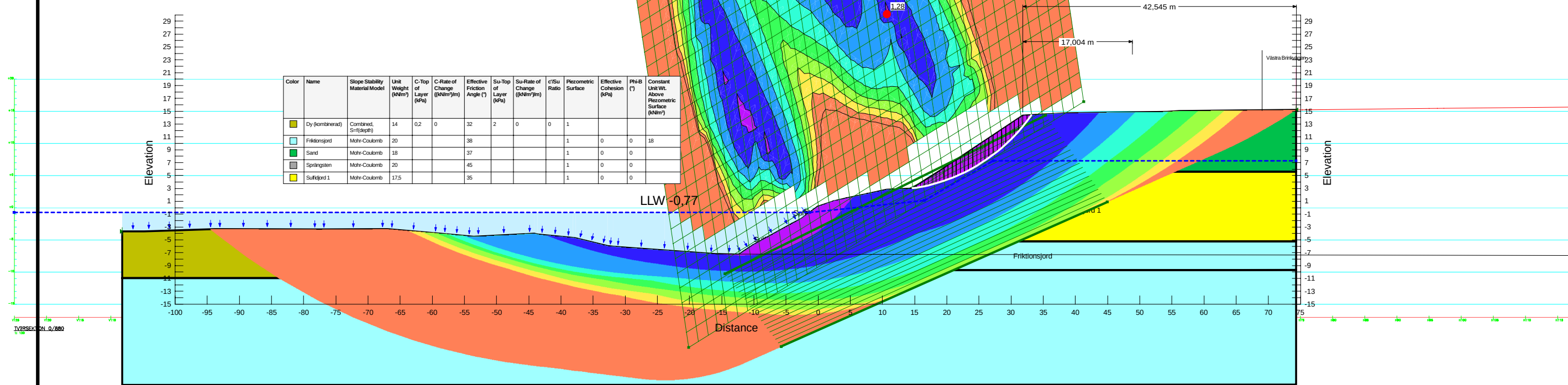
Sektion 0/880
3.1 Dränerad analys

Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-31

Övrigt:

F = 1,28



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

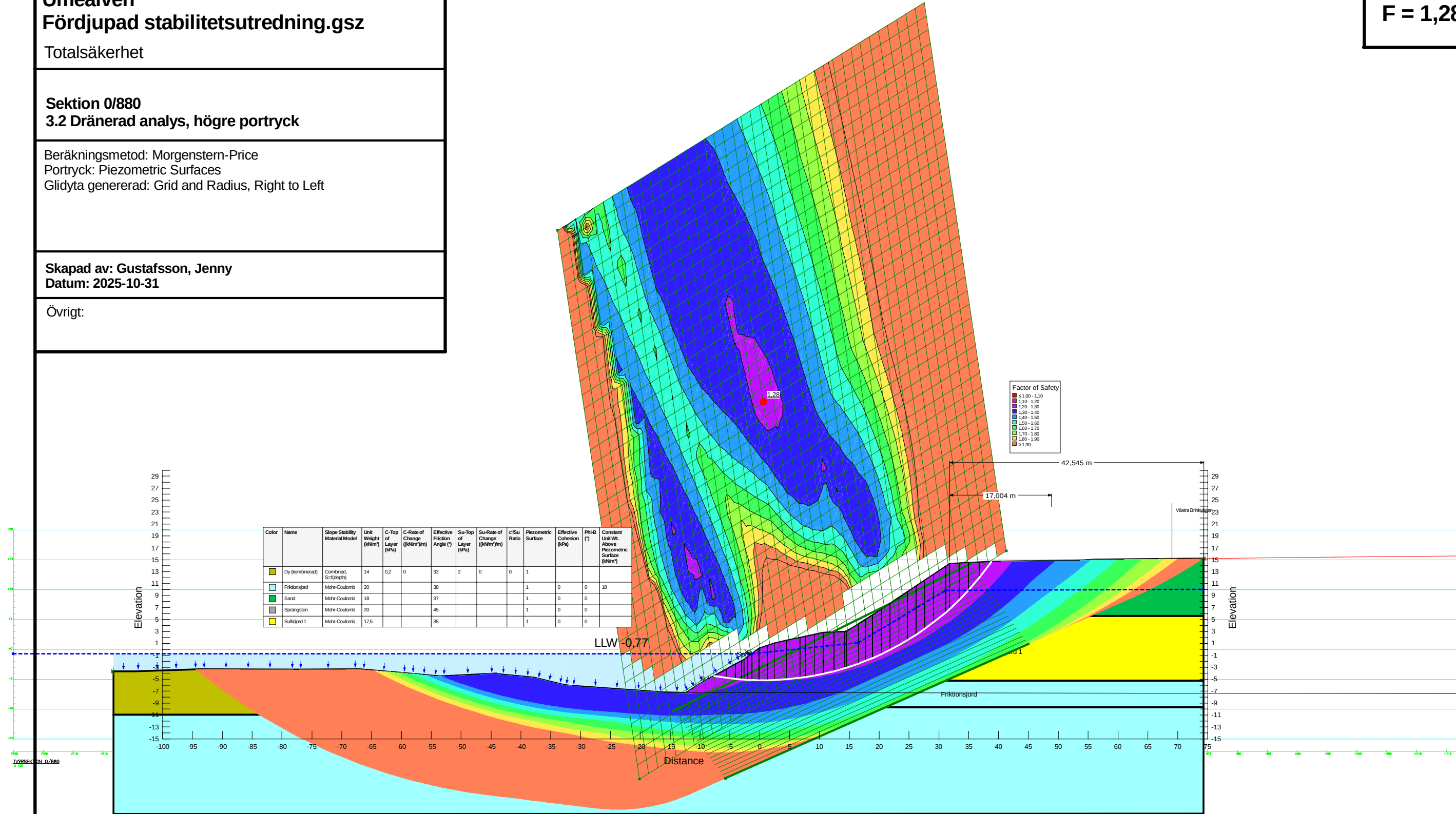
Sektion 0/880
3.2 Dränerad analys, högre porttryck

Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-31

Övrigt:

F = 1,28



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

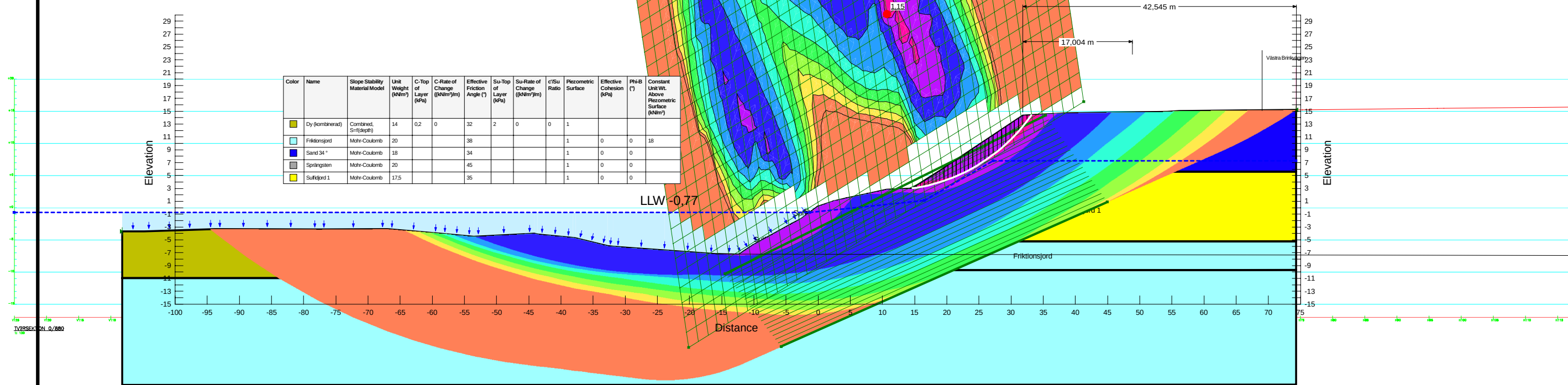
Sektion 0/880
3.3 Dränerad analys, lägre friktionsvinkel sand

Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-31

Övrigt:

F = 1,15



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

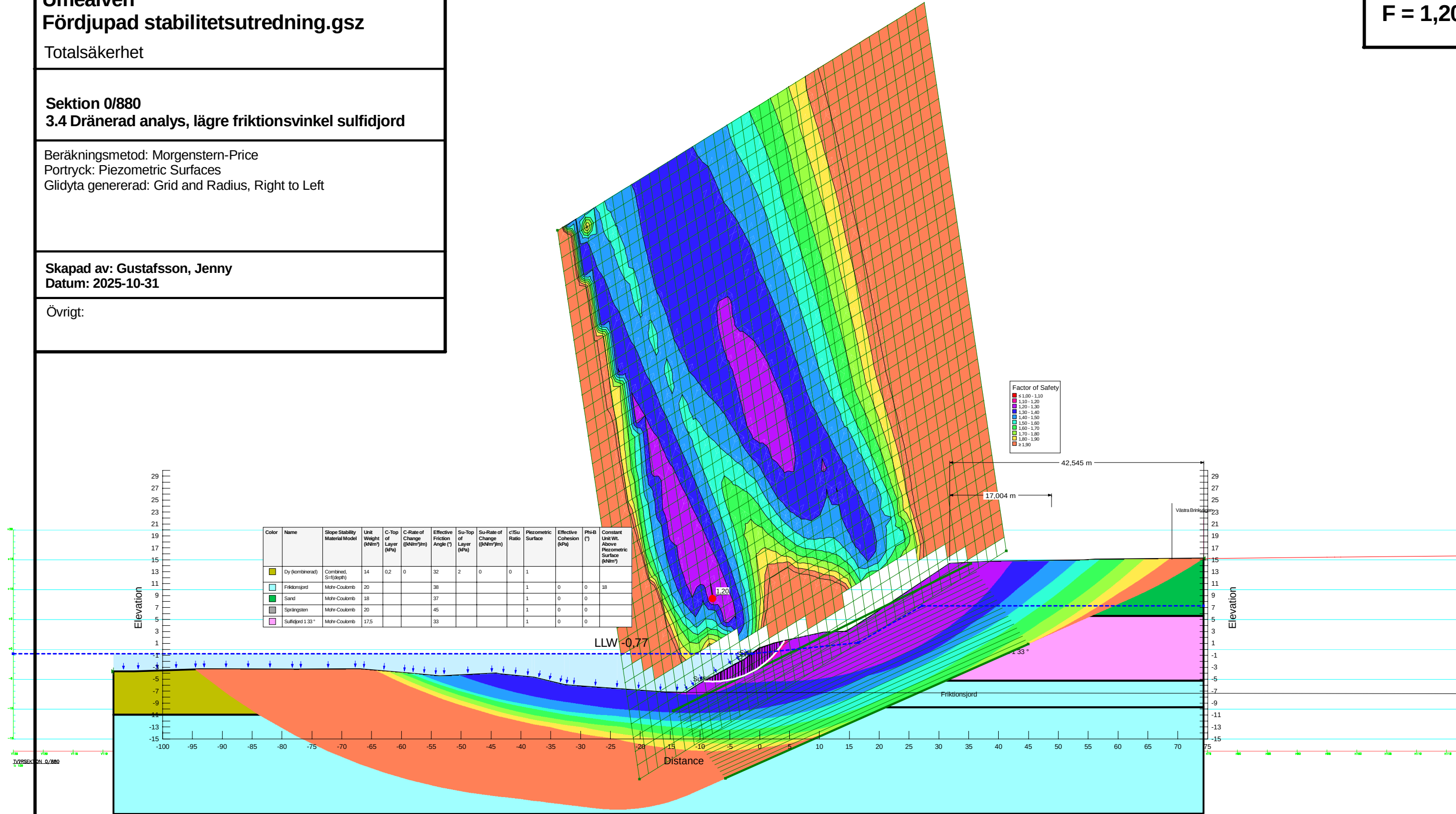
Sektion 0/880
3.4 Dränerad analys, lägre friktionsvinkel sulfidjord

Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-31

Övrigt:

F = 1,20



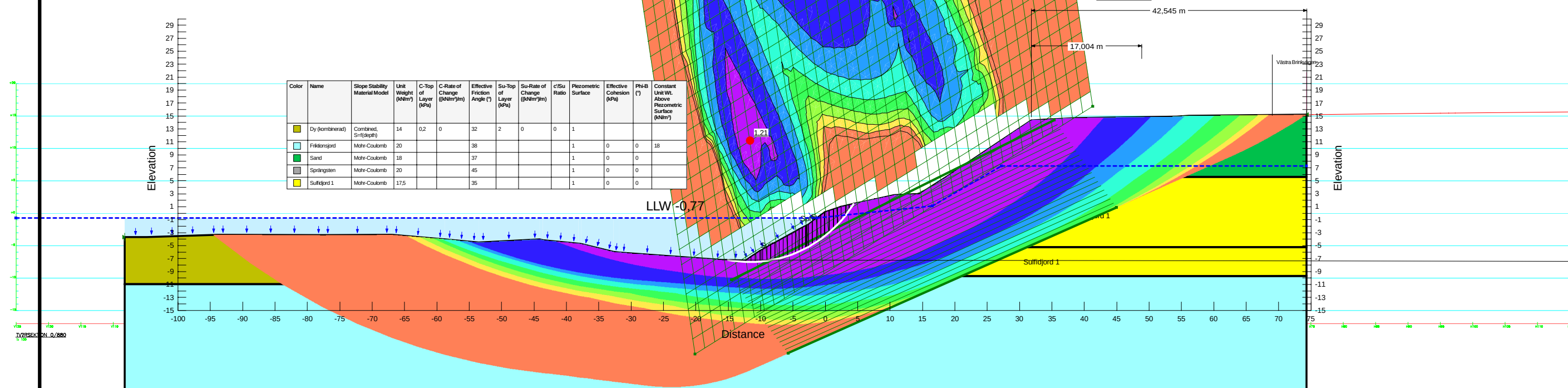
F = 1,21

Sektion 0/880

3.5 Dränerad analys, djupare sulfidjord

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-31

Övrigt:



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

Sektion 0/880

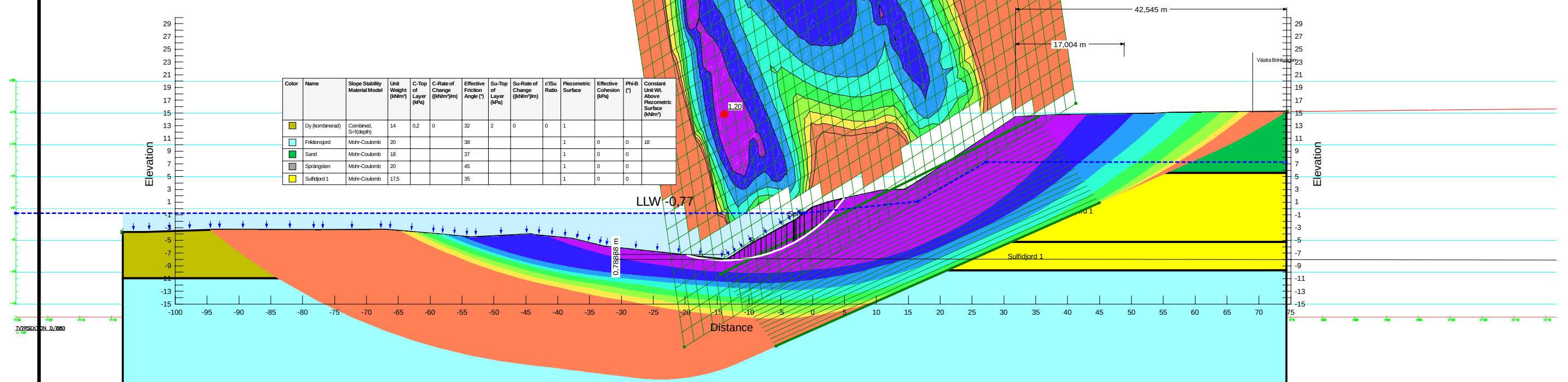
3.6 Dränerad analys, erosion i slänthot

Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
 Portryck: Piezometric Surfaces
 Glidryta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-31

Övrigt:

F = 1,20



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

Sektion 0/920
4.1 Dränerad analys

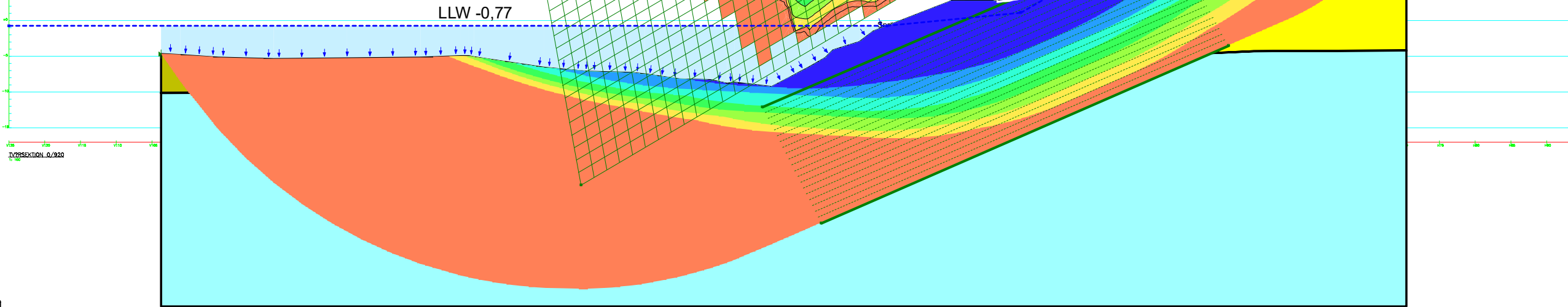
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Bergliv, Elin
Datum: 2025-10-31

Övrigt:

F = 1,33

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Effective Friction Angle (°)	Su-Top of Layer (kPa)	Su-Rate of Change ((kN/m²)/m)	c'/Su Ratio	Piezometric Surface	Effective Cohesion (kPa)	Phi-B (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)
	Dy (kombinerad)	Combined, S=f(depth)	14	0,2	0	32	2	0	0	1			
	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20			38				1	0	0	18
	Sand	Mohr-Coulomb	18			37				1	0	0	
	Sprängsten	Mohr-Coulomb	20			45				1	0	0	
	Sulfidjord 1	Mohr-Coulomb	17,5			35				1	0	0	



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

Sektion 0/920
4.2 Dränerad analys, högre porttryck

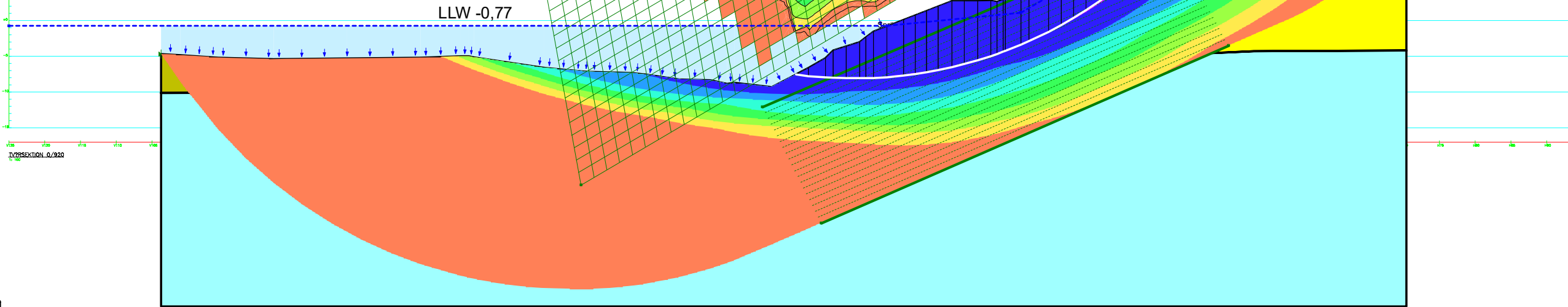
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Bergliv, Elin
Datum: 2025-10-31

Övrigt:

F = 1,29

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Effective Friction Angle (°)	Su-Top of Layer (kPa)	Su-Rate of Change ((kN/m²)/m)	c'/Su Ratio	Piezometric Surface	Effective Cohesion (kPa)	Phi-B (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)
	Dy (kombinerad)	Combined, S=f(depth)	14	0,2	0	32	2	0	0	1			
	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20			38				1	0	0	18
	Sand	Mohr-Coulomb	18			37				1	0	0	
	Sprängsten	Mohr-Coulomb	20			45				1	0	0	
	Sulfidjord 1	Mohr-Coulomb	17,5			35				1	0	0	



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

Sektion 0/920
4.3 Dränerad analys, lägre friktionvinkel sand

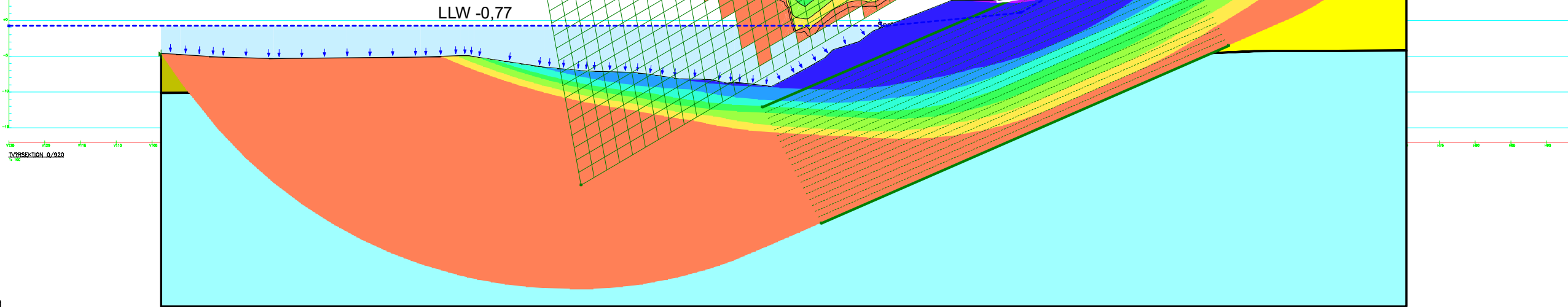
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Bergliv, Elin
Datum: 2025-10-31

Övrigt:

F = 1,19

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Effective Friction Angle (°)	Su-Top of Layer (kPa)	Su-Rate of Change ((kN/m²)/m)	c'/Su Ratio	Piezometric Surface	Effective Cohesion (kPa)	Phi-B (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)
■	Dy (kombinerad)	Combined, S=f(depth)	14	0,2	0	32	2	0	0	1			
■	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20			38				1	0	0	18
■	Sand 34 °	Mohr-Coulomb	18			34				1	0	0	
■	Sprängsten	Mohr-Coulomb	20			45				1	0	0	
■	Sulfidjord 1	Mohr-Coulomb	17,5			35				1	0	0	



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

Sektion 0/920
4.4 Dränerad analys, lägre friktionsvinkel sulfidjord

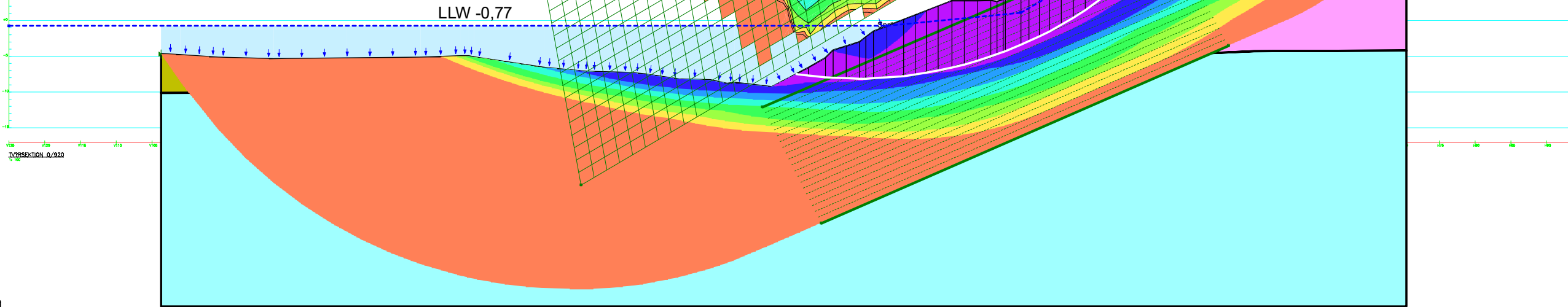
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Bergliv, Elin
Datum: 2025-10-31

Övrigt:

F = 1,26

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Effective Friction Angle (°)	Su-Top of Layer (kPa)	Su-Rate of Change ((kN/m²)/m)	c'/Su Ratio	Piezometric Surface	Effective Cohesion (kPa)	Phi-B (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)
■	Dy (kombinerad)	Combined, S=f(depth)	14	0,2	0	32	2	0	0	1			
■	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20			38				1	0	0	18
■	Sand	Mohr-Coulomb	18			37				1	0	0	
■	Sprängsten	Mohr-Coulomb	20			45				1	0	0	
■	Sulfidjord 1 33 °	Mohr-Coulomb	17,5			33				1	0	0	



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

Sektion 0/920
4.5 Dränerad analys, lägre djupare sulfidjord

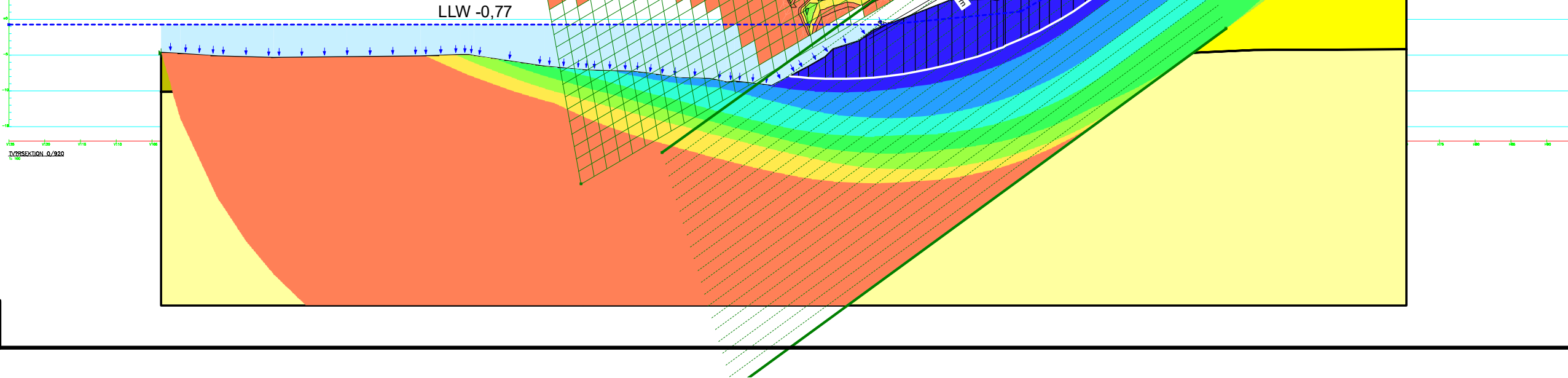
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-31

Övrigt:

F = 1,34

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Effective Friction Angle (°)	Su-Top of Layer (kPa)	Su-Rate of Change ((kN/m²)/m)	c/Su Ratio	Piezometric Surface	Effective Cohesion (kPa)	Phi-B (°)
	Dy (kombinerad)	Combined, S=f(depth)	14	0,2	0	32	2	0	0	1		
	Sand	Mohr-Coulomb	18			37				1	0	0
	Sprängsten	Mohr-Coulomb	20			45				1	0	0
	Sulfidjord 1	Mohr-Coulomb	17,5			35				1	0	0
	Sulfidjord 2	Mohr-Coulomb	17,5			32				1	10	0



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

Sektion 0/920
4.6 Dränerad analys, erosion i släntfot

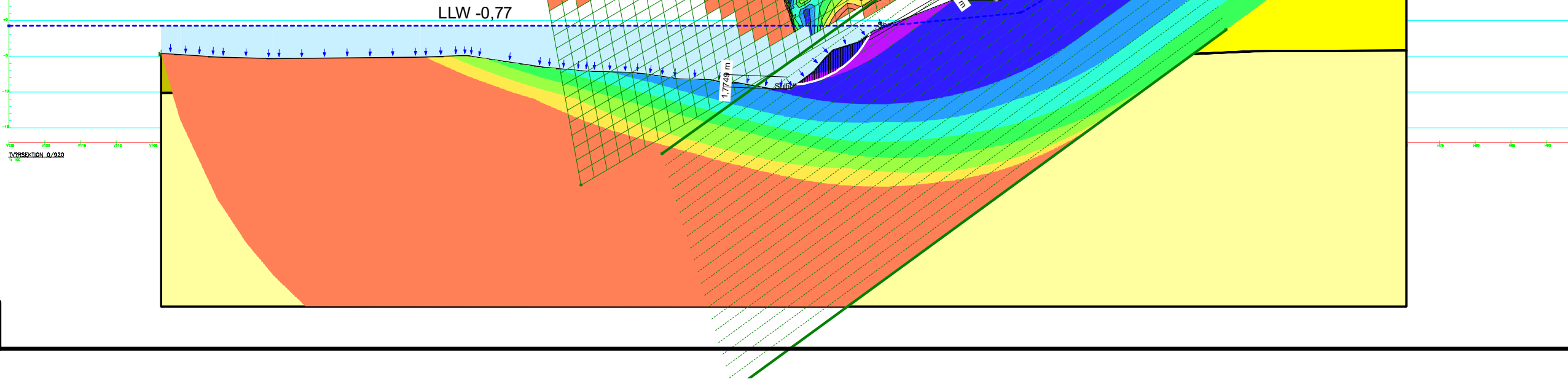
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-31

Övrigt:

F = 1,20

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Effective Friction Angle (°)	Su-Top of Layer (kPa)	Su-Rate of Change ((kN/m²)/m)	c/Su Ratio	Piezometric Surface	Effective Cohesion (kPa)	Phi-B (°)
■	Dy (kombinerad)	Combined, S=f(depth)	14	0,2	0	32	2	0	0	1		
■	Sand	Mohr-Coulomb	18			37				1	0	0
■	Sprängsten	Mohr-Coulomb	20			45				1	0	0
■	Sulfidjord 1	Mohr-Coulomb	17,5			35				1	0	0
■	Sulfidjord 2	Mohr-Coulomb	17,5			32				1	10	0



Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

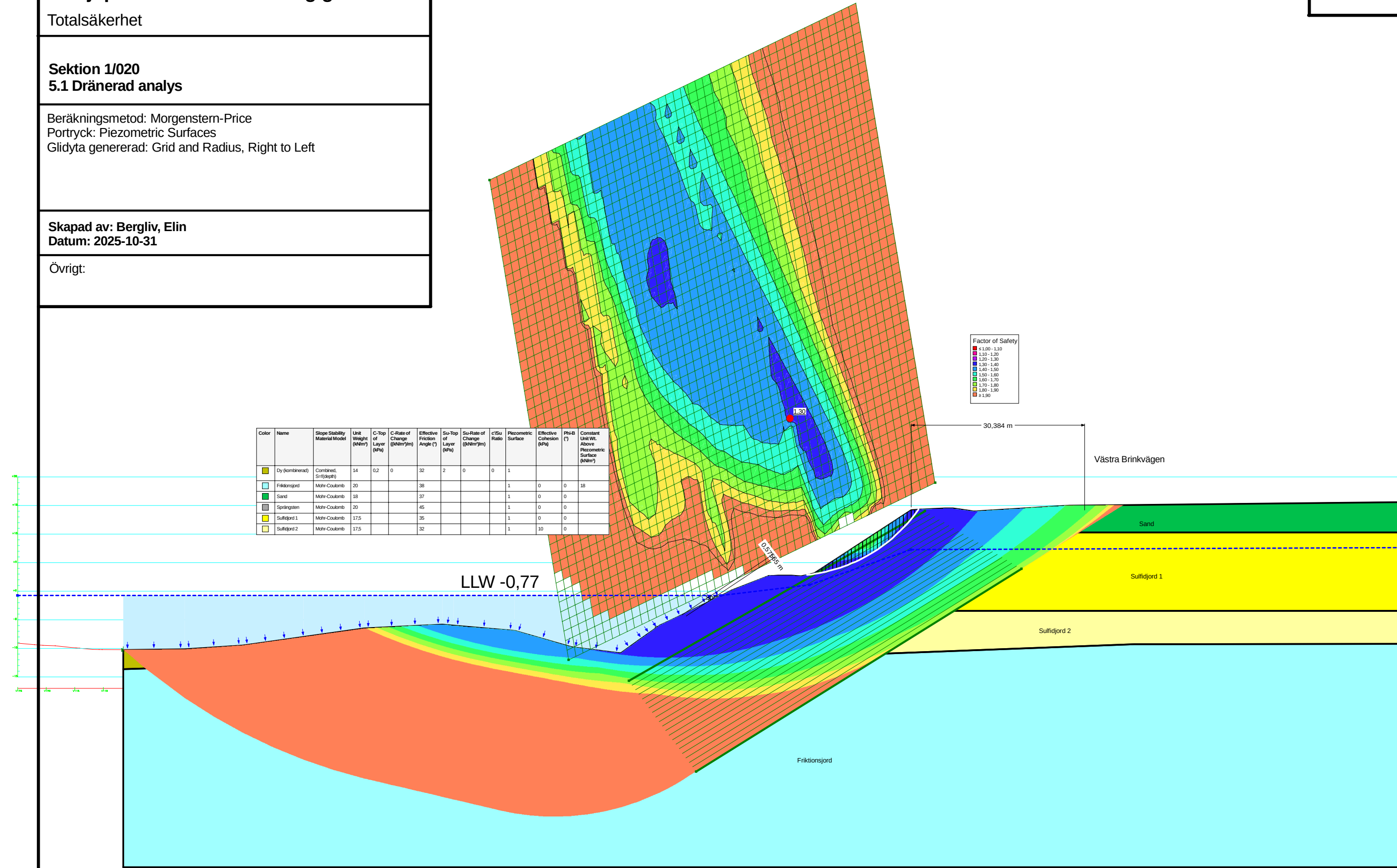
Sektion 1/020
5.1 Dränerad analys

Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Bergliv, Elin
Datum: 2025-10-31

Övrigt:

F = 1,30



Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

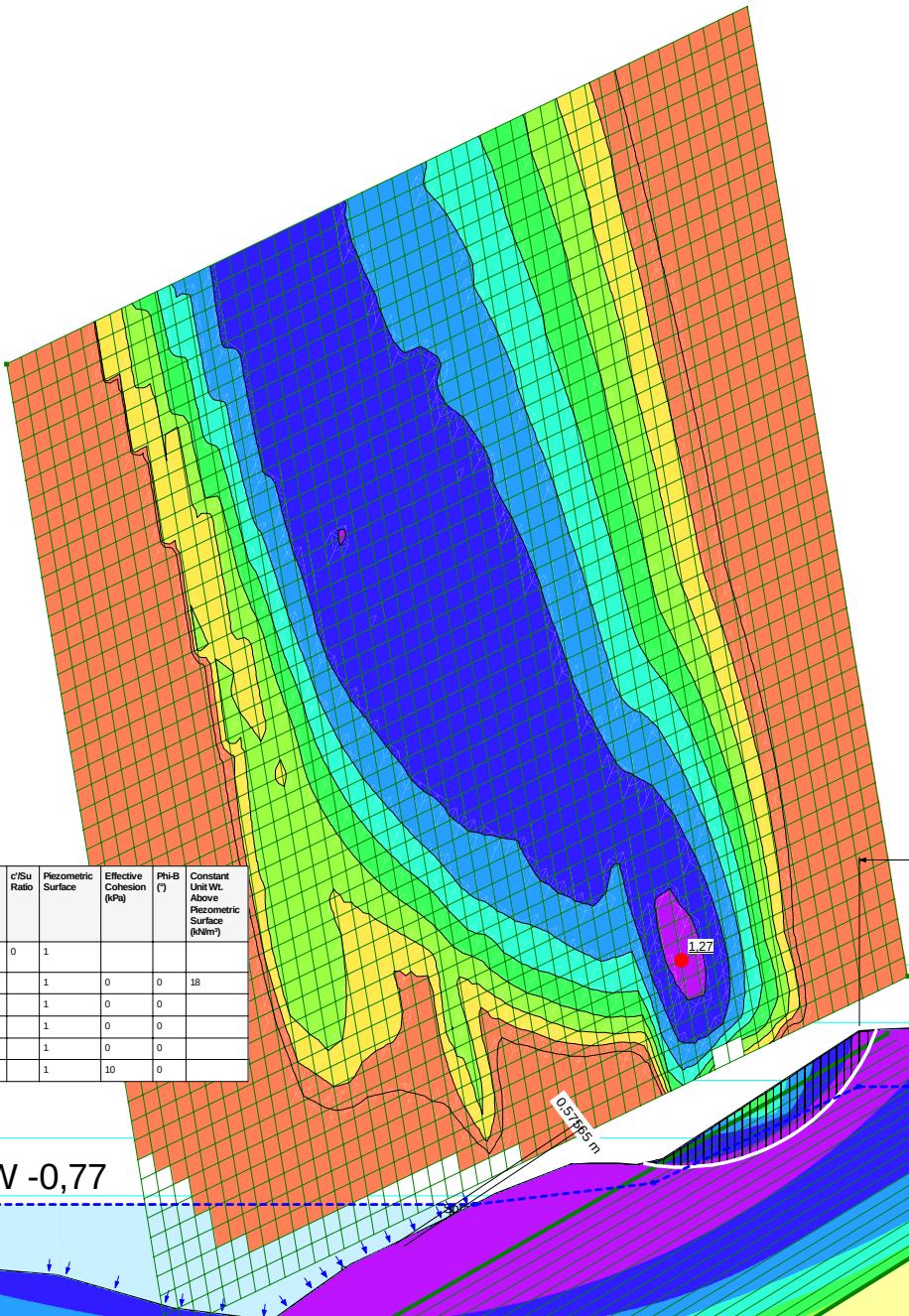
Sektion 1/020
5.2 Dränerad analys, högre porttryck

Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-31

Övrigt:

F = 1,27



Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change (kN/m³/m)	Effective Friction Angle (°)	Su-Top of Layer (kPa)	Su-Rate of Change (kN/m³/m)	c'/Su Ratio	Piezometric Surface	Effective Cohesion (kPa)	Phi-B (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)
■	Dy (kombinerad)	Combined, S=1(depth)	14	0,2	0	32	2	0	0	1			
■	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20			38				1	0	0	18
■	Sand	Mohr-Coulomb	18			37				1	0	0	
■	Springsten	Mohr-Coulomb	20			45				1	0	0	
■	Sulfidjord 1	Mohr-Coulomb	17,5			35				1	0	0	
■	Sulfidjord 2	Mohr-Coulomb	17,5			32				1	10	0	

LLW -0,77

Västra Brinkvägen

Sand

Sulfidjord 1

Sulfidjord 2

Friktionsjord

Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

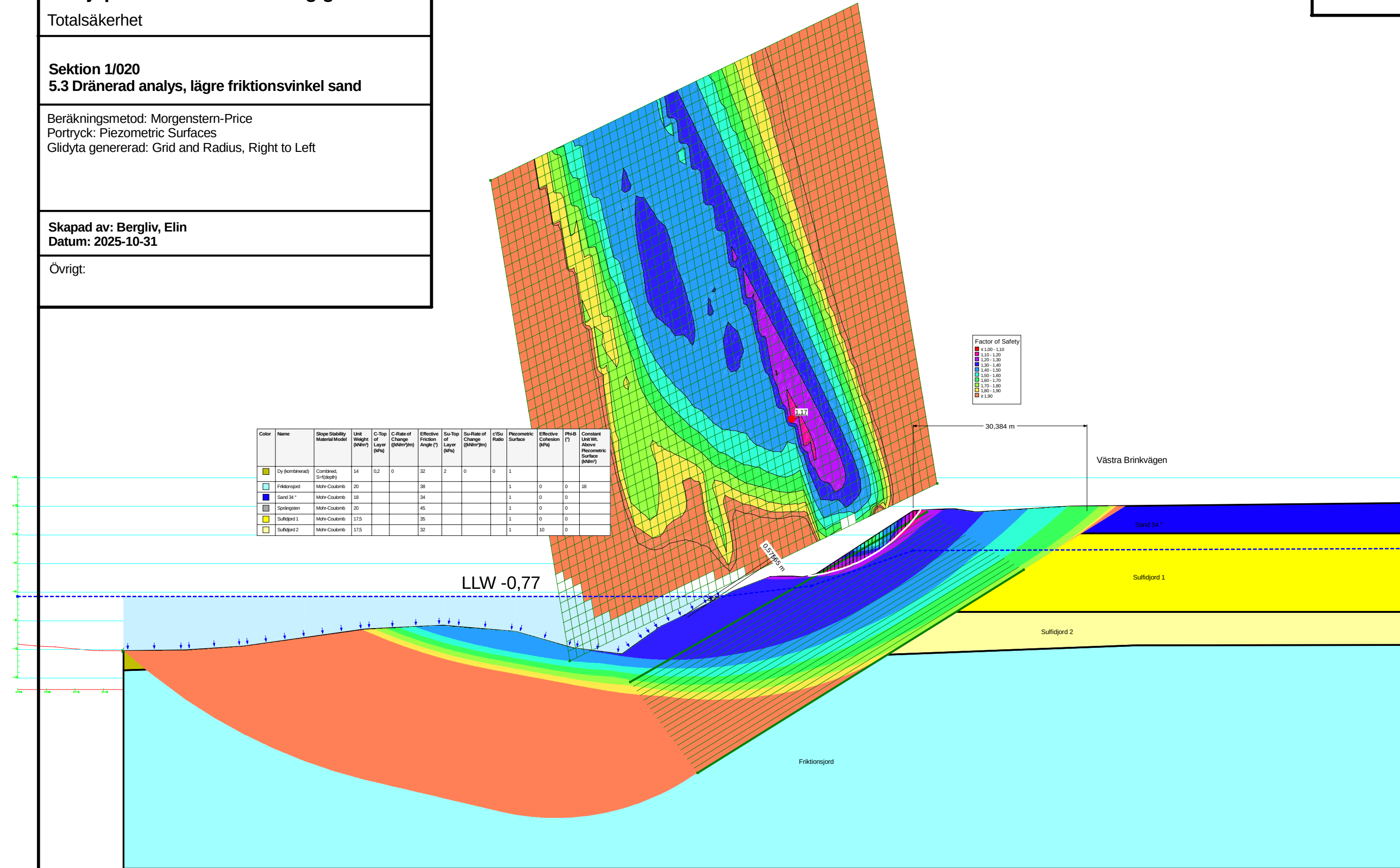
Sektion 1/020
5.3 Dränerad analys, lägre friktionsvinkel sand

Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Bergliv, Elin
Datum: 2025-10-31

Övrigt:

F = 1,17



Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change (kN/m³/m)	Effective Friction Angle (°)	Su-Top of Layer (kPa)	Su-Rate of Change (kN/m³/m)	c'/Su Ratio	Piezometric Surface	Effective Cohesion (kPa)	Phi-B (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)
■	Dy (kombinerad)	Combined, S=1(depth)	14	0,2	0	32	2	0	0	1			
■	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20			38				1	0	0	18
■	Sand 34 *	Mohr-Coulomb	18			34				1	0	0	
■	Springsten	Mohr-Coulomb	20			45				1	0	0	
■	Sulfidjord 1	Mohr-Coulomb	17,5			35				1	0	0	
■	Sulfidjord 2	Mohr-Coulomb	17,5			32				1	10	0	

Skala: 1:600 (A3)

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

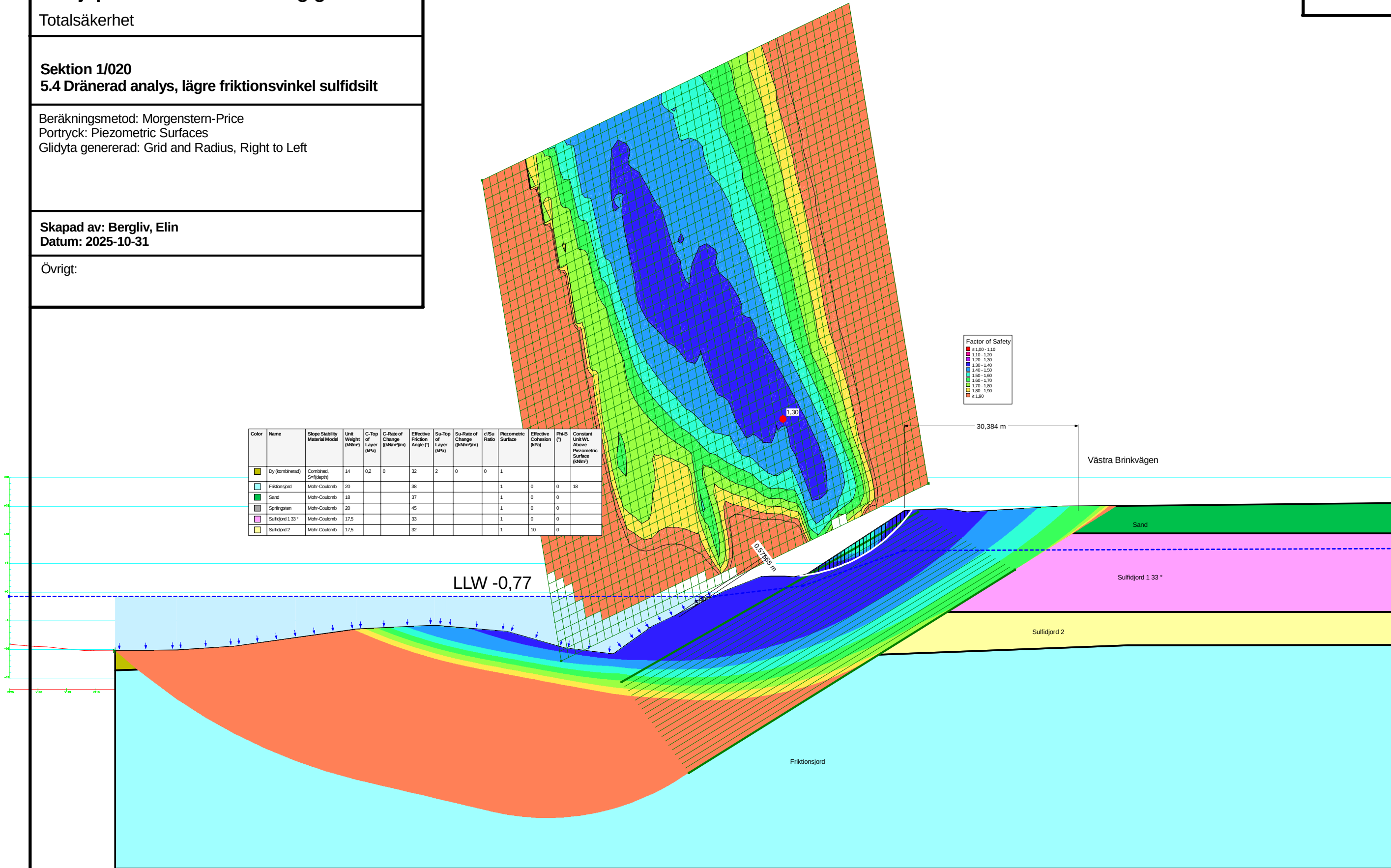
Sektion 1/020
5.4 Dränerad analys, lägre friktionsvinkel sulfidsilt

Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

Skapad av: Bergliv, Elin
Datum: 2025-10-31

Övrigt:

F = 1,30



Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change (kN/m³/m)	Effective Friction Angle (°)	Su-Top of Layer (kPa)	Su-Rate of Change (kN/m³/m)	c'/Su Ratio	Piezometric Surface	Effective Cohesion (kPa)	Phi-B (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)
■	Dy (kombinerad)	Combined, S=1(depth)	14	0,2	0	32	2	0	0	1			
■	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20			38				1	0	0	18
■	Sand	Mohr-Coulomb	18			37				1	0	0	
■	Springsten	Mohr-Coulomb	20			45				1	0	0	
■	Sulfidjord 1 33 °	Mohr-Coulomb	17,5			33				1	0	0	
■	Sulfidjord 2	Mohr-Coulomb	17,5			32				1	10	0	

Umeälven
Fördjupad stabilitetsutredning.gsz

Totalsäkerhet

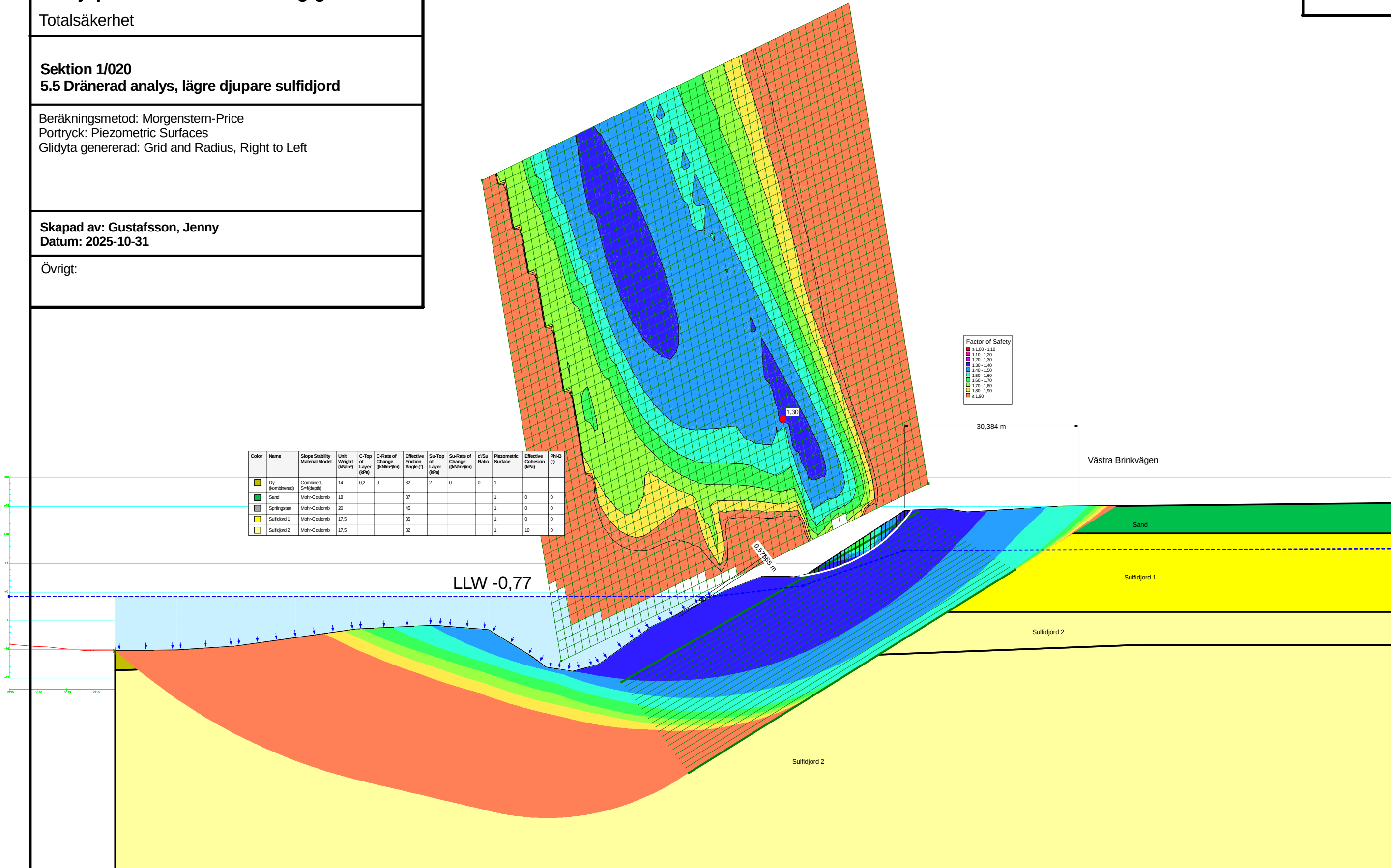
Sektion 1/020
5.5 Dränerad analys, lägre djupare sulfidjord

Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Surfaces
Glidyta genererad: Grid and Radius, Right to Left

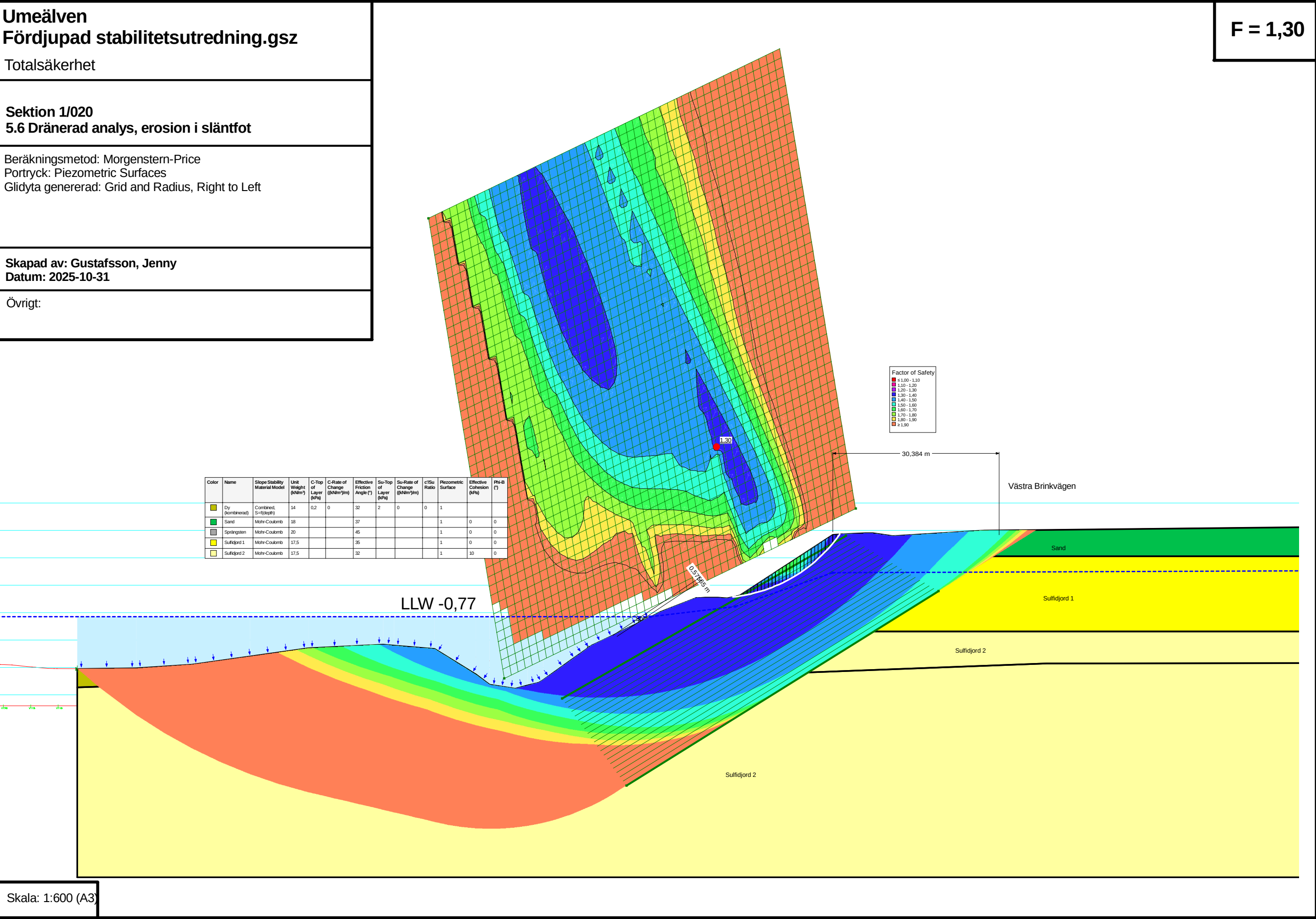
Skapad av: Gustafsson, Jenny
Datum: 2025-10-31

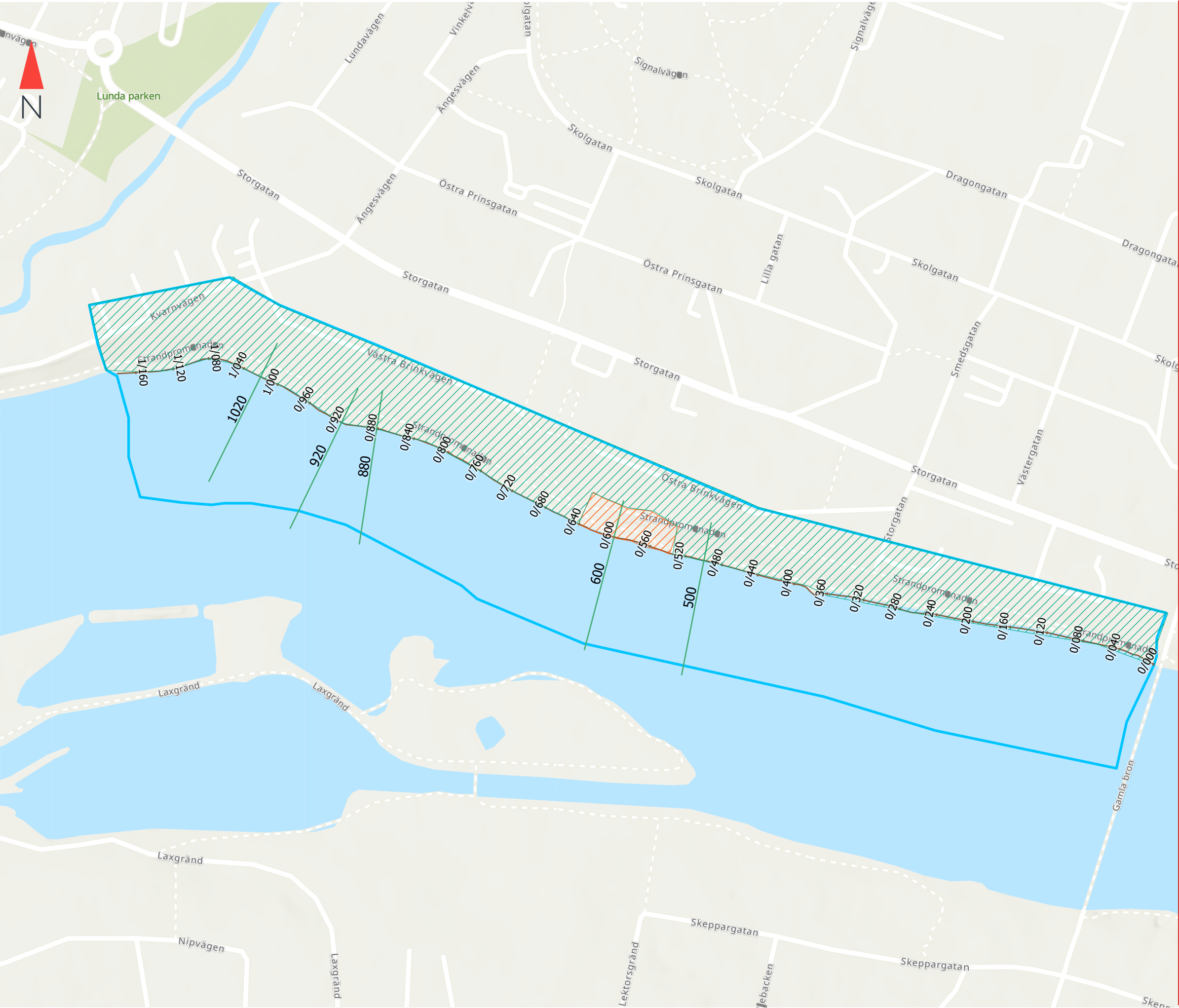
Övrigt:

F = 1,30



Skala: 1:600 (A3)

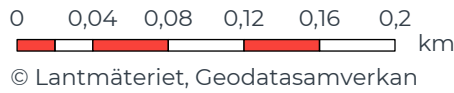




Umeälven stabilitetsutredningar 2025

Datum: 2025-11-21

Skala (A3):1:4 000



Teckenförklaring

Bedömning stabilitet

Bedomning

-  Ej tillfredsställande
-  Tillfredsställande stabilitet

Utredningsnivå

Niva

-  Fördjupad
-  Detaljerad
-  Längdmatning
-  Sektioner

OBS! Schematisk illustration, linjerna är ej exakta.

