

# Infrahubs

Detaljplan Låddekärresbu 1:11 m.fl, Bollebygd

## PM Geoteknik



|                             |            |                          |
|-----------------------------|------------|--------------------------|
| Datum: 2025-06-13           | Rev. datum | Uppdragsnummer: 5003423  |
| Upprättad av: Anton Laitila |            | Granskad av: Håkan Rosén |



## ADMINISTRATIVA UPPGIFTER

UPPDRAGSNAMN: Låddekärrsbu 1:11 m.fl.  
PM Geoteknik

UPPDRAGSNUMMER: 5003423  
UPPRÄTTAD DATUM: 2025-06-13  
REVIDERAD DATUM: -

BESTÄLLARE: Infrahubs  
BESTÄLLARENS OMBUD: Hans Bengtsson

KONSULT: Mitta AB  
  
Organisationsnummer:  
556676-6647  
  
Projektledare:  
Anton Laitila  
  
Handläggande geotekniker:  
Anton Laitila  
  
Granskare:  
Håkan Rosén

## INNEHÅLL

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>BAKGRUND .....</b>                       | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>UPPDRAG OCH SYFTE .....</b>              | <b>5</b>  |
| <b>3</b> | <b>UNDERLAG .....</b>                       | <b>5</b>  |
| <b>4</b> | <b>STYRANDE DOKUMENT .....</b>              | <b>6</b>  |
| <b>5</b> | <b>MARKFÖRHÅLLANDEN .....</b>               | <b>7</b>  |
| 5.1      | TOPOGRAFI OCH YTBEKÄFFENHET .....           | 7         |
| 5.2      | GEOLOGI.....                                | 7         |
| 5.3      | FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR SKRED .....             | 7         |
| 5.4      | JORDLAGERFÖLJD.....                         | 8         |
| 5.5      | GRUNDVATTEN .....                           | 8         |
| <b>6</b> | <b>STABILITETSANALYS .....</b>              | <b>9</b>  |
| 6.1      | ALLMÄNT .....                               | 9         |
| 6.2      | BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR .....             | 10        |
| 6.3      | VALDA VÄRDEN FÖR MATERIALPARAMETRAR .....   | 12        |
| 6.4      | ÖVRIGA ANTAGANDEN .....                     | 13        |
| 6.5      | RESULTAT.....                               | 14        |
| 6.6      | RISK FÖR BLOCKUTFALL .....                  | 14        |
| 6.7      | EROSION .....                               | 14        |
| <b>7</b> | <b>SÄTTNINGAR .....</b>                     | <b>15</b> |
| <b>8</b> | <b>SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER.....</b> | <b>15</b> |
| 8.1      | ALLMÄNT .....                               | 15        |
| 8.2      | STABILITET.....                             | 15        |
| 8.3      | GRUNDLÄGGNING.....                          | 16        |
| 8.4      | DRÄNERING OCH AVVATTNING .....              | 16        |
| 8.5      | PÅVERKAN AV GRUNDVATTNET I BERGMASSAN ..... | 17        |
| 8.6      | VIDARE ARBETEN .....                        | 17        |

## BILAGOR

*Bilaga 1 – Stabilitetsberäkningar*

## 1 BAKGRUND

Bollebygds kommun upprättar en detaljplan för området Låddekärrsbu, beläget cirka 2 km öster om Bollebygd tätort i anslutning till riksväg 40. Planområdet omfattar cirka 20 hektar och syftar till att möjliggöra uppförande av ett verksamhetsområde med tillhörande komplementbyggnader och tekniska anläggningar som krävs för att verksamheten ska kunna bedrivas på platsen.

Området har tidigare bestått av produktionsskog som har slutavverkats och är nu obebyggt, förutom en telemast och luftledningar som finns inom området.

Marken är för närvarande kraftigt kuperad med stora nivåskillnader. Omfattande markarbeten, inklusive bergschakt och betydande uppfyllnader, kommer att krävas för att möjliggöra den planerade bebyggelsen.

Mitta AB har tidigare genomfört en geoteknisk utredning för planområdet, med syfte att belysa markens lämplighet för bebyggelse och identifiera eventuella geotekniska risker kopplade till den planerade exploateringen. Utredningen inkluderade bland annat en stabilitetsbedömning för planerade utfyllnader och dagvattendammar. Den tidigare geotekniska utredningen visade sammantaget att planområdet har goda förutsättningar för bebyggelse. Jordlagerföljden bedömdes utgöras av fast lagrad morän med god bärighet och stabilitet, och det ansågs möjligt att genomföra planerad byggnation med konventionella grundläggningsmetoder.

Efter genomfört samråd och granskning av detaljplanen har synpunkter inkommit från Bollebygds kommun, Länsstyrelsen i Västra Götalands län samt Statens geotekniska institut (SGI). Inga synpunkter har framförts som ifrågasätter de tidigare slutsatserna, men det har bedömts att vissa kompletteringar behöver utföras för att ytterligare stärka slutsatserna och tydliggöra underlaget.

De efterfrågade kompletteringarna omfattar bland annat:

- Kompletterade stabilitetsberäkningar, inklusive känslighetsanalys för fyllnadsmaterial med lägre friktionsvinkel, antagande av ytlast om 10 kPa för ej marklovspliktig fyllning samt verifiering av fyllnadshöjder.
- Kompletterande fältundersökningar för att verifiera moränens hållfasthet och jorddjup. Tidigare har erfarenhetsmässiga värde nyttjats.
- Tydligare redovisning av torvkartering, inklusive visualisering av sticksonderingar.
- Integration av dagvattenutredningen i stabilitetsbedömningen, med särskild hänsyn till koppling mellan dagvattenlösningar och geoteknisk analys.
- Inmätning av berg i dagen och tydligare redovisning på ritningar.
- Samordning med övriga delar av planförslaget, såsom planbestämmelser och släntutformning, i dialog med planarkitekt.

Mot bakgrund av dessa synpunkter har Mitta AB fått i uppdrag att revidera den tidigare geotekniska utredningen. Revideringen syftar till att tydligare redovisa underlag och bedömningar, komplettera med känslighetsanalyser, specificera antaganden för fyllnadsmaterial och belastningar, samt föreslå eventuella åtgärder eller restriktioner som kan säkerställa planområdets långsiktiga geotekniska säkerhet.



Figur 1. Översiktskarta med ungefärligt planområde inom vit streckad linje, Källa: Planbeskrivning för rubricerad detaljplan.

## 2 UPPDRAG OCH SYFTE

MITTA AB har på uppdrag av Infrahubs utfört geotekniska undersökningar inom rubricerat planområde. Marken inom planområdet är i huvudsak i privat ägo och utgörs av fastigheterna Låddekärnsbu 1:11, Låddekärnsbu 1:1, Flässjum 1:187 och Flässjum 4:23.

Syftet med denna PM Geoteknik är att säkerställa att planområdet, inklusive planerade utfyllnader, bebyggelse och anläggningar, är stabilt och lämpligt för byggnation. Vidare redogörs även planförutsättningar avseende grundläggning.

För att verifiera att det föreslagna planförslaget och de tillhörande markarbetena kan genomföras med tillräcklig säkerhet mot ras och skred har stabilitetsberäkningar utförts. I denna reviderade utredning har även resultaten från den separata dagvattenutredningen beaktats i den geotekniska analysen.

Resultat från geotekniska fält- och laboratorieundersökningar redovisas i den tillhörande Marktekniska undersökningsrapporten (MUR), daterad 2022-10-10, reviderad 2025-06-13.

## 3 UNDERLAG

Geotekniska och miljötekniska undersökningar har utförts i området. Resultaten av undersökningarna är sammanställda i följande rapporter:

- Marktekniska undersökningsrapporten (MUR), daterad 2022-10-10, reviderad 2025-06-13 Mitta AB.
- Miljöteknisk markundersökning, daterad 2022-09-15.

**Mätunderlag:**

- 3D-Modell över befintlig mark, daterad 2022-02-12.

**Dagvattenutredning:**

- Dagvatten- och VA-utredning – Detaljplan Låddekärnsbu 1:11 m.fl., daterad 2024-06-03, Norconsult AB,

**Övriga underlag:**

- Plankarta Detaljplan Bollebygd Låddekärnsbu 1:11 m.fl. nordost om Grönkullenmotet, daterad 2024-07-01.
- Planbeskrivning Detaljplan Bollebygd Låddekärnsbu 1:11 m.fl. nordost om Grönkullenmotet, daterad 2024-07-01.
- Markplaneringsplan, PUREINFRA Sverige AB, daterad 2023-11-28.
- Lantmäteriet, Min Karta.
- SGU:s jordartskarta och jorddjupskarta.
- Bilder från geoteknisk fältkontrollgenomförd 2022-06-10

## 4 STYRANDE DOKUMENT

I Tabell 1 redovisas styrande dokument för utredningen.

Tabell 1. Planering och redovisning.

| Typ av utredning | Styrande dokument   |
|------------------|---|
| Alla utredningar | SS-EN 1997-1 SS-EN 1997-2<br>IEG Rapport 2:2008, rev 3<br>IEG Rapport 4:2008, rev 1 |
| Projektering     | SGI Vägledning 8<br>IEG Rapport 4:2010<br>TRVINFRA-00230                            |

## 5 MARKFÖRHÅLLANDEN

### 5.1 Topografi och ytbeskaffenhet

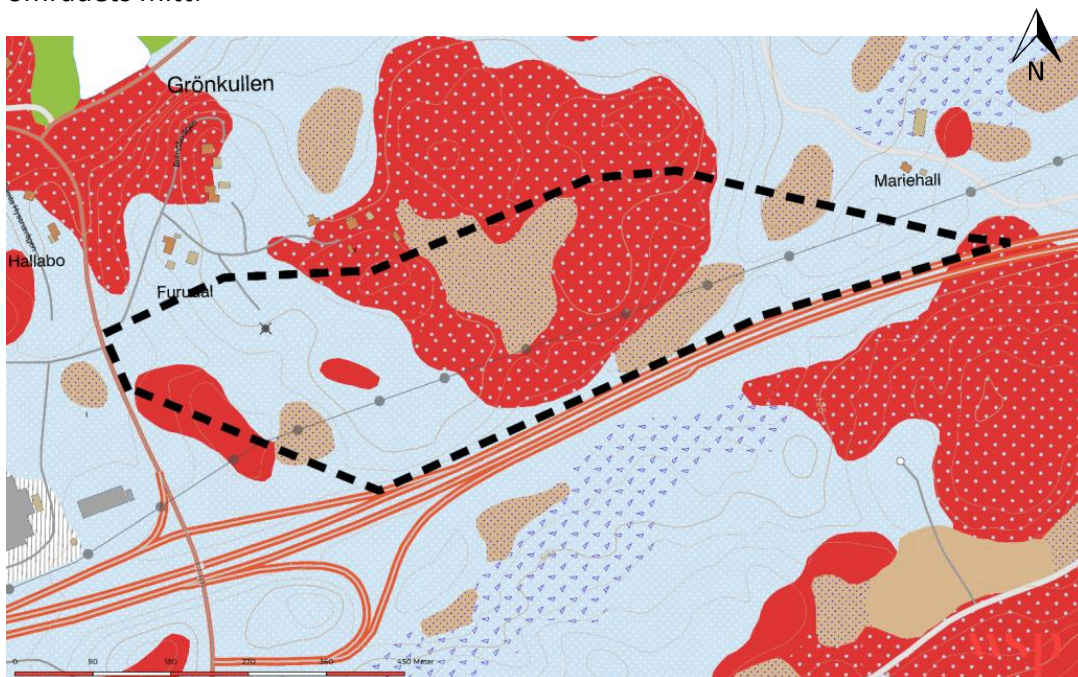
Terrängen är kraftigt kuperad med nivåer som varierar mellan +105,7 och +133,3 (RH 2000) enligt utförda avvägningar av markytan. Den högsta punkten ligger centralt i den norra delen av planområdet, och därifrån sluttar marken brant åt väst, syd och öst.

Området har en varierad terräng med inslag av berg i dagen samt jordlager med olika egenskaper. I vissa delar har vegetationen avlägsnats, vilket blottat jord och sten. Stubbar, ris och stenblock finns delvis kvar, och på vissa platser syns exponerade jordlager. Några mindre torvområden har karterats i den sydvästra, sydöstra och centrala delen av området

Vegetationen består av buskar, mindre träd och mossor, med fuktigare partier där vatten kan samlas. Området är kuperat med både släta hållmarker och branta partier där berg och jordlager syns tydligt.

### 5.2 Geologi

Enligt Sveriges Geologiska Undersöknings (SGU) jordartskarta är den helt dominerande jordarten morän (blått) på berg (rött), se Figur 2. Över moränen återfinns kärr- och myrmarker (brunt) i delar av området, d v s i områdets östra och västra kanter samt i områdets mitt.



Figur 2. Utdrag ur SGU:s jordartskarta, ungefärligt aktuellt område inom svartstreckad markering.

### 5.3 Förutsättningar för skred

Varken planområdet eller angränsande områden är utpekade som aktsamhetsområden enligt SGU:s karta "Förutsättningar för skred i finkornig jordart".

## 5.4 Jordlagerföljd

Enligt utförda skruvprovtagningar består ytjorden generellt av ett ca 0–0,4 m tjockt sandigt humusskikt, som underlagras av morän bestående av grusig sand med inslag av silt. I den övre delen av moränlagret, ca 1-2 m, noterades generellt något lösare lagringstäthet, medan de djupare partierna var mycket fast. Skruvprovtagningarna har i flera fall avslutats på grund av stopp mot sten, block eller berg, vilket inträffade på nivåer mellan cirka 0,9 och 2,0 meter under markytan.

Tre mindre kärrområden har identifierats i den sydvästra, sydöstra och centrala delen av området. Sticksonderingar visar att torvmäktigheten varierar mellan 0,1 och 1,8 meter.

Stopp med hejarsondering har generellt inträffat mellan 1 – 2 m. I en punkt (25M003) lokaliserad i det centrala kärrområdet har hejarsondering utförts till ca 5 m djup innan stopp inträffade.

Bergnivåerna vid utförda JB-sonderingar varierade mellan 0,7 och 3,9 meter under markytan, där det största bergdjupet har påträffats i den södra delen av planområdet.

## 5.5 Grundvatten

Sex grundvattenrör har installerats och avlästs vid ett tillfälle. I fyra av dessa har grundvatten påträffats, medan två var torra ner till undersökningsdjupet.

I den östra delen av planområdet uppmättes **grundvattennivåer** mellan +105,0 och +106,2. I den centrala delen uppmättes en grundvattennivå på +117,7. I den västra delen var två grundvattenrör torra ned till nivåerna +114,7 respektive +123,5 meter, grundvattnet ligger alltså på djupare nivåer.

**Grundvattendjupet** varierar över området. I de låglänta delarna, särskilt i öster, ligger grundvattnet relativt grunt med ett djup på cirka 0,2–1,2 meter under markytan. I den centrala delen av området, där grundvattennivån uppmättes till +117,7, ligger grundvattnet på ett djup av cirka 2,5 meter under markytan. I de högre terrängpartierna i västra delen av planområdet, där grundvattenrören var torra, är grundvattendjupet större än 1,5–2,6 meter, men den exakta nivån är inte klarlagd.

Sammantaget visar undersökningarna att grundvattenytan varierar i nivå över området och generellt följer terrängens topografi. Grundvattnet ligger relativt grunt i de lägre liggande delarna, medan det i högre terräng ligger djupare.

## 6 STABILITETSANALYS

### 6.1 Allmänt

Stabilitetsanalyser har genomförts i syfte att verifiera att planerad bebyggelse och markarbeten inom detaljplanen kan genomföras med tillräcklig säkerhet mot ras och skred. Bedömningen omfattar såväl naturliga slänter som planerade utfyllnader och dagvattendammar.

Området domineras av fast lagrad morän eller berg i dagen. Det förekommer enbart tunna och lokalt begränsade inslag av lösare jordar, vilket innebär att risken för totalstabilitetsproblem bedöms som mycket låg. Det finns heller inga indikationer på att området skulle kunna påverkas av indirekta skred (framåt- eller bakåtgripande) från omgivande terräng. Möjliga geotekniska risker är i första hand kopplade till ytlig erosion eller lokala instabila fyllningsslänter, till exempel vid dålig materialkvalitet eller brant geometri

Slänters stabilitet inom området är således i huvudsak beroende av vilket material de utgörs av:

- **Tillförd fyllning** – stabiliteten påverkas starkt av materialval, friktionsvinkel och packningsgrad.
- **Morän** – fast lagrad och stabil, goda förutsättningar för släntlutning 1:2.
- **Berg** – stabilt i naturligt läge; lutning 5:1 har tidigare bedömts som acceptabel, se även separat PM Bergteknik

Stabiliteten har analyserats i fyra sektioner som illustreras i Figur 3. Stabilitetsberäkningar redovisas för sektion 1, 2 och 4.

1. Sektion S1 avser stabiliteten vid den planerade **dagvattendammen i väster** och är belägen kring borrhöjningarna 25M001, 25M002 GH\_SKR\_1 och M\_SKR\_01. Dammen har en planerad bottennivå på +104, och slänten mot nordöst har en nivåskillnad på 16 meter. Dammen planeras ha en kapacitet på 700 kbm. Inom sektionen bedöms både bergschakt och fyllning att vara aktuellt.
2. Sektion S2 är orienterad i sydöstlig riktning mot **riksväg 40**. Sektionen sträcker sig från fastmarksområdet i nordväst ned över vägen med nuvarande marlutningar omkring 1:2 till 1:3. Närliggande borrhöjningar inkluderar 25M003, 25M005 och JB04. Uppfyllnader upp till 3 meter ovanpå den naturliga moränen är aktuella inom denna sektion.
3. Sektion S3 avser stabiliteten vid den planerade **dagvattendammen i öster**, belägen kring borrhöjningar 25M006 och GH\_SKR\_3. Den planerade bottennivån är +105, och höjdskillnaden uppgår till 11 meter. Dammen planeras ha en kapacitet på 2200 kbm. Mot väster bedöms bergschakt bli aktuellt, medan marken i söder/sydost kommer att fyllas upp med 7–14 meter över befintlig

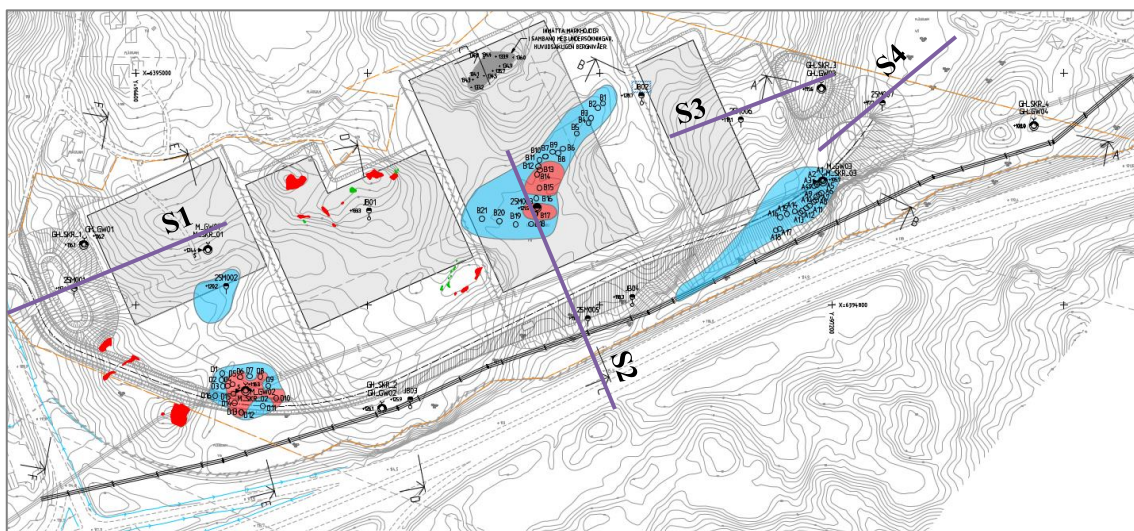
marknivå. Både tillskapade bergsslänter och höga fyllnadsslänter är alltså aktuella.

4. Sektion S4 avser stabilitet för en hög **fyllnadsslänt** ned mot en dalgång i nordöst med fyllningshöjder upp till 20 m. Sektionen avser stabilitetsförhållandena där uppfyllnader blir som störst. Närliggande punkt är 25M007.

Beräkningarna är att betrakta som **principiella** och utgör en första ansats för att utvärdera planområdets stabilitet utifrån rimliga och tänkbara släntlutningar. I analysen har slänter i fyllning och morän antagits ha en lutning på 1:2, medan slänter i berg antagits ha lutningen 1:5. Dessa antaganden överensstämmer med de tidiga gestaltungsforstag som redovisats i dagvattenutredningen (Norconsult, 2024), och utgör en praktiskt genomförbar utgångspunkt. De valda beräkningssektionerna har utformats för att täcka in varierande geotekniska förutsättningar, särskilt i anslutning till de planerade dagvattendammarna, där både utfyllnad, morän och berg förekommer i släntkonstruktionen.

Beräkningar har genomförts för sektion S2, avseende den **västra dagvattendammen**. Den **östra dammen** (S3) har inte analyserats med beräkningar, men bedöms ha motsvarande geotekniska förutsättningar, varför principer och slutsatser från S2 är direkt tillämpliga även där.

I samtliga sektioner har en känslighetsanalys genomförts där fyllningen antagits bestå av sämre material som inte packats särskilt väl. Syftet har varit att undersöka hur känslig stabiliteten är för variationer i fyllningsmaterialets egenskaper, samt att identifiera eventuella behov av anpassade släntlutningar i områden med höga uppfyllnader eller osäker materialkvalitet.



Figur 3. Planritning med valda sektioner för stabilitetsanalys

## 6.2 Beräkningsförutsättningar

Beräkningarna har utförts enligt beräkningsgången i IEG Rapport 4:2010 samt med stöd av SGI Vägledning 8.

### 6.2.1 Programvara

Stabilitetsanalyserna har genomförts med hjälp av beräkningsprogrammet SLOPE/W GeoStudio 2024.2.0, version 24.2.0.298 med beräkningsmetod enligt Morgenstern-Price. Analyserna omfattar dränerad analys för cirkulär cylindriska glidytor.

### 6.2.2 Val av geoteknisk kategori och säkerhetsklass

Beräkningar är utförda för permanent skedet, i geoteknisk kategori 2 (GK2) och säkerhetsklass 2 (SK2).

### 6.2.3 Laster

Vid stabilitetsberäkningarna har en ytlast på 50 kPa tillämpats för områden avsedda för bebyggelse. Detta värde baseras på en uppskattning av byggnadernas höjd och lastpåverkan på undergrunden.

Enligt plankartan är högsta tillåtna totalhöjd för huvudbyggnader +136 meter, och färdig marknivå förväntas ligga omkring +120 meter. Detta innebär en maximal byggnadshöjd på 16 meter. Med en genomsnittlig våningshöjd på 3,5 meter per plan motsvarar detta 4–5 våningar.

Detta värde ligger i linje med praxis för geotekniska stabilitetsanalyser och säkerställer att detaljplanens föreslagna markanvändning är tekniskt genomförbar ur ett stabilitetsperspektiv.

10 kPa i ytlast har ansatts för ej marklovspliktig fyllning i områden utanför byggnader.

Trafiklast för vägar har ansatts till 15 kPa (enligt TRVINFRA-00230).

### 6.2.4 Geometri

Beräkningssektionernas geometrier har tagits fram baserat på nivåkurvor från den digitala grundkartan, kompletterat med inmätningar av undersökningspunkter med RTK-GPS.

Lutningen på planerade fyllnings- och schaktslänter varierar i beräkningarna generellt mellan 1:2 och 1:3 och följer de principer som illustreras i dagvattenutredningen

### 6.2.5 Portryck

En hydrostatisk portrycksprofil har antagits i beräkningarna.

Grundvattennivån varierar beroende på terräng och lokala förhållanden. En separat analys har gjorts för varje sektion.

Vid **Sektion S1** är det närliggande grundvattenröret vid GH\_SKR\_1 torrt ner till nivå +114,7 m. Detta innebär att grundvattenytan vid denna punkt ligger djupare, men exakt hur djupt kan inte fastställas utifrån de befintliga mätningarna. Eftersom dammens planerade bottenivå är +105 m, råder en osäkerhet kring huruvida grundvatten kan påverka slänten ovanför dammen.

I beräkningarna har grundvattennivån uppskattats till cirka 1 meter under moränens överkant, dvs. den ursprungliga markytan. Detta innebär att högre portryck har beaktats jämfört med de nivåer som uppmätts i fält. Dammen är torrlagt och mothållande vattentryck saknas. Detta bedöms sammantaget ge ett konservativt antagande

Vid **Sektion S2** är närmaste uppmätta grundvattennivå vid M\_GW02 lokaliserad mitt i slänten, där inget grundvatten påträffats inom ca 2,5 m djup. I beräkningen har grundvattnet antagits ligga över denna nivå i mittenpartiet och gradvis ökat mot sektionens låglänta del vilket bedöms ge resultat på säker sida.

Vid **Sektion S3 och S4** uppmättes grundvattennivåer vid GH\_SKR\_3 (+105 m) och GH\_SKR\_4 (+106,2 m). Dessa nivåer ligger i samma höjd som eller strax över dammens planerade bottennivå på +105. Efter utförd schakt antas grundvattenytan ligga i nivå med dammbotten samt sjunka gradvis och ligga i nivå med ursprunglig markyta ned åt söder.

#### 6.2.6 Stabilitetskrav

Beräkningar är utförda för planläggning med status detaljerad utredning, vilket innebär att erforderlig säkerhetsfaktor ska uppgå till minst  $F_{\phi} \geq 1,3$  vid dränerad analys.

### 6.3 Valda värden för materialparametrar

#### 6.3.1 Fyllning

Planerade utfyllnader kommer sannolikt att bestå av bergkross. Enligt TRVINFRA-00230, Tabell A1-4, kan bergkross som packats enligt AMA Anläggning normalt förutsättas ha en friktionsvinkel på 45 grader.

I beräkningarna har dock en karakteristisk friktionsvinkel på 36° tillämpats som huvudscenario för måttligt packad friktionsjord. För känslighetsanalys har även ett ogynnsamt fall med friktionsvinkel 30° använts, avsett att representera sämre packad fyllning med visst finjordsinnehåll. Dessa antaganden utgör en försiktigt hållen bedömning med hänsyn till tänkt utförande.

Tungheten är ansatt till 18 kN/m<sup>3</sup> enligt Tabell A1-1 i TRVINRA-00230.

#### 6.3.2 Morän

Moränens hållfasthetsegenskaper har utvärderats med stöd av utförda hejarsonderingar. I beräkningarna har en friktionsvinkel på 36° antagits för den övre, något lösare delen av moränlagret (ca 1–2 m djup), medan 43° har tillämpats för den djupare, mycket fast lagrade moränen, se vidare utvärderade friktionsvinklar i tillhörande MUR Geoteknik

Tungheten har ansatts till 20 kN/m<sup>3</sup> i enlighet med tabell A1-1 i TRVINFRA-00230.

#### 6.3.3 Torv

För torven har en friktionsvinkel på 25 grader antagits. Enligt TRVINFRA-0030 kan en friktionsvinkel på 28 grader ansättas för lågförmultnad torv eller mellantorv. Eftersom

torvens egenskaper inte har undersökts i detalj har ett mer konservativt värde valts för att säkerställa en försiktig bedömning.

Tungheten är ansatt till 13 kN/m<sup>3</sup> enligt Tabell A1-1 i TRVINRA-00230.

#### 6.3.4 Sammanställning av valda värden

I Tabell 2 redogörs en sammanställning av valda materialparametrar för respektive jordlager.

Tabell 2. Valda materialparametrar för stabilitetsanalys, karakteristiska värden i norr.

| Jordlager               | Materialegenskap         | Karakteristiskt värde, Xk |
|-------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Fyllning<br>(Bergkross) | Tunghet, $\gamma$        | 18 kN/m <sup>3</sup>      |
|                         | Friktionsvinkel, $\phi'$ | 40°                       |
| Ytmorän (grSaTi)        | Tunghet, $\gamma$        | 20 kN/m <sup>3</sup>      |
|                         | Friktionsvinkel, $\phi'$ | 36°                       |
| Bottenmorän<br>(grSaTi) | Tunghet, $\gamma$        | 20 kN/m <sup>3</sup>      |
|                         | Friktionsvinkel, $\phi'$ | 43°                       |
| Torv                    | Tunghet, $\gamma$        | 13 kN/m <sup>3</sup>      |
|                         | Friktionsvinkel, $\phi'$ | 25°                       |

#### 6.4 Övriga antaganden

Moränens mäktighet är svårbedömd på grund av den kraftigt kuperade terrängen, de varierande bergnivåerna och det relativt begränsade antalet sonderingar.

I beräkningarna har moränens mäktighet som regel antagits vara minst 2,5 meter, förutom i områden där berg i dagen tydligt förekommer alternativt där JB-sonderingar bekräftat ytligare berg. Detta bedöms vara ett konservativt antagande, och det är troligt att berget lokalt ligger ytligare än vad som har förutsatts i beräkningarna. Beräkningarna kan därmed anses ligga på säker sida.

## 6.5 Resultat

I tabell 3 redovisas de erhållna säkerhetsfaktorerna för de mest kritiska glidytorerna i respektive sektion. I samtliga beräknade sektioner uppfylls kravet på säkerhetsfaktor  $F_{\phi} \geq 1,3$  under huvudscenariot, där fyllning antas utgöras av friktionsjord av relativt god kvalitet som packats måttligt.

Vid känslighetsanalyser, där fyllningsmaterialet antagits ha sämre egenskaper och låg packningsgrad, erhöles något otillräckliga säkerhetsfaktorer i sektion S1 och S4. Dessa resultat belyser betydelsen av god materialkvalitet och packning vid uppbyggnad av höga slänter.

Samtliga beräkningar redovisas i sin helhet i bilaga 3.

Tabell 3. Sammanställning av beräknade säkerhetsfaktorer. Förklaring till färgkodning ges i nedre delen av tabellen..

| Sektion                                    | Dränerad, $F_{\phi}$ | Bilaga Sid.nr. |
|--|----------------------|----------------|
| S1 – Dagvattendamm                         | 1,59                 | 1              |
| S1 – Reducerad friktionsvinkel på fyllning | 1,19                 | 2              |
| S2 – Slänt mot riksväg 40                  | 2,14                 | 3              |
| S2 – Reducerad friktionsvinkel på fyllning | 1,70                 | 4              |
| S4 – Fyllningsslänt åt nordöst             | 1,47                 | 5              |
| S4 – Reducerad friktionsvinkel på fyllning | 1,17                 | 6              |
| <b>Krav</b>                                | <b>1,3</b>           |                |
| <b>Uppfyller ej krav</b>                   |                      |                |
| <b>Uppfyller krav</b>                      |                      |                |

## 6.6 Risk för blockutfall

Ingen risk för blockutfall bedöms föreligga inom eller i direkt anslutning till planområdet. Denna bedömning baseras på att bergslänter skrotas efter bergsprängning samt att inga lösa stenar eller block lämnas kvar ovanför slänten.

## 6.7 Erosion

Ingen pågående erosion har identifierats vid fältundersökningen. Den planerade förändringen i markanvändning bedöms förbättra förutsättningarna för att motverka erosion.

## 7 SÄTTNINGAR

Området bedöms vara mycket gynnsamt ur ett geotekniskt sättningssperspektiv, och inga betydande sättningar förväntas uppstå för den planerade byggnationen.

Inga sättningsberäkningar har utförts, då de befintliga jordarterna inte bedöms som sättningsbenägna. Marken består huvudsakligen av fast lagrade moränjordar eller berg. Detta förutsätter dock att torv och organisk jord avlägsnas innan fyllning och grundläggning

## 8 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

### 8.1 Allmänt

Området bedöms ha gynnsamma geotekniska förhållanden för byggnation, med generellt god stabilitet och hög bärighet. Markförhållandena domineras av fast lagrad morän och berg, vilket ger goda grundläggningsförutsättningar.

Inga betydande sättningar förväntas uppstå i undergrunden vid planerad utfyllnad, förutsatt att torv och organisk jord avlägsnas inom byggnadslägena innan fyllning. Sättningar bedöms ske relativt momentant i undergrunden och kommer därmed att utvecklas successivt i takt med pågående fyllningsarbeten.

### 8.2 Stabilitet

Stabiliteten inom planområdet har analyserats utifrån principen att slänters lutning ska anpassas till rådande jordart – 1:2 i fyllning och morän samt 5:1 i berg, i enlighet med föreslagen plankarta och utformningsprinciper från dagvattenutredningen (Norconsult, 2024), se även vidare avsnitt 6.1. De utförda beräkningarna har baserats på planerade marknivåer och ytlaster såsom de framgår i aktuellt planförslag, inklusive marklovsfri fyllning om 10 kPa.

Beräkningssektionerna har utformats för att täcka in representativa geotekniska förhållanden, däribland dagvattendammar, höga utfyllnader och övergångar mellan berg, morän och tillförd fyllning. Resultaten visar att stabilitetskraven uppfylls med god marginal i samtliga sektioner när fyllningar antas bestå av friktionsjord av god kvalitet som packats måttligt. Säkerhetsfaktorer  $\geq 1,3$  har erhållits i samtliga analyserade fall under detta huvudscenario. Beräkningarna visar vidare att de mest kritiska glidytor är ytliga och är mer kopplade till erosionsproblem eller lokal instabilitet i fyllningsslänter.

Vid känslighetsanalyser, där fyllningen antagits ha lägre friktionsvinkel och otillräcklig packning, erhöles något otillräckliga säkerhetsfaktorer i sektion S1 och S4. Detta understryker vikten av god materialkvalitet och tillräcklig packning vid uppbyggnad av högre slänter. Om fyllning av sämre kvalitet ändå används, eller om packningsförhållandena är osäkra, bör släntlutningen fläckas ut till minst 1:3 för att säkerställa långsiktig stabilitet.

Planområdet kännetecknas av en kraftigt kuperad terräng med fluktuerande bergdjup. Detta innebär att de geotekniska förutsättningarna varierar avsevärt inom området.

Utformningen av slänter kommer därmed behöva anpassas lokalt, både avseende geometri och materialval. En mer detaljerad projektering behöver beakta variationer i jorddjup och bergförekomst.

Sammantaget bedöms planerade markuppfyllnader och anläggningar inom detaljplanen kunna genomföras med god stabilitet. Känsliga jordlager förekommer inte, eller endast i ytterst begränsad omfattning, vilket innebär att någon risk för totalstabilitetsproblem inte föreligger. Det finns heller inga indikationer på att området skulle kunna påverkas av indirekta skred, såsom framåt- eller bakåtgripande skred från omgivande terräng.

God lokal stabilitet i planerade slänter förutsätter dock att angivna släntlutningar och materialkrav beaktas vid fortsatt projektering och utförande.

Det bedöms att masshanteringen inte kommer påverka fastigheter och bostäder direkt som ligger utanför planområdet. Planerade slänter och schakter för genomförandet av projektet kommer inte påverka omgivningen (fastigheter och byggnader).

Ingen pågående erosion har identifierats i området, och planerad markanvändning bedöms bidra till mer gynnsamma förhållanden. Risken för blockutfall är försumbar då eventuella bergsslänter skrotas och rensas efter sprängning.

Byggnationen bedöms medföra omfattande bergschaktning genom sprängning och/eller borrhning. För att säkerställa stabilitet och säkerhet ska bergsslänter utformas med omsorg. Lutningar på cirka 5:1 bedöms vara lämpliga inom detta projekt (se separat Bergtekniskt PM, dat. 2024-04-03, AFRY). Uppkomna massor planeras krossas till bergkross och återanvändas för fyllning och utjämning av marknivån.

### 8.3 Grundläggning

Planerad byggnation kan grundläggas på konventionellt sätt med platta eller grundsulor i fyllning, i moränen eller på en utjämнад bergyta, förutsatt att fyllningen utförs enligt gällande tekniska krav.

Ingen risk för skadliga sättningar bedöms föreligga, förutsatt att eventuella organiska jordlager avlägsnas innan grundläggning i byggnadslägen samt att grundläggningen utförs tjälsäkrad.

Samtliga schakt- och packningsarbeten ska utföras i enlighet med AMA Anläggning 23, CEB.2, avseende lagertjocklek och antal överfarer. Vid schaktarbeten ska även föreskrifter och rekommendationer i "Schakta säkert – Säkerhet vid schaktning i jord" följas.

### 8.4 Dränering och avvattning

Grundläggningen ska utföras väl-dränerad. Det är viktigt att säkerställa en god avledning av ytvatten, dränvatten och dagvatten från både byggnaden och de omgivande hårdgjorda ytorna. Utifrån platsens topografiska förutsättningar bedöms möjligheterna att avleda vatten som mycket goda.

## 8.5 Påverkan av grundvattnet i bergmassan

Denna påverkan hanteras nu i annat separat dokument. Inom projektet har ett PM, utredning av grundvattenavsänkning av logistikpark, Bollebygd utförd av Vatten – och miljökonsulterna med datering 2024-05-24.

## 8.6 Vidare arbeten

Vid detaljprojektering av byggnader kan det bli aktuellt med kompletterande undersökningar och anpassa dessa till den planerade konstruktionen, i enlighet med SS-EN 1997-2.

För detaljutformning av dagvattendammar rekommenderas att bergnivån verifieras i detalj med fler jord- och bergsonderingar och eventuellt geofysiska mätningar som komplement.

Under byggskedet ska utförandet av fyllningsarbeten kontrolleras av en geotekniker för att säkerställa att packning och materialval överensstämmer med projekterade krav. Vid behov kan kompletterande fält- och laboratorieundersökningar genomföras för att verifiera de antagna materialparametrarna.

Radonmätningar har inte utförts i detta skede men bör genomföras inför detaljprojekteringen för att säkerställa att eventuella radonskyddsåtgärder kan vidtas vid behov.

## MEASURING THE WORLD

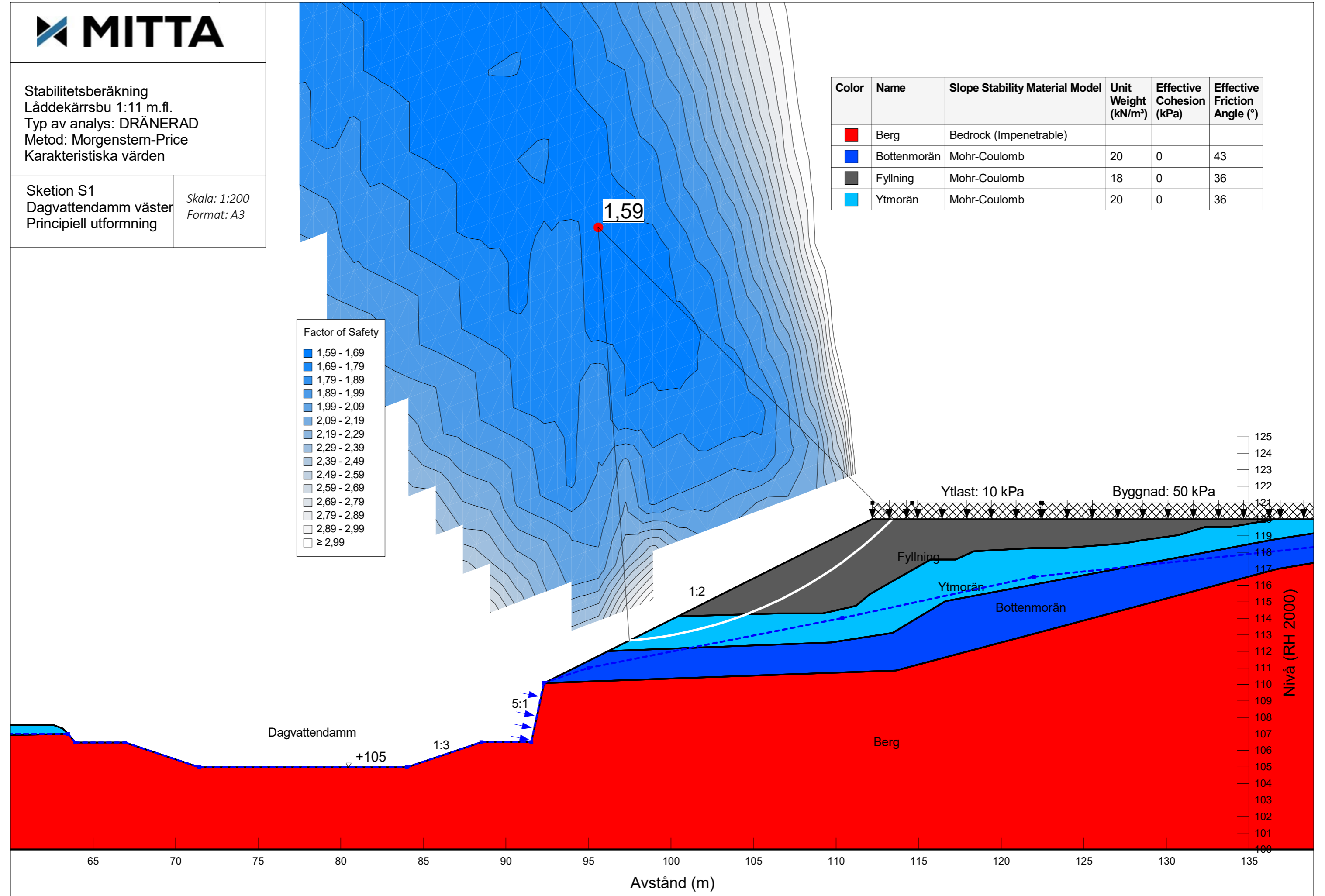




Stabilitetsberäkning  
 Låddekärrsbu 1:11 m.fl.  
 Typ av analys: DRÄNERAD  
 Metod: Morgenstern-Price  
 Karakteristiska värden

Sketion S1  
 Dagvattendamm väster  
 Principiell utformning

Skala: 1:200  
 Format: A3



| Color | Name        | Slope Stability Material Model | Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> ) | Effective Cohesion (kPa) | Effective Friction Angle (°) |
|-------|-------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Red   | Berg        | Bedrock (Impenetrable)         |                                  |                          |                              |
| Blue  | Bottenmorän | Mohr-Coulomb                   | 20                               | 0                        | 43                           |
| Grey  | Fyllning    | Mohr-Coulomb                   | 18                               | 0                        | 36                           |
| Cyan  | Ytmorän     | Mohr-Coulomb                   | 20                               | 0                        | 36                           |

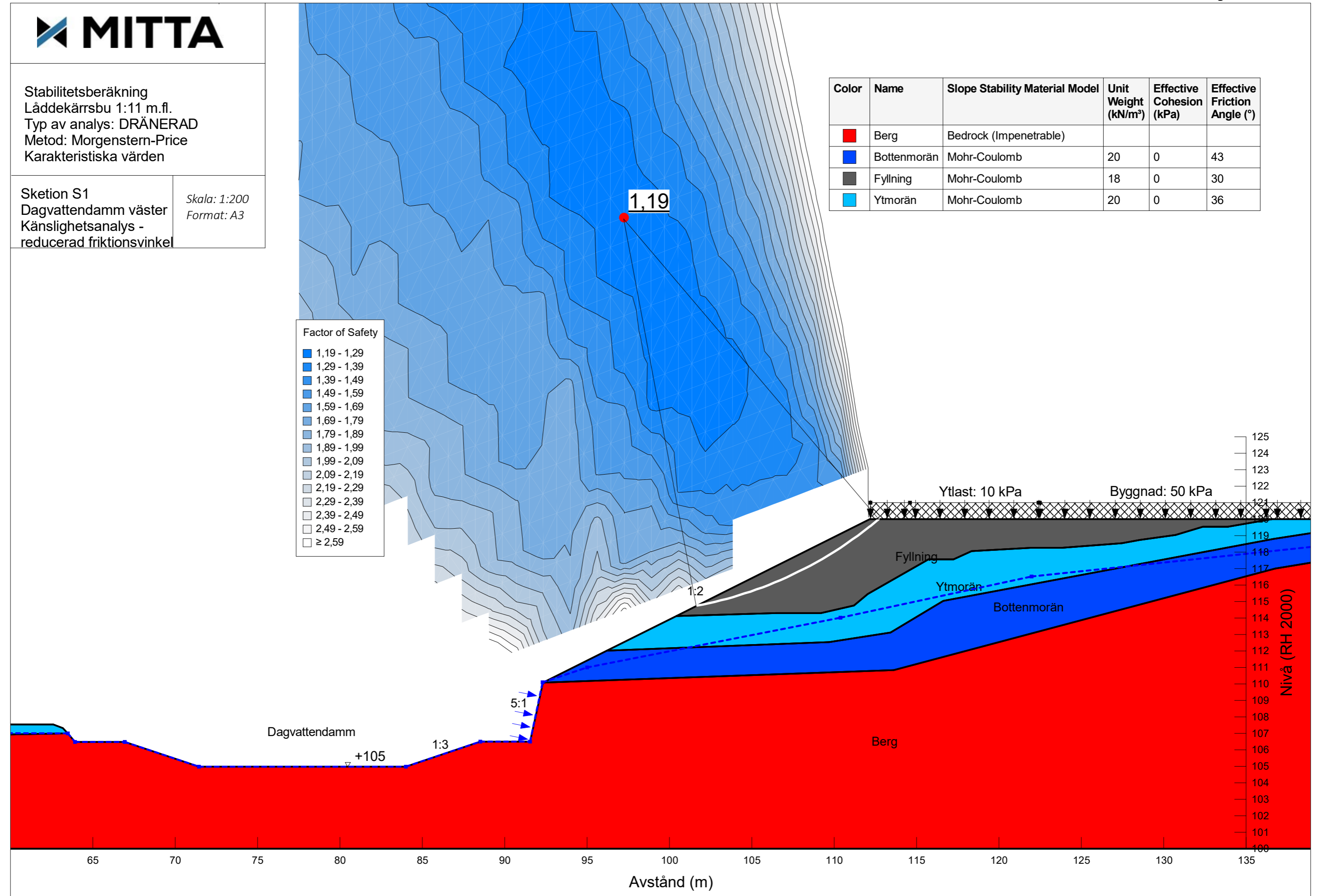
| Factor of Safety |
|------------------|
| 1,59 - 1,69      |
| 1,69 - 1,79      |
| 1,79 - 1,89      |
| 1,89 - 1,99      |
| 1,99 - 2,09      |
| 2,09 - 2,19      |
| 2,19 - 2,29      |
| 2,29 - 2,39      |
| 2,39 - 2,49      |
| 2,49 - 2,59      |
| 2,59 - 2,69      |
| 2,69 - 2,79      |
| 2,79 - 2,89      |
| 2,89 - 2,99      |
| ≥ 2,99           |



Stabilitetsberäkning  
 Låddekärrsbu 1:11 m.fl.  
 Typ av analys: DRÄNERAD  
 Metod: Morgenstern-Price  
 Karakteristiska värden

Sketion S1  
 Dagvattendamm väster  
 Känslighetsanalys -  
 reducerad friktionsvinkel

Skala: 1:200  
 Format: A3



| Color | Name        | Slope Stability Material Model | Unit Weight (kN/m³) | Effective Cohesion (kPa) | Effective Friction Angle (°) |
|-------|-------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------|------------------------------|
| ■     | Berg        | Bedrock (Impenetrable)         |                     |                          |                              |
| ■     | Bottenmorän | Mohr-Coulomb                   | 20                  | 0                        | 43                           |
| ■     | Fyllning    | Mohr-Coulomb                   | 18                  | 0                        | 30                           |
| ■     | Ytmorän     | Mohr-Coulomb                   | 20                  | 0                        | 36                           |

Factor of Safety

|   |             |
|---|-------------|
| ■ | 1,19 - 1,29 |
| ■ | 1,29 - 1,39 |
| ■ | 1,39 - 1,49 |
| ■ | 1,49 - 1,59 |
| ■ | 1,59 - 1,69 |
| ■ | 1,69 - 1,79 |
| ■ | 1,79 - 1,89 |
| ■ | 1,89 - 1,99 |
| ■ | 1,99 - 2,09 |
| ■ | 2,09 - 2,19 |
| ■ | 2,19 - 2,29 |
| ■ | 2,29 - 2,39 |
| ■ | 2,39 - 2,49 |
| ■ | 2,49 - 2,59 |
| ■ | ≥ 2,59      |

Nivå (RH 2000)

Avstånd (m)

Dagvattendamm

+105

1:3

5:1

1:2

Ytlast: 10 kPa

Byggnad: 50 kPa

Fyllning

Ytmorän

Bottenmorän

Berg



Stabilitetsberäkning  
 Låddekärrsbu 1:11 m.fl.  
 Typ av analys: DRÄNERAD  
 Metod: Morgenstern-Price  
 Karakteristiska värden

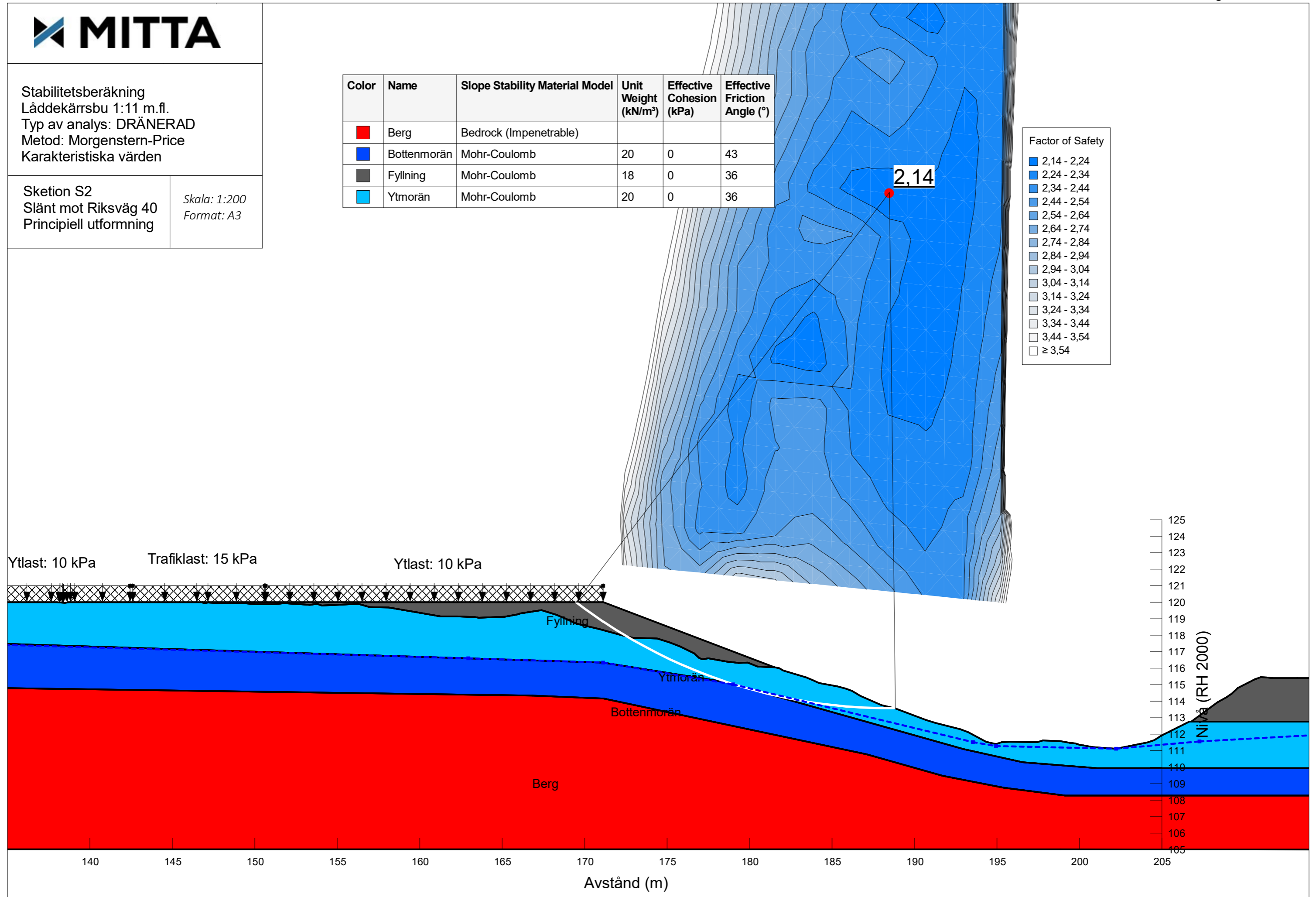
Sketion S2  
 Slänt mot Riksväg 40  
 Principiell utformning

Skala: 1:200  
 Format: A3

| Color | Name        | Slope Stability Material Model | Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> ) | Effective Cohesion (kPa) | Effective Friction Angle (°) |
|-------|-------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| ■     | Berg        | Bedrock (Impenetrable)         |                                  |                          |                              |
| ■     | Bottenmorän | Mohr-Coulomb                   | 20                               | 0                        | 43                           |
| ■     | Fyllning    | Mohr-Coulomb                   | 18                               | 0                        | 36                           |
| ■     | Ytmorän     | Mohr-Coulomb                   | 20                               | 0                        | 36                           |

Factor of Safety

|   |             |
|---|-------------|
| ■ | 2,14 - 2,24 |
| ■ | 2,24 - 2,34 |
| ■ | 2,34 - 2,44 |
| ■ | 2,44 - 2,54 |
| ■ | 2,54 - 2,64 |
| ■ | 2,64 - 2,74 |
| ■ | 2,74 - 2,84 |
| ■ | 2,84 - 2,94 |
| ■ | 2,94 - 3,04 |
| ■ | 3,04 - 3,14 |
| ■ | 3,14 - 3,24 |
| ■ | 3,24 - 3,34 |
| ■ | 3,34 - 3,44 |
| ■ | 3,44 - 3,54 |
| ■ | ≥ 3,54      |



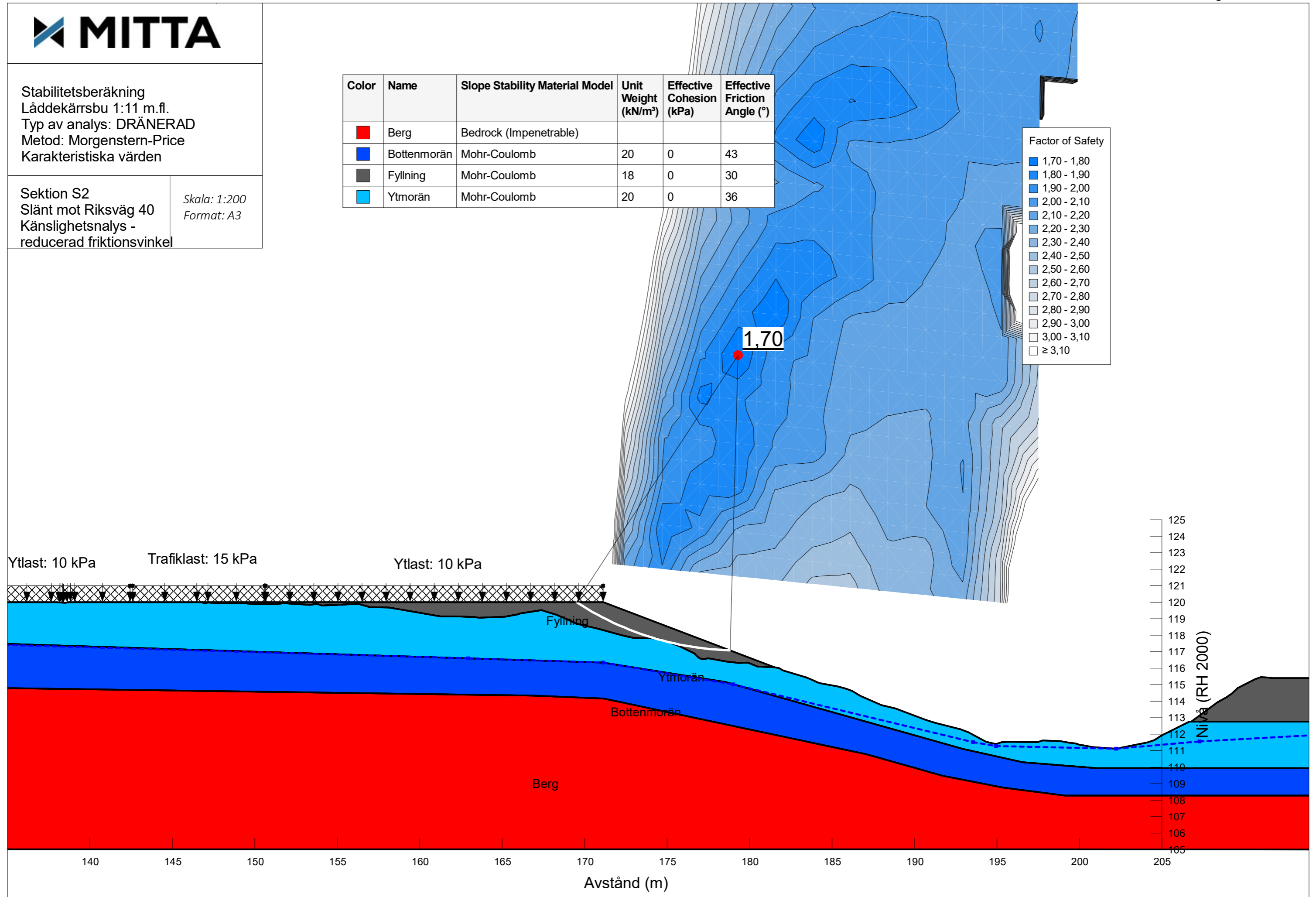
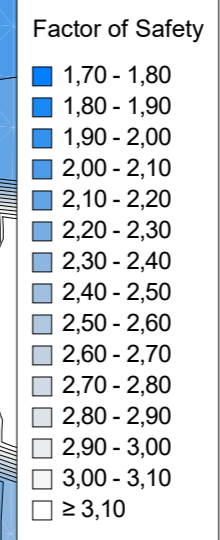


Stabilitetsberäkning  
 Låddekärrsbu 1:11 m.fl.  
 Typ av analys: DRÄNERAD  
 Metod: Morgenstern-Price  
 Karakteristiska värden

Sektion S2  
 Slänt mot Riksväg 40  
 Känslighetsanalys -  
 reducerad friktionsvinkel

Skala: 1:200  
 Format: A3

| Color | Name        | Slope Stability Material Model | Unit Weight (kN/m³) | Effective Cohesion (kPa) | Effective Friction Angle (°) |
|-------|-------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------|------------------------------|
| Red   | Berg        | Bedrock (Impenetrable)         |                     |                          |                              |
| Blue  | Bottenmorän | Mohr-Coulomb                   | 20                  | 0                        | 43                           |
| Grey  | Fyllning    | Mohr-Coulomb                   | 18                  | 0                        | 30                           |
| Cyan  | Ytmorän     | Mohr-Coulomb                   | 20                  | 0                        | 36                           |



Ytlast: 10 kPa      Trafiklast: 15 kPa      Ytlast: 10 kPa

Fyllning

Ytmorän

Bottenmorän

Berg

Nivå (RH 2000)

Avstånd (m)

1,70

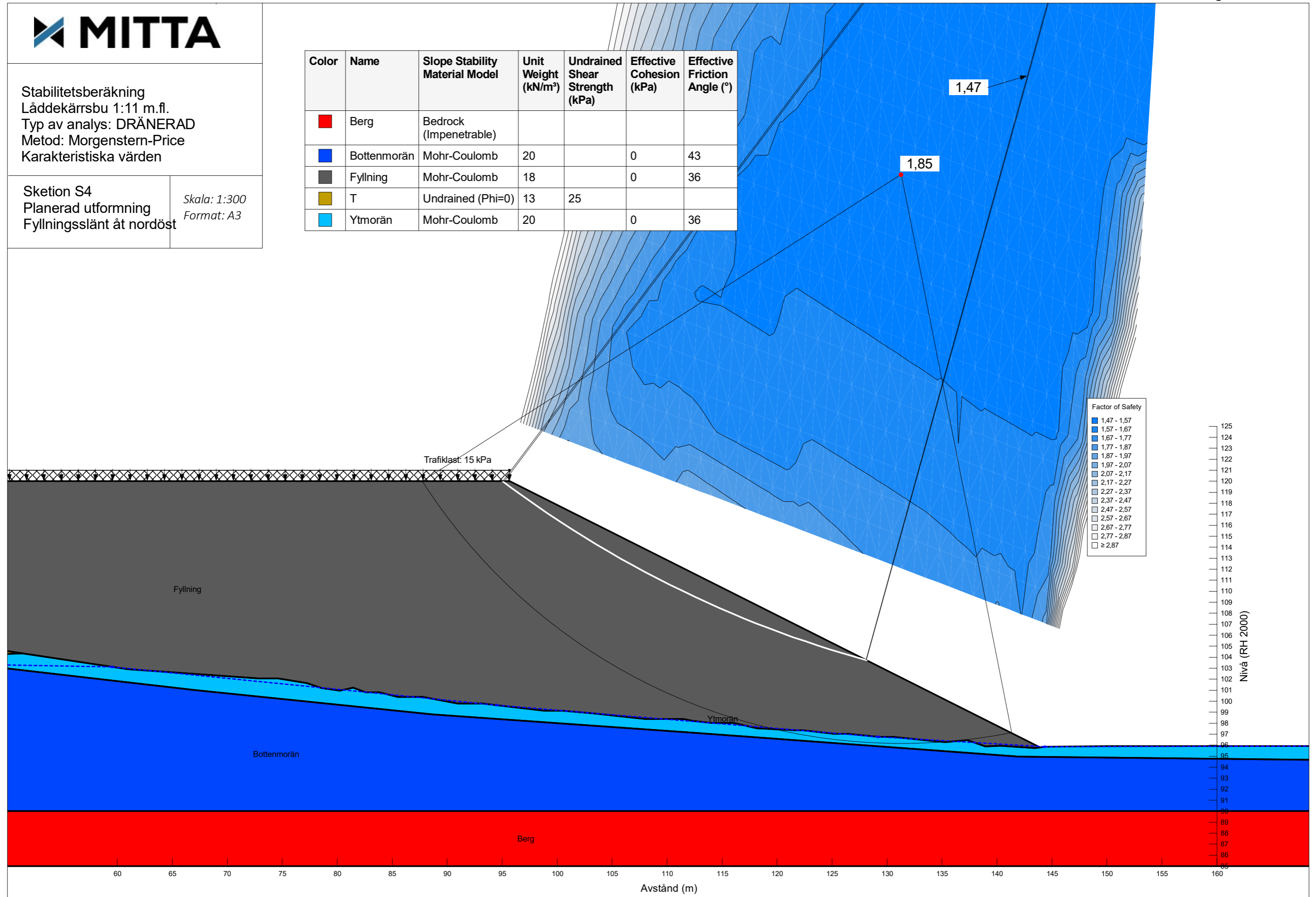


Stabilitetsberäkning  
 Låddekärrsbu 1:11 m.fl.  
 Typ av analys: DRÄNERAD  
 Metod: Morgenstern-Price  
 Karakteristiska värden

Sketion S4  
 Planerad utformning  
 Fyllningslänt åt nordöst

Skala: 1:300  
 Format: A3

| Color | Name        | Slope Stability Material Model | Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> ) | Undrained Shear Strength (kPa) | Effective Cohesion (kPa) | Effective Friction Angle (°) |
|-------|-------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| ■     | Berg        | Bedrock (Impenetrable)         |                                  |                                |                          |                              |
| ■     | Bottenmorän | Mohr-Coulomb                   | 20                               |                                | 0                        | 43                           |
| ■     | Fyllning    | Mohr-Coulomb                   | 18                               |                                | 0                        | 36                           |
| ■     | T           | Undrained (Phi=0)              | 13                               | 25                             |                          |                              |
| ■     | Ytmorän     | Mohr-Coulomb                   | 20                               |                                | 0                        | 36                           |



Factor of Safety

|   |             |
|---|-------------|
| ■ | 1,47 - 1,57 |
| ■ | 1,57 - 1,67 |
| ■ | 1,67 - 1,77 |
| ■ | 1,77 - 1,87 |
| ■ | 1,87 - 1,97 |
| ■ | 1,97 - 2,07 |
| ■ | 2,07 - 2,17 |
| ■ | 2,17 - 2,27 |
| ■ | 2,27 - 2,37 |
| ■ | 2,37 - 2,47 |
| ■ | 2,47 - 2,57 |
| ■ | 2,57 - 2,67 |
| ■ | 2,67 - 2,77 |
| ■ | 2,77 - 2,87 |
| ■ | ≥ 2,87      |

Nivå (RH 2000)  
 125  
 124  
 123  
 122  
 121  
 120  
 119  
 118  
 117  
 116  
 115  
 114  
 113  
 112  
 111  
 110  
 109  
 108  
 107  
 106  
 105  
 104  
 103  
 102  
 101  
 100  
 99  
 98  
 97  
 96  
 95  
 94  
 93  
 92  
 91  
 90  
 89  
 88  
 87  
 86  
 85

Avstånd (m)  
 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160

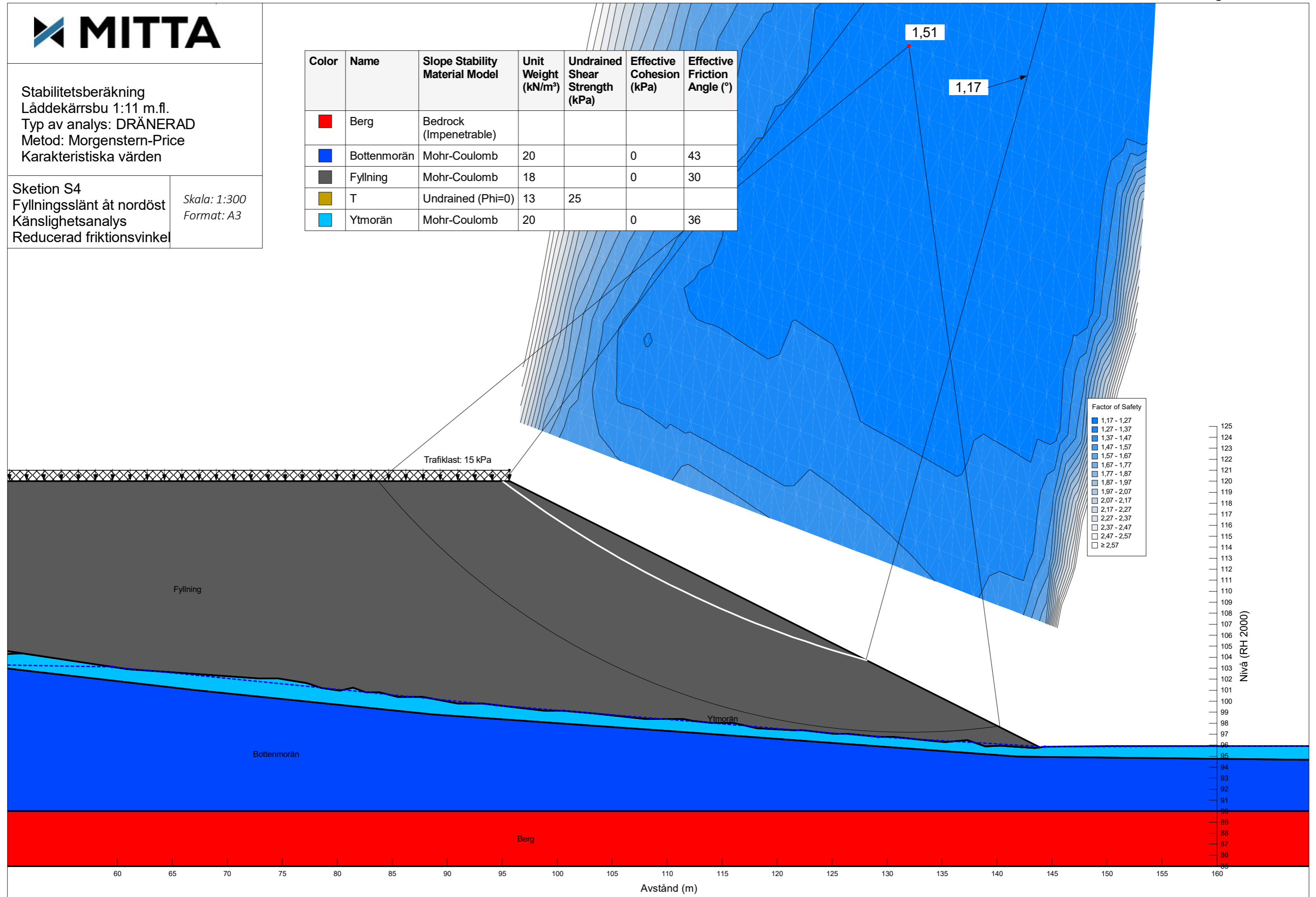


Stabilitetsberäkning  
 Låddekärrsbu 1:11 m.fl.  
 Typ av analys: DRÄNERAD  
 Metod: Morgenstern-Price  
 Karakteristiska värden

Sketion S4  
 Fyllningslänt åt nordöst  
 Känslighetsanalys  
 Reducerad friktionsvinkel

Skala: 1:300  
 Format: A3

| Color | Name        | Slope Stability Material Model | Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> ) | Undrained Shear Strength (kPa) | Effective Cohesion (kPa) | Effective Friction Angle (°) |
|-------|-------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| ■     | Berg        | Bedrock (Impenetrable)         |                                  |                                |                          |                              |
| ■     | Bottenmorän | Mohr-Coulomb                   | 20                               |                                | 0                        | 43                           |
| ■     | Fyllning    | Mohr-Coulomb                   | 18                               |                                | 0                        | 30                           |
| ■     | T           | Undrained (Phi=0)              | 13                               | 25                             |                          |                              |
| ■     | Ytmorän     | Mohr-Coulomb                   | 20                               |                                | 0                        | 36                           |



Factor of Safety

|   |             |
|---|-------------|
| ■ | 1,17 - 1,27 |
| ■ | 1,27 - 1,37 |
| ■ | 1,37 - 1,47 |
| ■ | 1,47 - 1,57 |
| ■ | 1,57 - 1,67 |
| ■ | 1,67 - 1,77 |
| ■ | 1,77 - 1,87 |
| ■ | 1,87 - 1,97 |
| ■ | 1,97 - 2,07 |
| ■ | 2,07 - 2,17 |
| ■ | 2,17 - 2,27 |
| ■ | 2,27 - 2,37 |
| ■ | 2,37 - 2,47 |
| ■ | 2,47 - 2,57 |
| ■ | ≥ 2,57      |

Nivå (RH 2000)  
 125  
124  
123  
122  
121  
120  
119  
118  
117  
116  
115  
114  
113  
112  
111  
110  
109  
108  
107  
106  
105  
104  
103  
102  
101  
100  
99  
98  
97  
96  
95  
94  
93  
92  
91  
90  
89  
88  
87  
86  
85

Avstånd (m)  
 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160