

PM Geoteknik

Framnäs, Lidköping

Lidköping kommun



Flygfoto över Framnäs Lidköping, hämtad från lantmäteriet 2021-05-17.

Datum: 2026-01-29	Rev:	Uppdragsnummer: 3220137
Handläggande Geotekniker:	Jakob Johansson, jakob.johansson@mitta.se	
Uppdragsledare/ansvarig:	Håkan Rosén, hakan.rosen@mitta.se	
Utförande geotekniker:	Johannes Wanselius, johannes.wanselius@mitta.se Anton Laitila, anton.laitila@mitta.se	

INNEHÅLL

1	UPPDRAG	4
2	UNDERLAG	4
3	STYRANDE DOKUMENT	4
4	PLANERAD BYGGNATION	5
4.1	PLANKARTA	5
4.2	DAGVATTENHANTERING	5
5	MARKFÖRHÅLLANDENA	7
5.1	TOPOGRAFI OCH YTBEKÄFFENHET	7
5.2	JORDLAGERFÖLJD	7
5.3	GRUNDVATTEN	8
6	STABILITETSANALYS	11
6.1	BERÄKNINGSSEKTIONER	11
6.2	GEOTEKNISK KATEGORI OCH SÄKERHETSKLASS	12
6.3	PROGRAMVARA	12
6.4	STABILITETSKRAV	12
6.5	PORTRYCK	13
6.6	GEOMETRIER	15
6.7	VALDA VÄRDEN FÖR MATERIALPARAMETRAR	15
6.8	LASTER	17
6.9	ÖVRIGA ANTAGANDEN/FÖRUTSÄTTNINGAR	17
6.10	RESULTAT	18
7	SÄTTNINGSANALYS	18
7.1	SPÄNNINGSNIVÅER	18
7.2	METOD FÖR SÄTTNINGSBERÄKNINGAR	19
7.3	BERÄKNADE SÄTTNINGAR	20
7.4	KRYPSÄTTNINGAR	20
8	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	21
8.1	ALLMÄNT	21
8.2	GRUNDLÄGGNING	21
8.3	STABILITET	22
8.4	MARK	23
8.5	SCHAKT OCH FyllNING	24
8.6	ÖVRIGT	24
9	FORTSATT GEOPROJEKTERING	25

Bilagor

Bilaga 1 – Val av erforderlig säkerhetsfaktor

Bilaga 2 – Valda värden

Bilaga 3 – Stabilitetsberäkningar

Bilaga 4 – Sättningsberäkningar

ADMINISTRATIVA UPPGIFTER

UPPDRAGSNAMN: Framnäs, Lidköping
Geotekniskt PM

UPPDRAGSNUMMER: 3220137
UPPRÄTTAD DATUM: 2026-01-29

BESTÄLLARE: Lidköping Kommun
Beställarens ombud:
Erik Hallberg

KONSULT: Mitta AB
Organisationsnummer:
556676-6647
Handläggande geotekniker:
Jakob Johansson
Uppdragsledare/ansvarig:
Håkan Rosén
Utförande geotekniker:
Johannes Wanselius
Anton Laitila
Företagsadress:
Gammelstadsvägen 5D, 972 41 Luleå
Epost:
hakan.rosen@mitta.se

1 UPPDRAG

Mitta AB har på uppdrag av Lidköping kommun utfört geotekniska undersökningar i Framnäsområdet i centrala Lidköping, se tillhörande MUR daterad 2025-01-31. Syftet med undersökningarna var att utgöra underlag för fortsatt planering av området. I samband med de geotekniska undersökningarna utfördes även miljögeotekniska undersökningar av Ensucon AB, något som redovisas i en separat rapport upprättad av Ensucon AB.

Detta geotekniska PM redogör för jordlagerföljd, jordens egenskaper samt en fördjupad sättningsanalys av de djupare lerlagren. Baserat på dessa analyser ges grundläggningsrekommendationer för området.

Vidare har stabilitetsberäkningar utförts för att säkerställa att slänterna inom det planerade området, som vetter mot Vänern, samt de förändringar som planen medger – exempelvis byggnadslaster, uppfyllnader och schakt för dagvattendammar – kan genomföras med tillräcklig säkerhet mot ras och skred.

2 UNDERLAG

Detta PM baseras dels på underlag om tidigare utförda geotekniska undersökningar som tillhandahållits av beställaren, dels den av Mitta AB genomförda kompletterande geotekniska utredningen. Följande underlag har nyttjats:

- Inventering av tidigare utförda geotekniska undersökningar daterad 2021-03-23.
- Markteknisk undersökningsrapport (MUR) geoteknik daterad 2025-01-31.
- Dagvattenutredning för detaljplan, dat. 2023-10-19. Upprättad av melica, tillhandahållen av Lidköpings kommun.
- Plankarta, Framnäs bostadsetapp 1, Upprättad december 2023, Lidköping kommun.
- Vattenståndsuppgifter för Vänern, Inhämtade från SMHI 2025-01-23.
- Kontrollprogram av grundvattennivåer, Ensucon 2024
- Utdrag ur primärkarta med datering 2024-10-24, erhållen av Lidköpings kommun
- Sjökartan 0-0156 Vänern_647666-129906, ur SMHI:s damm- och sjöregister, uppgiftskälla Lars Håkansson (NLU)

3 STYRANDE DOKUMENT

- AMA Anläggning 23
- TRVINFRA-00230

- IEG Rapport 4:2010, Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar

4 PLANERAD BYGGNATION

4.1 Plankarta

I nuläget undersöks förutsättningarna för bebyggelse av främst 2–6 våningsbyggnader.

Inom området planeras även för anläggande av gator och park/natur-mark. Se Figur 1 för ett urklipp från plankarta tillhandahållen av beställaren för nu planerad byggnation.

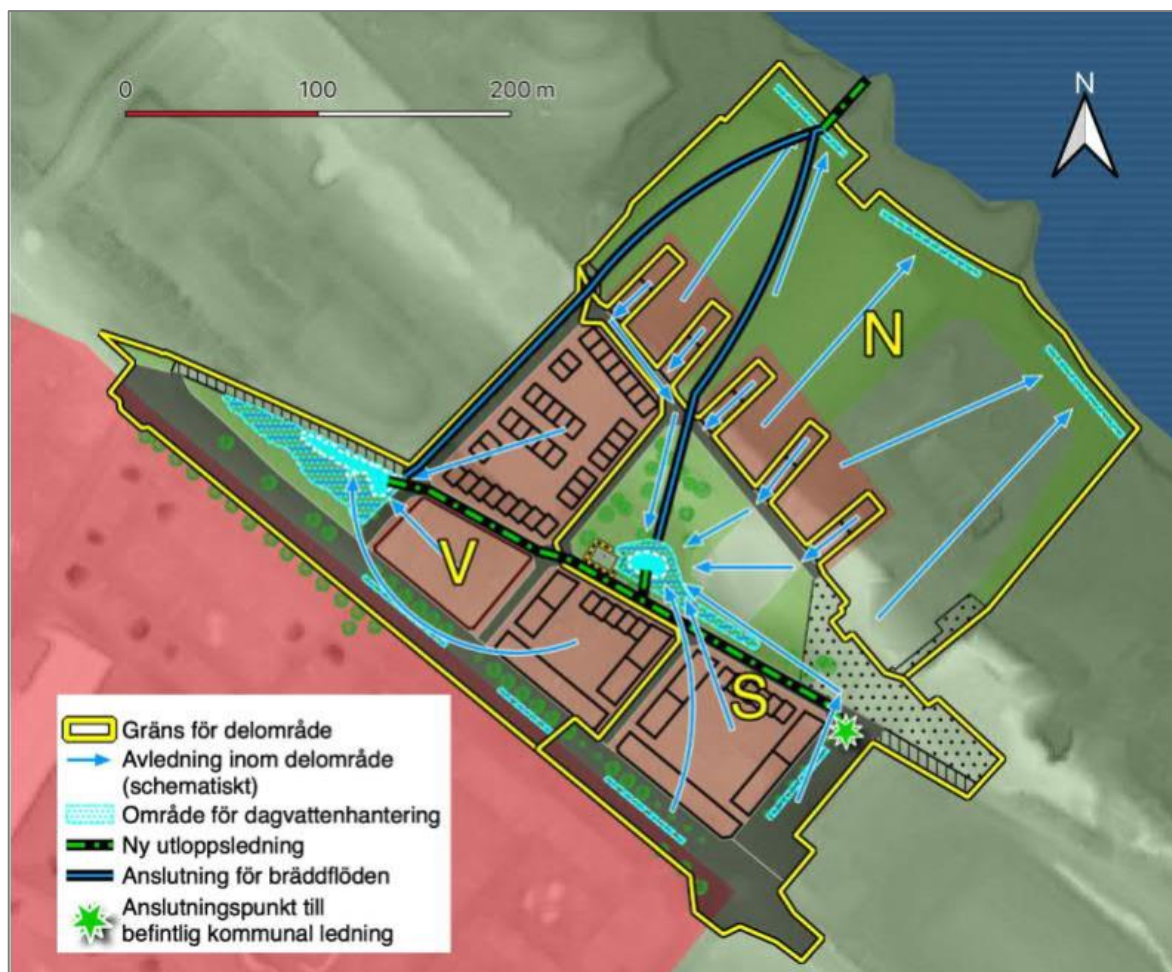


Figur 1. Urklipp från plankarta, upprättad december 2023

4.2 Dagvattenhantering

Lidköpings ledningsnät för dagvatten blir tidvis överbelastat och kommunen önskar därför att mindre flöden än i dagsläget ska tillföras från planområdet. Rening av dagvattnet och utjämning av flödena föreslås åstadkommas med öppna lösningar inom planområdet.

I Figur 2 presenteras en bild hämtad från dagvattenutredningen illustrerande förslag för hantering av dagvatten med öppna lösningar. 2 dagvattendammar planeras, en i västra delen och en centralt i planområdet.



Figur 2. Illustration hantering av dagvatten inom planområdet med öppna lösningar.

4.2.1 Strandpromenad

Längs östra delen av stranden har en strandpromenad med tillhörande badstrand nyligen anlagts som en del av Framnäs strandpark. Promenadstråket utgörs av en pålad betongkonstruktion med hårdgjorda gångytor. Utanför anläggs en ny sandstrand med erosionskydd vid dess utkant. Figur 3 visar en bild från byggnationen i ett nästan färdigställt skede.



Figur 3. Drönarfoto som illustrerar pågående arbete med anläggning av ny strandpromenad med tillhörande sandstrand. Bild erhållen av Lidköping kommun 2025-03-04.

5 MARKFÖRHÅLLANDENA

5.1 Topografi och ytbeskaffenhet

Området är relativt flackt med höjdnivåer mellan ca +46 till +48,3, där de lägre nivåerna i huvudsak anträffas mot Vänern. Marken i området utgörs dels av anlagda gräsytor (fotbollsplaner och Framnäs IP), dels av asfalterade ytor i form av väg- och parkeringsytor.

5.2 Jordlagerföljd

Information om jordlagerföljden har erhållits ifrån fältundersökningar och laboriearbeten. Denna information har värderats och analyserats varefter en bedömning av jordlagerföljden har gjorts för hela området. Här värderas resultat från utförda laborieundersökningar högst följt av fältanteckningar. Se tillhörande MUR med sektionsritningar för en överblick av jordlagerföljden för hela området

Jordlagerföljden utgörs övergripande av fyllningar på sand. Därunder följer mäktiga sediment av silt och lera. Respektive jordlager beskrivs i detalj i följande avsnitt.

5.2.1 Övre lager friktionsjord (sand)

I det övre jordlagret inom området påträffas huvudsakligen fyllningsmaterial av sand, grus och mulljord, med varierande mäktighet, cirka 0–1 meter. Större fyllningsmäktigheter återfinns främst vid anlagda ytor, såsom fotbollsplaner och parkeringsytor. Under fyllningen dominerar sandjord, vars innehåll av silt ökar med djupet.

5.2.2 Siltig lera

Lerlagret i området domineras av siltig lera med varierande sammansättning på olika nivåer. På ytligare nivåer består leran huvudsakligen av siltig lera med enstaka växtdelar. Med ökande djup förekommer tunna sandskikt och sandkörtlar, och leran blir gradvis mer sandig och siltig. På större djup finns även inslag av både sandig lera och grå, något sandig, lerig silt.

I Tabell 1 redogörs en mer detaljerad lagerindelning baserad på resultat av rutinanalyser på ostörda jordprover.

Tabell 1: Jordlagerföljd utifrån ostörda provtagningar och laboratorieundersökningar

Nivå (m u my)	Beskrivning
4	Bedöms i huvudsak som grå siltig lera. Även enstaka växtrester förekommer.
8	Bedöms i huvudsak som siltig lera. Även enstaka tunna sandskikt förekommer.
12	Bedöms i huvudsak som siltig lera. Även enstaka tunna sandskikt förekommer. Troligtvis följer mellan 12 – 16 meter ett jordlager av annan karaktär än tidigare jordlager.
16	Bedöms både som sandig siltig lera och grå ngt. sandig lerig silt. Även enstaka tunna sandskikt förekommer. Troligtvis följer mellan 16 – 20 meter ett jordlager av annan karaktär än tidigare jordlager.
20	Bedöms både som sandig siltig lera och grå ngt. sandig lerig silt. Även enstaka tunna sandskikt/sandkörtlar förekommer.

Det övre jordlagret inom området bedöms huvudsakligen tillhöra tjälfarlighetsklass 2 alternativt 1 och materialtyp 3B alternativt 2. Det underliggande jordlagret, bedöms huvudsakligen tillhöra tjälfarlighetsklass 4 och materialtyp 5A.

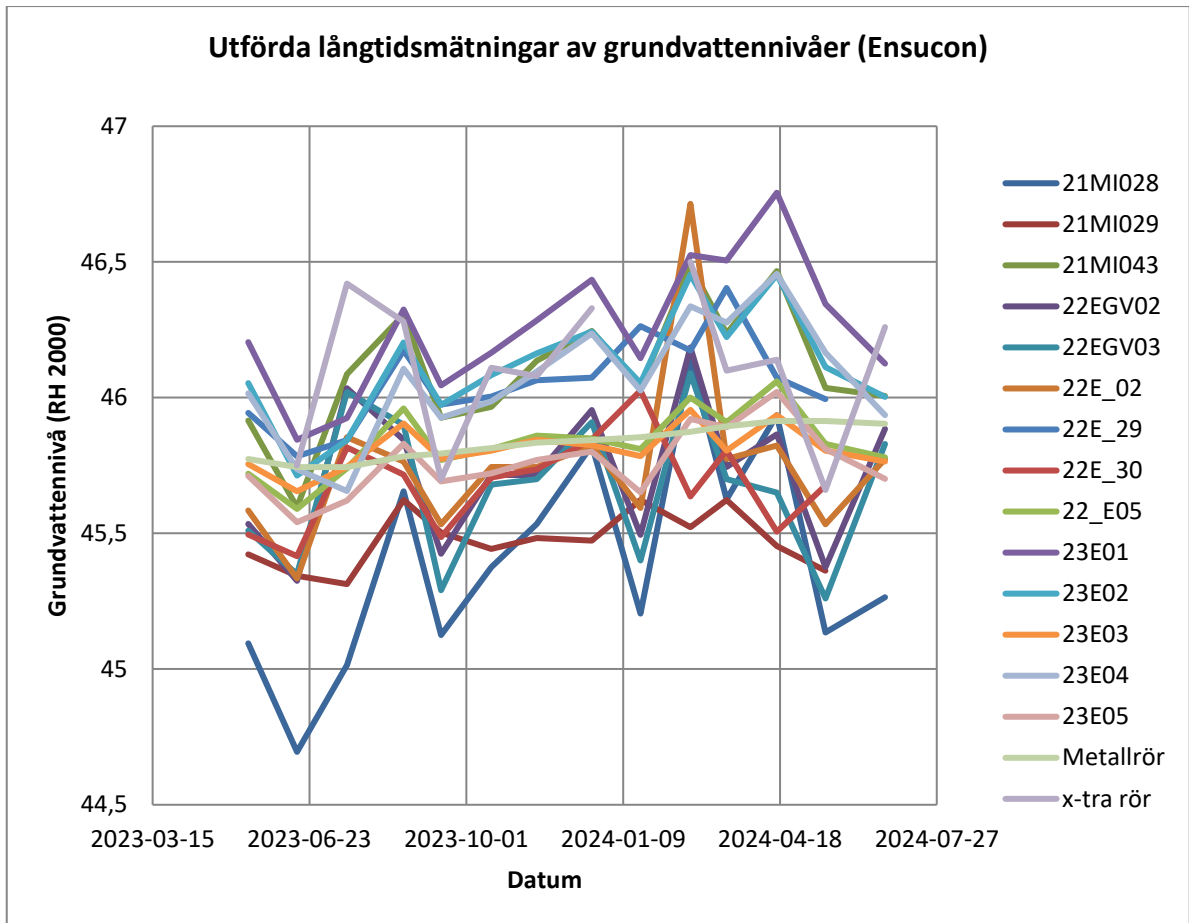
5.3 Grundvatten

De geohydrologiska förhållanden har utvärderats utifrån delvis 5 installerade grundvattenrör av Mitta under 2021 (se MUR geoteknik daterad 2025-01-31), men huvudsakligen utifrån långtidsmätningar i 16 grundvattenrör utförda av Ensucan i samband med genomförande av ett kontrollprogram för grundvatten. Där har avvägningar av grundvattennivån utförts fortlöpande under perioden Maj 2023 – juni 2024. I Figur 4

framgår en planritning över grundvattenrörens lägen och i Figur 5 en sammanställning över samtliga uppmätta nivåer för respektive grundvattenrör.



Figur 4. Översiktskarta över lägen på installerade grundvattenrör, framtagen av Ensucon 2023-06-01.



Figur 5. Sammanställning av långtidsmätningar av grundvattennivåer, utförd av Ensucon 2024.

Baserat på mätningarna bedöms grundvattennivån i normalfallet ligga omkring 1–1,5 meter under markytan, men variationer förekommer beroende på lokala förhållanden. I områden med högre markytor tenderar grundvattennivån att ligga djupare, ofta ner mot 2,5 meter, medan den i låglänta områden kan vara grundare och ibland nå markytan.

Mätningarna visar vidare att grundvattennivåerna i de flesta rör varierar med ungefär 1 meter över årscykeln. Ett undantag är rör 21MI029, där en betydligt mindre variationsbredd (0,31 m) noterats. Detta kan indikera att grundvattnet i detta område är mer stabilt och mindre påverkat av yttre faktorer såsom nederbörd och säsongsvariationer.

I kontrast uppvisar rör 21MI028 en avsevärt större variation på 1,44 meter, vilket är nästan 50 % högre än för de övriga rören. Detta kan tyda på att grundvattennivåerna i detta område påverkas i högre grad av exempelvis infiltration från nederbörd.

Det kan även noteras att områden med högre markytor generellt uppvisar mer stabila grundvattennivåer, medan lägre liggande områden tenderar att ha större variationer. Denna trend stämmer överens med 21MI028, som både har en relativt låg markytanivå och den största uppmätta variationen i grundvattennivå.

6 STABILITETSANALYS

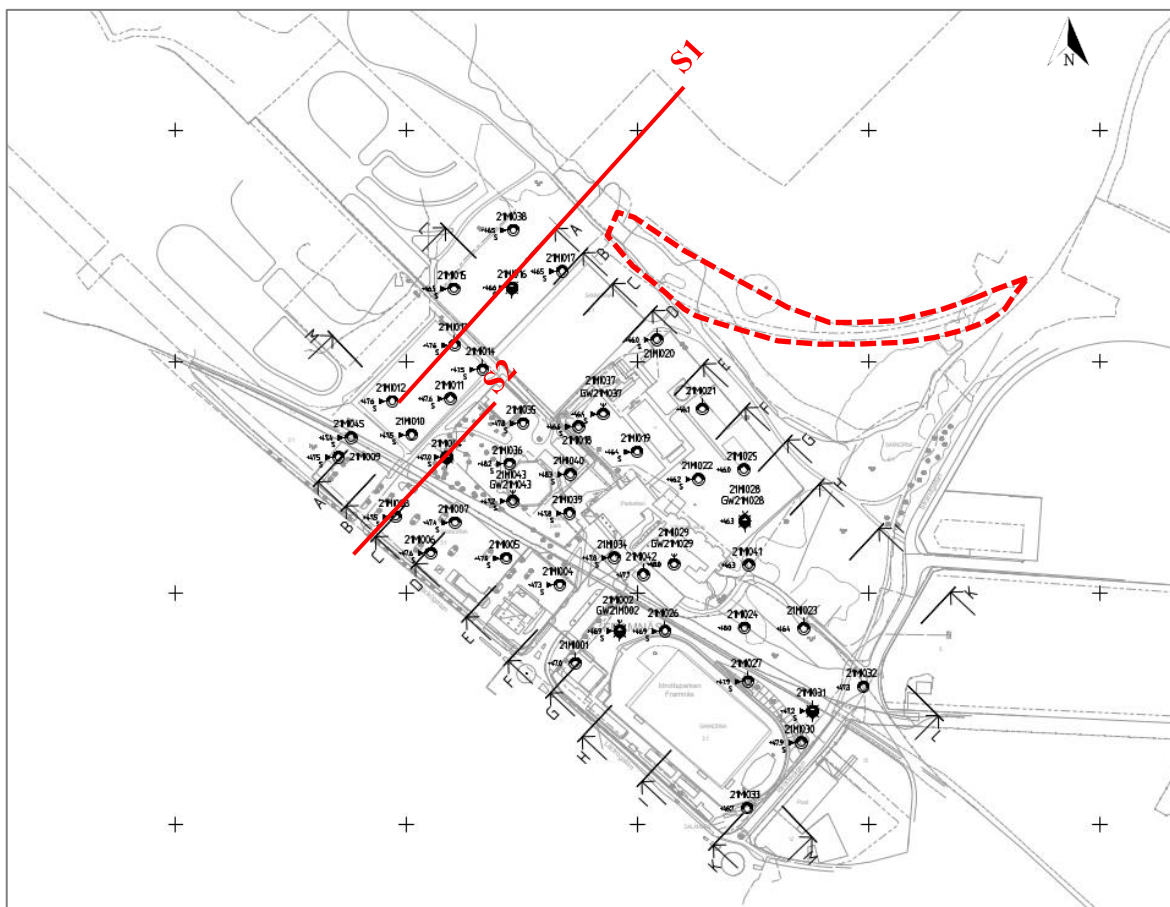
6.1 Beräkningssektioner

Två beräkningssektioner har studerats. Lägena framgår i plan av Figur 6.

Sektion S1 representerar slänten ned mot Vänern. Beräkningar har genomförts både för den planerade bebyggelsen och som en känslighetsanalys med hänsyn till stranderosion ur ett långsiktigt perspektiv. I analysen av stranderosion antas upp till som mest 2 meter sandmassor borttransporteras vid släntfoten. Analysen omfattar en tidsperiod motsvarande bebyggelsens förväntade livslängd på minst 100 år. Risker för erosion beror på flera faktorer, däribland jordart, strandlutning, vågpåverkan och vattenståndsvariationer som är svåra att prognosticera. Eftersom området utgörs av sandjord med en flack lutning ned mot Vänern kan erosionen förväntas ske gradvis över tid, särskilt vid högvatten och kraftiga vindar som genererar vågor. Vid långvarig exponering kan sediment borttransporteras, vilket kan leda till en förskjutning av strandlinjen och en sänkning av släntfoten. Det kan å andra sidan finnas naturlig sandtillförsel från omgivande områden som kan delvis motverka detta. Med tanke på typ av anläggning (badstrand) finns en möjlighet att sandtillförsel utförs i framtiden för bibehållen funktion.

Den nyligen anlagda strandpromenaden har medfört en förändrad strandlinje i den östra delen av området. Stabilitetsberäkningar har inte utförts för denna sektion, då konstruktionen bedöms förbättra stabilitetsförhållandena. Detta beror dels på att den är pålad, dels på att de tillförda massorna utanför konstruktionen fungerar som en mothållande tyngd. Dessutom har ett erosionsskydd anlagts vid vattenbrynet längs den nya strandlinjen.

Sektion S2 representerar stabilitetsförhållandena för de planerade dagvattendammarna och är belägen i den centrala delen av planområdet. Beräkningarna har utförts med hänsyn till ytlast från den planerade bebyggelsen, trafiklast från den nya gatan samt för två olika dammbottnar, på djup av 1 respektive 2 meter.



Figur 6. Planritning med valda sektioner för stabilitetsberäkningar. Ny strandpromenad med förändrad strandlinje markerat med rött.

6.2 Geoteknisk kategori och säkerhetsklass

Stabilitetsberäkningar är utförda för permanentskedet, i geoteknisk kategori 2 (GK2) och säkerhetsklass 2 (SK2).

6.3 Programvara

Stabilitetsberäkningarna har utförts med programmet SLOPE/W 2024. I Slope/W beräknas säkerhetsfaktorer mot skred med jämviktsteorier i det vertikala planet.

I de aktuella analyserna har cirkulär-cylindriska och plana glidytor beräknats med Morgenstern-Price's lamellmetod. Beräkningarna har utförts med odränerad och kombinerad analys. Inga tredimensionella effekter är medtagna i beräkningarna.

6.4 Stabilitetskrav

Stabilitetsberäkningar har utförts med odränerad och kombinerad analys enligt IEG Rapport 4:2010. Beräkningar är utförda för planläggning med status detaljerad utredning, vilket

innebär att erforderlig säkerhetsfaktor ska uppgå minst inom spannet $F_c \geq 1,7 - 1,5$ vid odränerad analys och $F_{\text{komb}} \geq 1,5-1,4$ vid kombinerad analys

I detta fall har värden på $F_c \geq 1,58$ för odränerad analys respektive $F_{\text{komb}} \geq 1,44$ för kombinerad analys valts. Detta val är baserat på ett antal olika gynnsamma respektive ogynnsamma faktorer som redogörs i Bilaga 1.

6.5 Portryck

6.5.1 Portrycksprofil

En hydrostatisk portrycksprofil har valts.

6.5.2 Dagvattendamm

Dagvattendammar antas i beräkningarna vara helt torrlagda, vilket normalt ger det dimensionerande fallet och bedöms vara på säker sida.

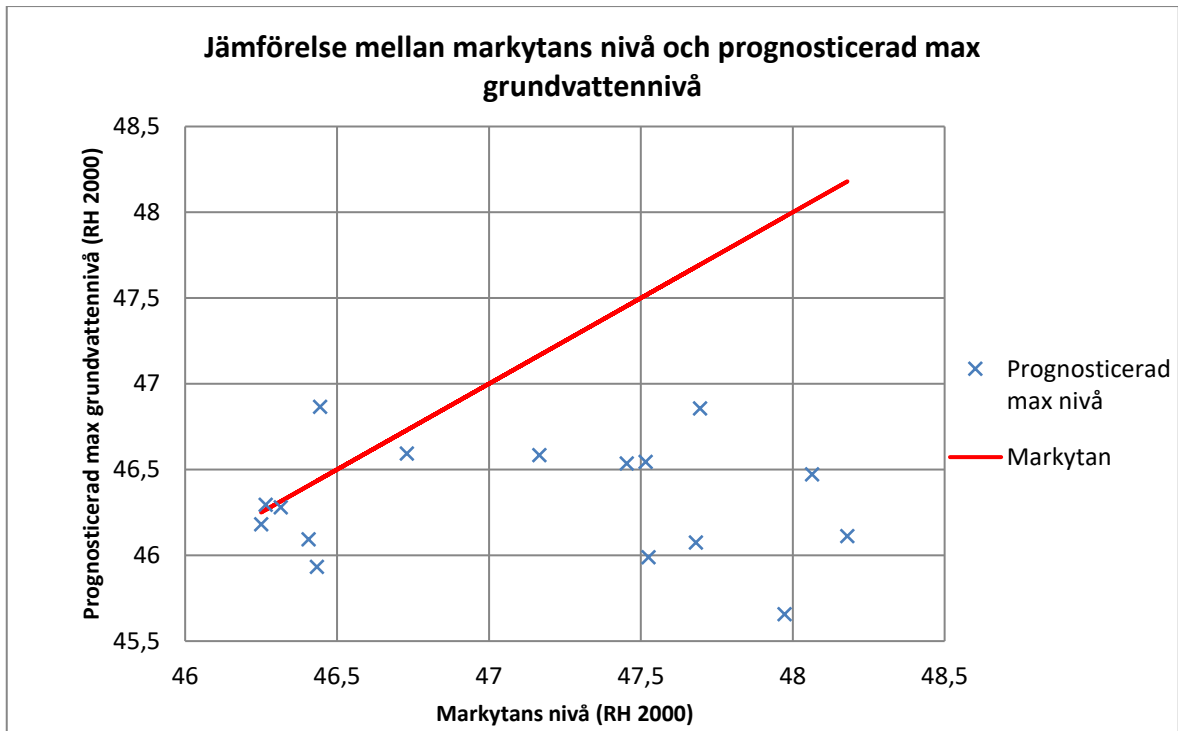
6.5.3 Prognosticerade högsta och lägsta grundvattennivåer

Lägsta vattenstånd i Vänern är antagen till +43,7 vilket motsvarar lägsta vattenstånd efter reglering sedan 1937 enligt statistik för Vänern från SMHI. Detta antas ge en motsvarande dimensionerande lägsta grundvattennivå i närliggande mark.

Ett referensrör Rådaåsen 43, som ansvaras av SGU och är beläget cirka 3 km sydväst om det aktuella området, har under mätperioden februari 2019 till mars 2025 uppvisat en högsta grundvattennivå på ca +56,0. och en lägsta nivå på +54,9. Detta innebär en total variationsbredd på 1,1 meter, vilket motsvarar den naturliga fluktuationen i grundvattennivån under mätperioden. Denna variationsbredd sammanfaller bra mot de flesta grundvattenrör i aktuellt område.

Den prognosticerade högsta grundvattennivån bedöms, baserat på utförda inmätningar och långtidsmätningar i referensröret, ligga på ett djup av 0–0,5 meter i de lägre partierna av området och öka till cirka 1,5–2,0 meter i de högre partierna. Detta motsvarar grundvattennivåer som generellt ligger omkring +46 till +47. En utvärdering av prognosticerad grundvattennivå i förhållande till marknivån illustreras i Figur 7.

Det prognosticerade värdet baseras på antagandet att den maximala grundvattennivån i referensröret vid en återkomsttid på 200 år (y_{max}^{200}) överstiger den högsta uppmätta nivån under mätperioden med **0,3 meter**. Beräkningen av den prognosticerade maximala nivån har utförts i enlighet med riktlinjerna i SGI Vägledning 8. Detta antagande grundas på att grundvattenmagasinet bedöms vara stort med hänsyn till de rådande jordlagerförhållandena (relativt plana markförhållanden med relativt mäktiga högpermeabla sandlager)



Figur 7. Jämförelse av bedömd dimensionerande högsta grundvattennivån i förhållande till markytan.

6.5.4 Valda dimensionerande värden

Sektion S1 – Slänt ned mot Vätern

Två scenarier har beaktats:

1. Lågvatten: Vattenståndet i Vätern är ansatt till +43,7 medan grundvattennivån längre in mot land är +45.
2. Högvatten: Grundvattennivån antas vara i nivå med markytan (ca +46) vilket motsvarar den maximalt prognosticerade grundvattennivån vid aktuell marknivå.

Sektion S2 – Dagvattendamm

- Grundvattennivån antas i samtliga beräkningsfall ligga i nivå med dammbotten.
- Vid ett dammdjup på 2 meter (dammbotten vid nivå ca +45) har en grundvattennivå på +46,5 m ö.h. ansatts i omkringliggande mark, vilket motsvarar den maximalt prognosticerade grundvattennivån vid aktuell marknivå.
- Detta bedöms vara en mycket konservativ ansats, då detta scenario sannolikt inte kan uppstå med hänsyn till de högpermeabla jordlagren.

6.6 Geometrier

Marknivåer inom planområdet har hämtats från primärkarta tillhandahållen av Lidköpings kommun (daterad 2024-10-24). Som komplement har inmätta marknivåer från de geotekniska fältundersökningarna beaktats för att säkerställa aktuell höjdinformation inom området.

I primärkartan ingår även uppgifter om bottennivåer i Vänern, redovisade till ett avstånd om cirka 400 meter utanför strandlinjen. Inmätningarna har utförts manuellt med totalstation, till fots samt från båt. Dessa har använts som underlag för att definiera bottengeometrierna i stabilitetsmodellen.

Ur geoteknisk synvinkel bedöms underlaget vara tillräckligt vad gäller både noggrannhet och utbredning för att kunna bedöma stabilitetsförhållandena inom ramen för detaljplanarbetet.

6.7 Valda värden för materialparametrar

6.7.1 Övre lager av friktionsjord (sand)

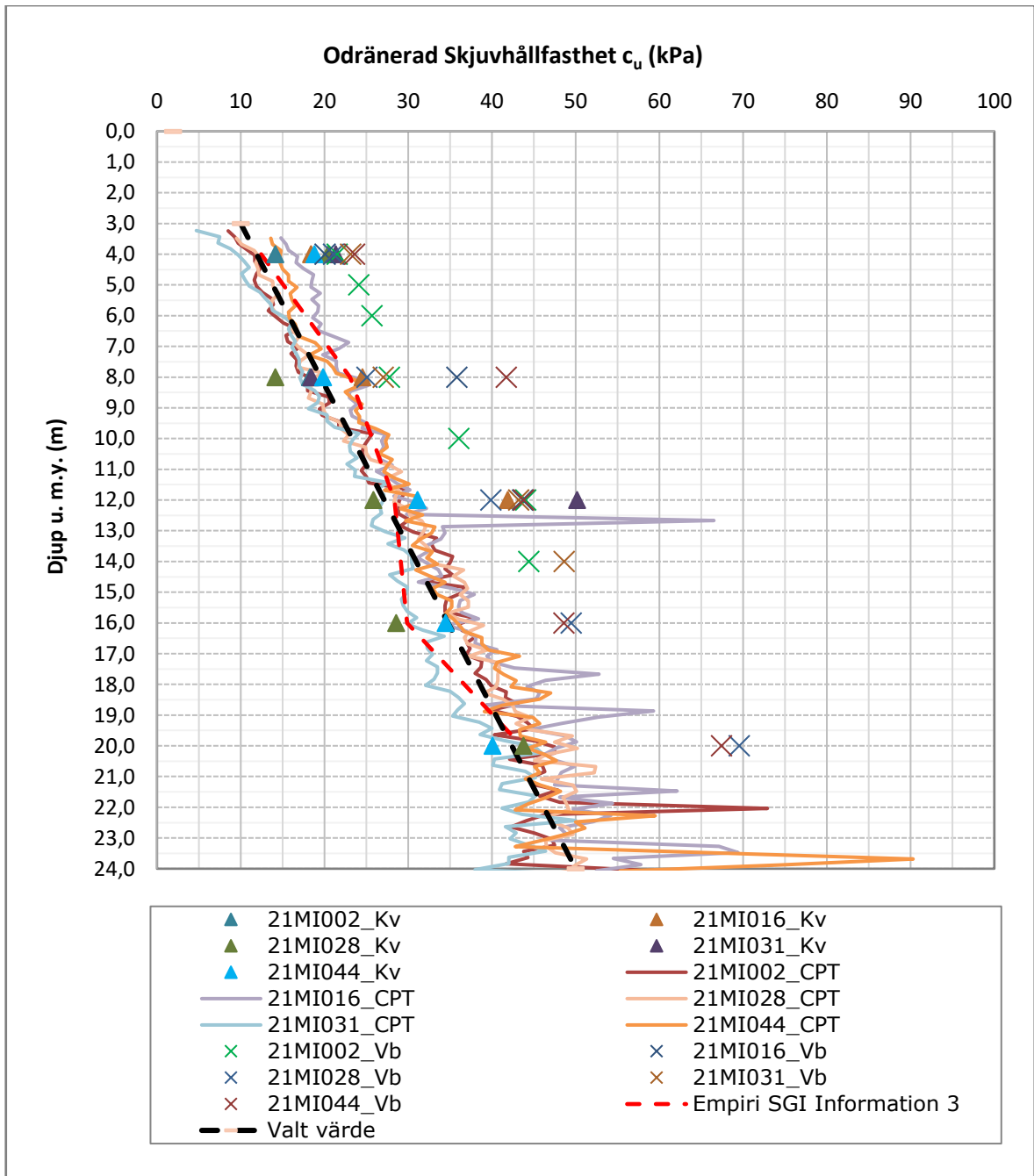
Vid val av materialparametrar har stöd tagits från MUR Geoteknik, dat. 2025-01-31. Friktionsjordens egenskaper har huvudsakligen utvärderats från tryck- och viktsonderingar.

Friktionsvinkeln på det övre sandlagret har valts till $\phi' = 33^\circ$ o Den valda friktionsvinkeln i de olika lagren antas vara konstant med djupet. Tungheten på lagren antas utifrån empiri uppgå till 18 kN/m^3 enligt Tabell A1-1 i TRVINFRA-00230.

6.7.2 Siltigt lerlager

Värden för lerlagrets odränerade skjuvhållfasthet har bestämts utifrån härledda värden från CPT-sonderingar och vingförsök utförda i fält och rutinanalyser utförda i laboratorium. Den valda skjuvhållfastheten är markerad med svartstreckad linje, se Figur 8.

Större vikt har lagts vid utförda CPT-sonderingar, dels för att värdena sammanfaller bättre med de hållfastheter som utvärderas empiriskt med ledning av förkonsolideringstryck och flytgräns (röd streckad linje), dels för att det ger ett konservativt valt värde av hållfasthet och beräkningar på säker sida.



Figur 8. Härledda värden på odränerad skjuvhållfasthet och valt värde.

För dränerad skjuvhållfastheten som används vid kombinerad analys antas att:

- Inre friktionsvinkel, $\varphi' = 30^\circ$,
- Kohesionsintercept, $c' = 0,1 \times c_u$

där c_u är valda värden för odränerad skjuvhållfasthet.

Tungheten på lagret sätts till 17 kN/m vilket är ett medelvärde baserat på samtliga uppmätta skrymdensiteter på ostörda jordprover.

6.7.3 Underliggande friktionsjord

Friktionsvinkeln i underliggande friktionsjord ansätts till 38 grader och tungheten till 20 kN/m².

6.7.4 Sammanställning av valda värden

I Tabell 2 redogörs en sammanställning av valda materialparametrar för stabilitetsberäkningarna (sektion S1-S2). Samtliga diagram över övriga härledda och valda värden redovisas i Bilaga 2.

Tabell 2. Valda materialparametrar för stabilitetsanalys, karakteristiska värden.

Jordlager	Materialegenskap	Karakteristiskt värde, X _k
Sand	Tunghet, γ Friktionsvinkel, ϕ'	18 kN/m ³ 33°
Siltig lera	Tunghet, γ Friktionsvinkel Odränerad skjuvhållfasthet, c_u Kohesionsintercept, c'	17 kN/m ³ 30 ° 10+1,9*z kPa (där z=0 i ö.k. lerlager 0,1*c _u
Friktionsjord	Tunghet, γ Friktionsvinkel, ϕ'	20 kN/m ³ 38°

6.8 Laster

I beräkningarna har en ytlast på **40 kPa** inkluderats för områden avsedda för nya bostäder (markerade i gult på plankartan). Detta motsvarar exempelvis fyra våningsbyggnader eller två våningsbyggnader inklusive en meters uppfyllnad.

Lasten har valts utifrån den reglering som införts i plankartan gällande maximal tillförd last. Denna bestämmelse baseras på de geotekniska analyser som genomfördes i inledningen av planarbetet och bedömdes vara ett konservativt val. Att uppföra byggnader av denna storlek utan pålning, lastkompensation eller annan teknisk lösning för att minska risken för kraftiga sättningar är direkt olämpligt. Sådana förstärkningsåtgärder kommer sammantaget att minska den faktiska ytbelastningen

En trafiklast har i beräkningarna placerats ovanpå förekommande gator. Trafiklasten är ansatt till **15 kPa** och täcker hela vägytan enligt TRVKINFRA-00230. Trafiklasten kan betraktas som konservativt vald, dvs ett högt värde har nyttjats.

6.9 Övriga antaganden/förutsättningar

Nedan listas övriga antaganden för stabilitetsberäkningarna:

- Beräknade glidytor har begränsats till att ligga som närmast 2 m under markytan.
- Inga 3D-effekter är beaktade, vilket i detta fall ger beräkningar på säker sida.

- Befintliga marknivåer i beräknade sektioner är hämtade från nivåkurvor hos grundkarta.

6.10 Resultat

Stabilitetsberäkningarna redogörs i sin helhet i Bilaga 3.

I Tabell 3 redogörs en sammanfattning av beräkningsresultaten. I samtliga fall erhöles tillfredställande stabilitet.

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

Sektion	Odränerad, F_c	Kombinerad, F_{komb}	Bilaga Sid.nr.
S1 – Planerad förhållanden, Lågvatten	2,48	2,48	1-2
S1 – Planerad förhållanden, Högvatten	2,15	2,15	3-4
S1 – Stranderosion	2,05	2,05	5-6
S2 – Dagvattendamm 1 m djup	1,97	1,98	7-8
S2 – Dagvattendamm 2 m djup	1,72	1,72	9-10
Krav	1,58	1,48	
Uppfyller kraven			
Uppfyller ej kraven			

7 SÄTTNINGSANALYS

7.1 Spänningsnivåer

Vid beräkning av sättningar krävs kunskap om jordens spänningsnivåer och deformationsegenskaper. Spänningsnivåerna i jorden kan beräknas utifrån exempelvis olika utbredda laster och jämföras med förkonsolideringstrycket.

En utbredd last avser en last som verkar över en större yta och där lastökningen inte avtar med djupet, såsom vid uppfyllnader. Detta skiljer sig från punkt- eller linjelaster, där spänningen minskar med djupet, exempelvis vid plattgrundläggning.

Förkonsolideringstrycket bestäms genom laboratorieanalyser av ostörda lerprover, främst med CRS-försök.

Resultaten visar i detta fall att leran i området generellt har en relativt enhetlig konsolideringsegenskap. Dock avviker provpunkt 21MI016, som uppvisar en högre

överkonsolideringsgrad jämfört med övriga provpunkter, medan 21MI002 har en lägre förkonsolideringsgrad.

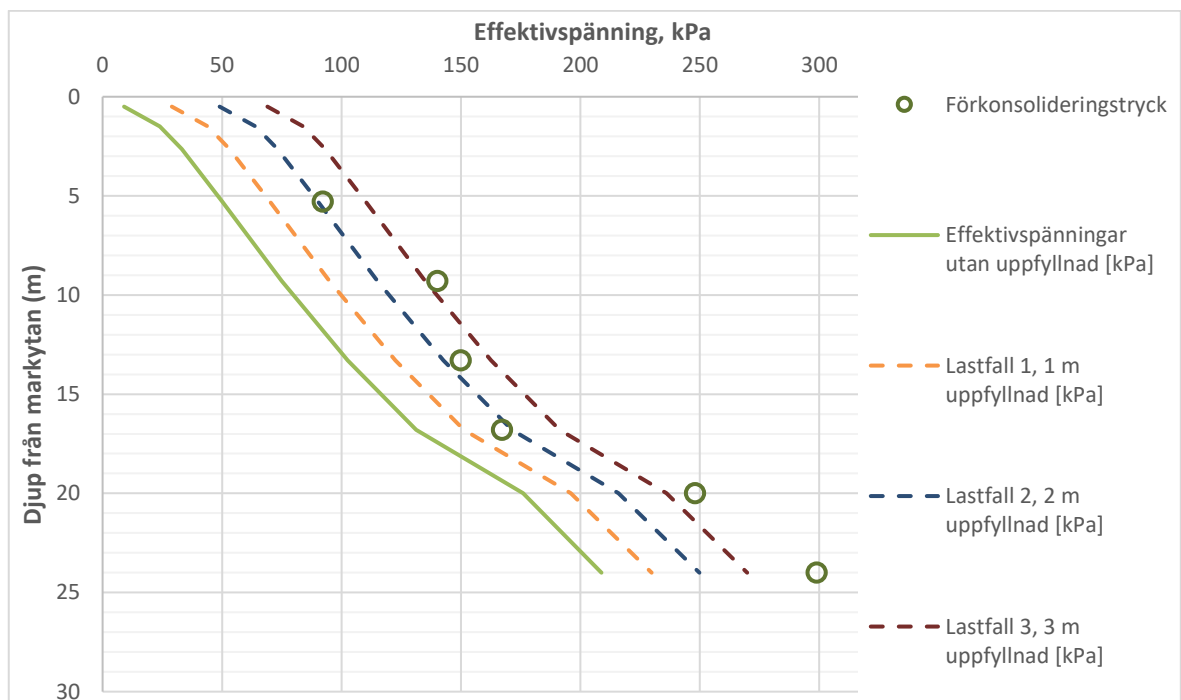
Övergripande bedöms leran i området som överkonsoliderad, med en överkonsolideringsgrad (OCR) på cirka 1,4–2. Vissa variationer förekommer, där framför allt högre OCR-värden har uppskattats. Tidigare geotekniska undersökningar bekräftar denna överkonsolidering.

För att översiktligt utvärdera markens förmåga att bära laster med avseende på sättningar i aktuellt område har sättningsberäkningar utförts i fem karakteristiska provpunkter, där parametrar från utförda CRS-försök främst har använts.

I Figur 9 illustreras hur förkonsolideringstrycket förhåller sig till olika lastfall för provpunkt 21MI028. I Bilaga 4 redogörs fullständiga sättningsberäkningar för ytterligare 4 provpunkter.

Lastfallen som använts är:

1. 1 m uppfyllnad (20 kPa utbredd last – ingen lastspridning med djupet)
2. 2 m uppfyllnad (40 kPa utbredd last – ingen lastspridning med djupet)
3. 3 m uppfyllnad (60 kPa utbredd last – ingen lastspridning med djupet)



Figur 9. Spänningsdiagram med lastfall och valt förkonsolideringstryck vid beräkningar, provpunkt 21MI028

7.2 Metod för sättningsberäkningar

Vid sättningsberäkningarna har jorden delats in i delskikt med materialparametrar baserade på CRS-försök och utvärderade CPT-sonderingar. De primära sättningarna har beräknats för varje delskikt och därefter summerats. **Krypsättningar har inte beaktats i beräkningarna**, men bedöms vara aktuellt

Parametrar från både CRS-försök och CPT-sonderingar har använts. För nivåer där data saknas från någon av dessa metoder har värden uppskattats genom interpolering mellan närliggande nivåer och/eller genom rimlighetsbedömning. Konsolideringsförloppet har beräknats för respektive provpunkt, baserat på **cv-värden** från CRS-försök.

Lasten antas spridas genom hela jordlagret utan lastfördelning. Exempelvis innebär en uppfyllnad om **1 meter (20 kPa)** att varje delskikt belastas med **20 kPa**.

E-modulen för det översta jordlagret av friktionsjord har utvärderats från utförda viktsonderingar och uppskattats till **10 MPa** (se tillhörande MUR).

7.3 Beräknade sättningar

En jämförelse av fullständigt utbildade sättningar, som inträffar efter ca 3 år, redogörs i Tabell 4. Minst sättningar utbildas i provpunkt 21MI016 och störst sättningar i provpunkt 21MI002.

Tabell 4. Jämförelse av fullständigt utbildade sättningar.

Provpunkt	Lastfall 1 [20 kPa]	Lastfall 2 [40 kPa]	Lastfall 3 [60 kPa]	Konsolideringsförlopp
21MI002	14 [cm]	41 [cm]	77 [cm]	3 [år]
21MI016	9 [cm]	19 [cm]	28 [cm]	3 [år]
21MI031	10 [cm]	20 [cm]	46 [cm]	3 [år]
21MI028	11 [cm]	22 [cm]	57 [cm]	3 [år]
21MI044	11 [cm]	22 [cm]	45 [cm]	3 [år]
Medelvärde	11 [cm]	25 [cm]	51 [cm]	3 [år]

En jämförelse av utbildade sättningar efter 1 år redogörs i Tabell 5. Konsolideringsgraden i området efter 1 år varierar mellan 65–90 %.

Tabell 5. Jämförelse av utbildade sättningar efter 1 år

Provpunkt	Lastfall 1 [20 kPa]	Lastfall 2 [40 kPa]	Lastfall 3 [60 kPa]	Konsolideringsgrad
21MI002	13 [cm]	37 [cm]	69 [cm]	90 %
21MI016	7 [cm]	14 [cm]	21 [cm]	75 %
21MI031	8 [cm]	16 [cm]	37 [cm]	80 %
21MI028	8 [cm]	17 [cm]	43 [cm]	76 %
21MI044	7 [cm]	14 [cm]	29 [cm]	65 %
Medelvärde	8 [cm]	20 [cm]	40 [cm]	77 %

Troligtvis erhålls ej stora differentiella sättningar då lerans mäktighet i området bedöms vara likartad.

7.4 Krypsättningar

Krypsättningar har inte beaktats i de genomförda sättningsberäkningarna. Analysen av lerjordens egenskaper visar att leran är överkonsoliderad, med en överkonsolideringsgrad (OCR) på cirka 1,4–2,0. Dock förekommer variationer mellan olika provpunkter och nivåer. Eftersom en del av krypsättningen redan har skett i enlighet med det bestämda

förkonsolideringstrycket, förväntas ytterligare krypsättning främst uppstå vid tillskottsspänningar, exempelvis från påförda laster från byggnader och uppfyllnader.

Framtida krypsättningar rekommenderas beräknas och beaktas i den fortsatta detaljprojekteringen.

Vid större djup, från cirka 12 meter, bedöms jorden successivt bli grövre med en mer siltig och sandig sammansättning. På dessa djup förväntas krypsättningarna vara mindre.

8 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

8.1 Allmänt

Sammanfattningsvis bedöms marken som lämplig för bebyggelse. De belastningar som detaljplanen medger, dvs uppfyllnader, vägar och bebyggelse är möjliga att genomföra med bibehållen god stabilitet. Det mäktiga lerlagret som förekommer under ytskiktet av sand över i princip hela planområdet är dock känslig för belastning vilket ställer särskilda krav på markanvändningen.

Eftersom lerjorden är överkonsoliderad med ca 30 %, och i vissa nivåer avsevärt mer, kan emellertid viss belastning tillåtas innan sättningarna blir alltför stora.

Sammanfattningsvis kan sättningar i följande storleksordning förväntas:

- Vid en lastökning på 40 kPa – motsvarande flervåningsvåningsbyggnader beräknas sättningar i storleksordningen 14–37 cm, beroende på var i området lasten påförs.
- Vid en lastökning på 20 kPa – motsvarande tvåvåningsbyggnader – beräknas sättningar på 9–14 cm, beroende på var i området lasten påförs.

I följande avsnitt ges vägledning om val av grundläggningsmetod beroende på lastfall.

8.2 Grundläggning

All form av ökade markbelastningar, till exempel genom byggnader, uppfyllnader, grundvattensänkning etc. riskerar att medföra långtidsbundna sättningar. Med en begränsad höjdsättning bedöms förutsättningarna för en ytlig grundläggning av 2 våningsbyggnader vara goda och grundläggning kan utföras med plattor eller grundsulor.

För tyngre (>20 kPa) mer sättningskänsliga byggnader behöver en särskild sättningsutredning genomföras, alternativt så nyttjas pågrundläggning eller kompensationsgrundläggning.

Konsolideringsförloppet är relativt snabbt vilket är gynnsamt vid utfyllnad av området. Med tidig utläggning ca 1-2 år innan grundläggning bedöms merparten av sättningarna från utfyllnaden ha utbildats. Detta är gynnsamt och kan utnyttjas för att utföra till exempel förbelastningar i byggglägen som sättningsreducerande metod. Stabilitetsförhållandena måste dock beaktas.

Vid en pålad grundläggning rekommenderas någon form av utjämning vid övergångar mellan pålade konstruktioner och omgivande mark, vid exempelvis entréer eller inom trafikerade ytor, för att hantera stora sättningdifferenser. Utjämning kan exempelvis ske genom utspetsning med lättfyllning, länkplattor etc. Ledningar som skall anslutas till byggnader måste utformas så att de kan hantera/klara vissa påkänningar i form av rörelser.

Rekommendationer för påhängslaster på pålar och förstärkningsåtgärder för att reducera sättningar bedöms och projekteras också efter att kompletterande geoteknisk utredning har utförts.

Djupgrundläggning med pålar kan utföras på flera olika sätt helt beroende på hur lasterna ser ut. Mantelbärande betongpålar, spetsburna betongpålar, stålröppålar (vid stora lastkoncentrationer) eller Injekterade pålar är de metoder som troligen kommer att bli aktuella i detta projekt.

Dynamisk störvägmätning (till exempel med metoden CAPWAP eller liknande) bör utföras vid installation av betongpålar i syfte att optimera den geotekniska bärförmågan i relation till pällängden.

Som allmän information bedöms pällängder (spetsburna) om minst 25–28 m vara aktuella utifrån utförda vikt – och trycksonderingar. Kompletterande undersökningar kan bli aktuella om bättre precision på pällängder önskas.

Som alternativ till pålgrundläggning vid sättningsproblematik kan metoden kompensationsgrundläggning utföras. Metoden innebär till exempel utförande med källare eller med schakt och återfyllning med lätta byggnadsmaterial. Med denna metod bör byggnader upp till 3–4 våningar vara möjliga. Med en urgrävning om 1 meter så ges en lastkompensation på ca 15 kPa, med en urgrävning om 2 meter så ges en lastkompensation om ca 30 kPa. Lättfyllnadsmaterial kan vara cellplaster, leca-kulor (bränd lera) eller skumglas (restprodukt av glas).

Vid utförande med källare är det av stor vikt att dessa källare utförs endera väldränerade tekniska lösningar eller med vattentät betong då grundvattenytan ligger i nivåer omkring 1–2 meter under nuvarande markyta.

8.3 Stabilitet

Stabiliteten inom planområdet bedöms som godtagbar. Markytorna lutar svagt inom hela planområdet och botten i Vänern är flack och långsträckt.

Lerjorden bedöms vara högsensitiv eller kvick, vilket innebär en förhöjd risk för efterföljande skred, så kallade bakåtgripande skred. För att utvärdera denna risk har undervattensslänten i Vänern analyserats genom beräkningar där erosion antas transportera bort upp till 2 meter jordmassor, vilket påverkar stabiliteten negativt (Bilaga 3 sid. 5-6). Detta scenario bedöms vara ett konservativt antagande, men trots detta visade beräkningarna att stabiliteten är fullgod och eventuell påverkan av erosion vid stranden kommer inte ha någon betydande negativ påverkan på stabiliteten.

De planerade **dagvattendammarna** kommer att påverka släntgeometrin och medföra försämrade stabilitetsförhållanden. För att kontrollera detta har beräkningar genomförts, där en kombination av ogynnsamma faktorer har beaktats, inklusive ytlaster från bebyggelse, trafikbelastning från väg och permanenta schakter för dammar (Bilaga 3 sid. 5-8).

Utförda beräkningar visar att:

- **Vid ett dammdjup på cirka 1 meter** är stabiliteten fullgod utan behov av särskilda restriktioner.
- **Vid ett dammdjup på cirka 2 meter** erhålls också fullgod stabilitet, förutsatt att tyngre ytlaster begränsas i direkt anslutning till släntkrönet.

Mot denna bakgrund bedöms ett generellt minsta avstånd om 5 meter mellan släntkrön och belastad markyta vara tillräckligt för att säkerställa god stabilitet för dagvattendammar inom planområdet.

I de fall där dammdjupet uppgår till 2 meter eller mer och byggnader alternativt vägar placeras i närheten, bedöms ett ökad skyddsavstånd om minst 10 meter mellan släntkrön och byggnader och vägar vara en lämplig säkerhetsåtgärd för att upprätthålla tillräckliga säkerhetsmarginaler.

Slänter i dagvattendammar bör utföras med en lutning om högst 1:3 (ej brantare). Om brantare slänter eller mer begränsade avstånd eftersträvas kan stabiliteten i stället säkerställas genom tekniska **förstärkningsåtgärder**, exempelvis:

- stenskonung eller erosionsskydd vid släntfot,
- förtäckta dammar med grov sprängsten,
- lokal användning av lättfyllnad för att reducera belastning,
- stödkonstruktioner eller andra geotekniska förstärkningslösningar.

Likvärdiga geotekniska förhållanden bedöms råda för både den västra och centrala dammen och slutsatserna av utförda beräkningar gäller för båda.

I Bilaga 3 framgår fler antaganden vad gäller geometrier, som släntlutningar, djup till dammbottnar och närhet till väg/bebyggelse.

8.4 Mark

Om marken kommer uppfyllas i något syfte, kanske för landskapsmodulering eller för att få till vackra jordgradänger kan undergrunden då behövas förstärkas. Detta kan utföras på tre olika sätt.

1. Finns tid i projektet kan tidigt byggande i kombination med en överlast vara en relevant metod. Sättningsuppföljning av konsolideringsförloppet bör då fortlöpande följas med mätningar
2. Utförande med vertikaldräner i syfte att påskynda konsolideringsförloppet. Detta utförande har sina fördelar i en snabbare utveckling av sättningarna
3. Utförande med KC-pelare i undergrunden. Metoden förstärker undergrunden genom inblandning av kalk och/eller cement i jordpelare, oftast med diameter 600 mm. Är den dyraste metoden av de tre men ger god förstärkningseffekt efter några månader efter utförande

8.5 Schakt och fyllning

Schakter i det överliggande sandiga/siltigt sandiga jordlagret bör ovan grundvattennivån kunna utföras med släntlutningar om 1:1 för korttidsschakter och på samma sätt med släntlutningar 1:2 under grundvattennivån, ner till djupet ca 2 meter. Om brantare slänter planeras rekommenderas att säkrare metoder så som schaktsläde används.

Permanent slänter utförs med släntvinkel på minst 1:2

Avtäckning av all vegetation/organisk jord skall utföras under grundläggningar

Schakt ska skyddas mot frysning och återförda massor/ny fyllning ska vara tjälfria vid packning (krav enligt AMA 23). All packning av jord skall sett till materialval och arbetsutförande utföras helt i enlighet med AMA 23.

Vid schaktning ska beaktas att jorden kan vara flytbenägen i vattenmättat tillstånd. Schaktning ska utföras så att jordens fasthet under grundläggningsnivån inte minskar. Terrassen av siltig jord eller lera försämras snabbt av vattentillskott varför frilagda terrasser skall skyddas kontinuerligt med fyllning. Åtgärder skall kontinuerligt vidtas så att vattensamlingar inte uppstår, tex. genom dikning, bombering, länshållning etc.

8.6 Övrigt

Det rekommenderas att tjälskyddande åtgärder utförs för kalla byggnader, garage, förråd mm. Även entréer och portar bör tjälskyddas för att inte få tjällyftningar. Detta kan åstadkommas med fyllningsjord/bergkross tillhörande tjälfarlighetsklass 1 som packas eller isolering (t.ex. cellplast).

Sensitiviteten i lerlagret visar på att leran utifrån sensitiviteten definieras som kvicklera, det vill säga leran förlorar mycket stor del av sin hållfasthet vid stötning/vibrationer (t.ex. vid schaktning, tippning av massor, pålning etc.). Detta i kombination med höga punktlaster (t.ex. stora lokala fyllningar, tunga arbetsfordon) innebär större risk att marken går till brott. Detta ska beaktas i fortsatt projekteringsarbete samt vid val av grundläggnings- och markförstärkningsåtgärder

9 FORTSATT GEOPROJEKTERING

Vår bedömning är att det nu finns en bra och stabil grund för fortsatt geoprojektering och för utförandet av detta projekt ur ett geotekniskt perspektiv. Kännedomen om den ytliga sandiga jorden är god samt att kännedomen av det mäktiga underliggande lerjordlagret är väldigt god. Metodiken att utföra omfattande ostörd jordprovtagning i fem karakteristiska utvalda punkter över området ger en bra bild om lerans geotekniska kunskaper, även på djupet.

Vid detaljprojektering och genomförande kan det finnas behov av ökad geoteknisk kännedom om följande:

- Bättre kännedom av de djupt underliggande fasta jordlagren av morän och berg.
- Utförande av inblandningsförsök med kalk och cement i leran för bedömning av recept för KC-pelare, om den grundförstärkningsmetoden blir aktuell.

Beräkningsmässigt kommer beräkningar för stabilitet och bärighet samt för de valda djupgrundläggningsmetoderna att behöva utföras i god samverkan mellan geotekniker och konstruktörer/markprojektörer

Gynnsamma förhållanden	1/0	Vikt	Ogynnsamma förhållanden	1/0	Vikt
Konsekvenser av skred					
Ingen risk för människoliv och ringa ekonomisk skada			Risk för människoliv eller stor ekonomisk	1	1
Begränsad utbredning av skred			Risk för bakåtgripande skred	1	1
Ingen risk för omgivningspåverkan eller sekundär påverkan			Risk för omgivningspåverkan eller sekundär påverkan	1	1
Ej kvicklera			Kvickleraområde enligt kap 4.4.3	1	1
Släntens beständighet					
Inga tecken på rörelser i slänten	1	0,9	Observerade rörelser i slänten, sprickbildning mm		
Ingen risk för ytvatten- och/eller yterosion			Risk för erosion/pågående ytvatten- och/eller yterosion	1	0,9
Intakt gräs-, busk-, eller trädvegetation	1	0,9	Vegetationsfria eller avverkade områden alt. Lutande och/eller nedfallna träd		
Tidigare förändringar i slänten					
Utlagda fungerande erosionsskydd	1	0,8	Pågående erosion		
Utförda stabilitetsförbättrande åtgärder	1	0,8	Ingrepp som försämrat stabiliteten		
Belastningsminskningar			Belastningsökningar		
Gynnsam reglering av vattendrag			Ogynnsam reglering av vattendrag		
Jordens egenskaper					
Friktionsjordar			Kohesionsjordar	1	0,7
Låg sensitivitet			Hög sensitivitet	1	0,7
Liten spridning i bestämda hållfasthetsegenskaper	1	0,7	Stor spridning i bestämda hållfasthetsegenskaper		
Homogen jord	1	0,7	Skiktade jordar		
Analys- och beräkningsarbetets tillförlitlighet					
Stort antal beräknade glidytor			Litet antal beräknade glidytor	1	0,6
Känslighetsanalys utförd på valda parametrar			Ingen känslighetsanalys utförd på valda parametrar	1	0,6
Samtidigt valda ogynnsammaste extremvärden för last, portryck och vattenstånd. Ringa sannolikhet för att vald kombination inträffas samtidigt	1	0,6	Vald kombination för last, portryck och vattenstånd motsvarar normaltillståndet för slänten		
Utförd känslighetsanalys av svårtolkade förutsättningar ger endast ringa förändring på beräkningsresultatet			Utförd känslighetsanalys av svårtolkade förutsättningar ger betydelsefull förändring av beräkningsresultat		
Kritiska glidyten omfattar mycket stor jordvolym med ett stort antal hållfasthetsbestämningar och mindre glidytor har god beräkningsmässig säkerhet.	1	0,6	Kritiska glidyten omfattar mindre jordvolym med ett fåtal hållfasthetsbestämningar.		
Förhållandena är enkla med små variationer i yta, jordlagerföljd eller hållfasthet	1	0,6	Förhållandena är komplicerade med stora variationer yta, jordlagerföljd eller hållfasthet.		
Glidyten läge i plan vald i farligaste delen ur stabilitetssynpunkt	1	0,6	Glidyten läge i plan representerar släntens genomsnittliga geometri		
2-dimensionell analys (som regel något på säkra sidan)	1	0,6	3-dimensionell analys (begränsad erfarenhet för stora slänter)		
Fält- och laboratorieundersökningens innehåll och omfattning					
Tätt undersökt, dvs undersökningarna ger bra geotekniskt underlag av hela utredningsområdet			Glest undersökt vilket kräver antaganden som påverkar stabilitetsberäkningen		
CPT-sonderingar är utförda	1	0,5	Endast sonderingar typ Tr, Vim är utförda		
Stort antal undersökta prover i lab	1	0,5	Litet antal undersökta prover i lab		
Kompressionsförsök utförda	1	0,5	Kompressionsförsök saknas		
Direkta skjuvförsök är utförda			Direkta skjuvförsök saknas	1	0,5
Triaxialförsök är utförda			Triaxialförsök saknas	1	0,5
In situ-provning är utförda med vingförsök och/eller dilatometerförsök	1	0,5	Ingen eller ringa provning i fält		

Släntens geometri					
Välkänd geometri (bra grundkarta, utförda avvägningar, lodningar, etc)	1	0,5	Glest avvägt och/eller lodat		
Flack slänt	1	0,5	Brant slänt		
Lokala branta partier finns ej i slänten	1	0,5	Lokala branta slänter finns i slänten		
Grundvatten- och portrycksförhållanden					
Känslighetsanalys med avseende på grundvatten- och portrycksförhållandena utförd	1	0,4	Känslighetsanalys med avseende på grundvatten- och portrycksförhållandena ej utförd		
Långtidsobservationer finns	1	0,4	Långtidsobservationer saknas		
Begränsade förväntade trycksvariationer	1	0,4	Risk för stora tryckvariationer		
God kännedom om portrycksfördelning såväl med djupet som i slänten som helhet	1	0,4	Ringa kännedom om portrycksfördelningen i slänten		
Ytvattenförhållanden					
Karakteristiska vattenstånd är kända	1	0,3	Karakteristiska vattenstånd är okända		
Små vattenståndsvariationer			Stora vattenståndsvariationer		
Långsam förändring i vattenstånd			Hastiga förändringar i vattenstånd		
Väldränerat och dikat området	1	0,3	Stor risk för lokala vattenansamlingar		
Poäng		13,5			8,5
Fördelning		61%			39%

Odränerad analys	Lägsta värde	Högsta värde
Intervall för säkerhetsfaktor detaljerad utredning, bef. Bebygg	1,5	1,7
Viktad säkerhetsfaktor	1,58	
Intervall för säkerhetsfaktor fördjupad utredning, bef. Bebygg	1,3	1,4
Viktad säkerhetsfaktor	1,34	
Intervall för säkerhetsfaktor detaljerad utredning, nyexploatering	1,5	1,7
Viktad säkerhetsfaktor	1,58	
Intervall för säkerhetsfaktor fördjupad utredning, nyexploatering	1,4	1,5
Viktad säkerhetsfaktor	1,44	

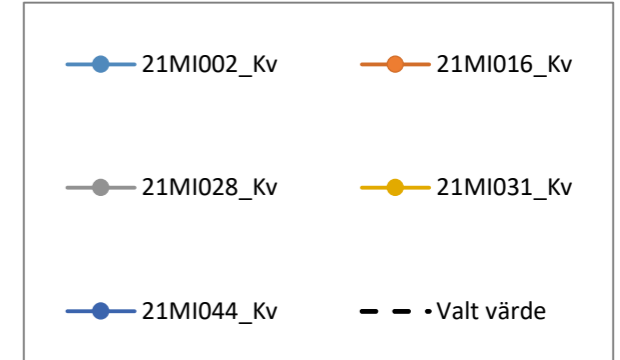
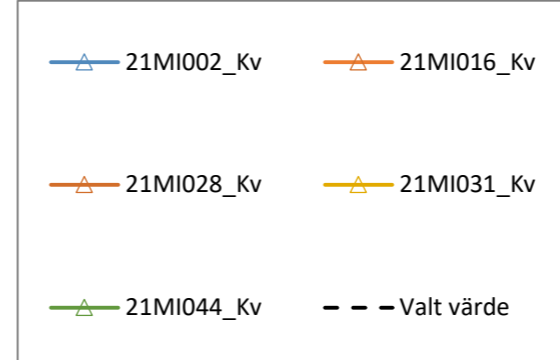
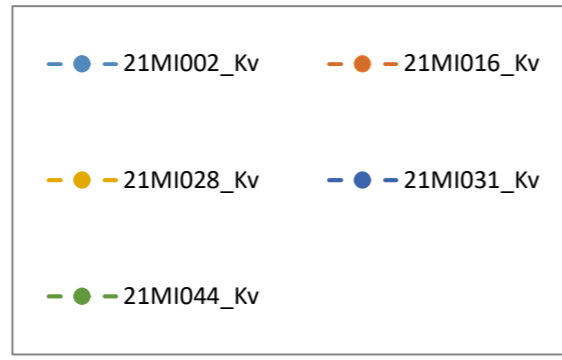
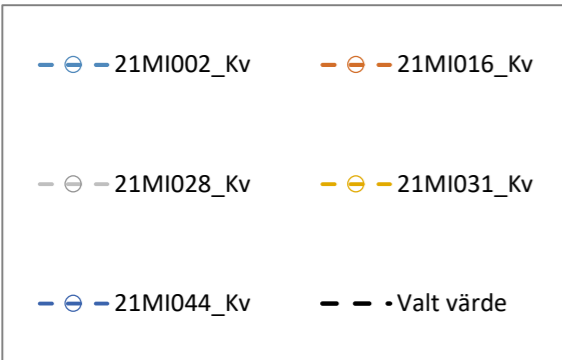
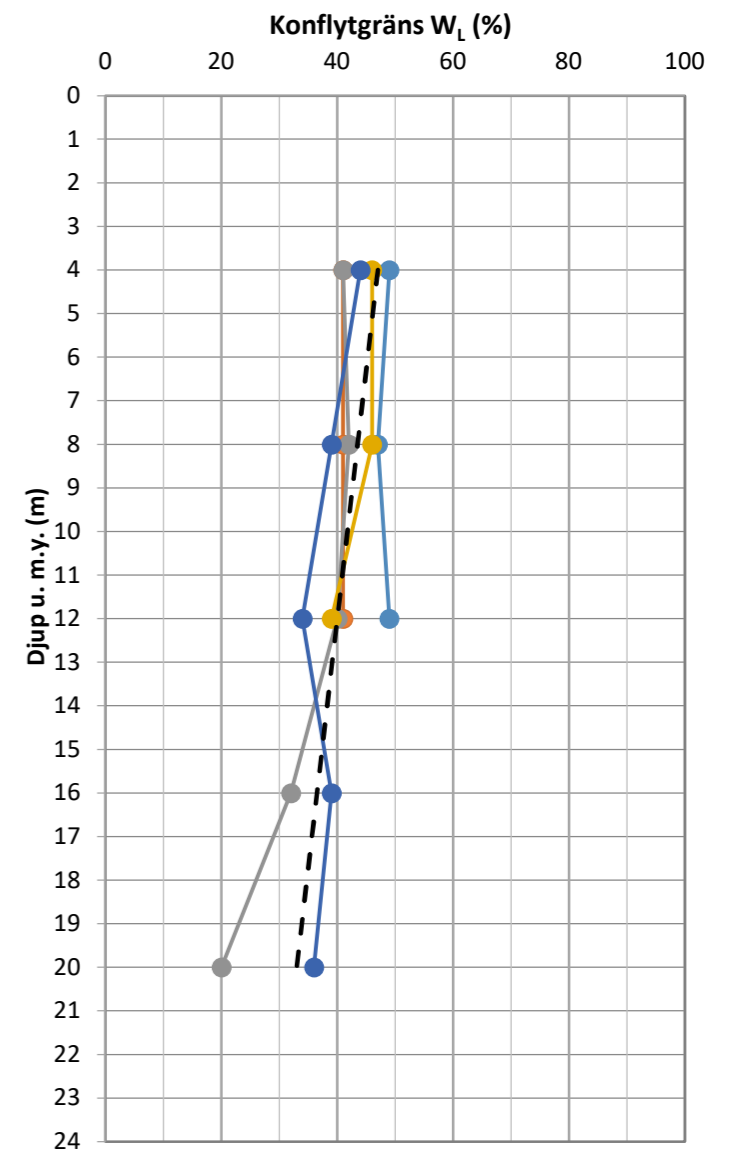
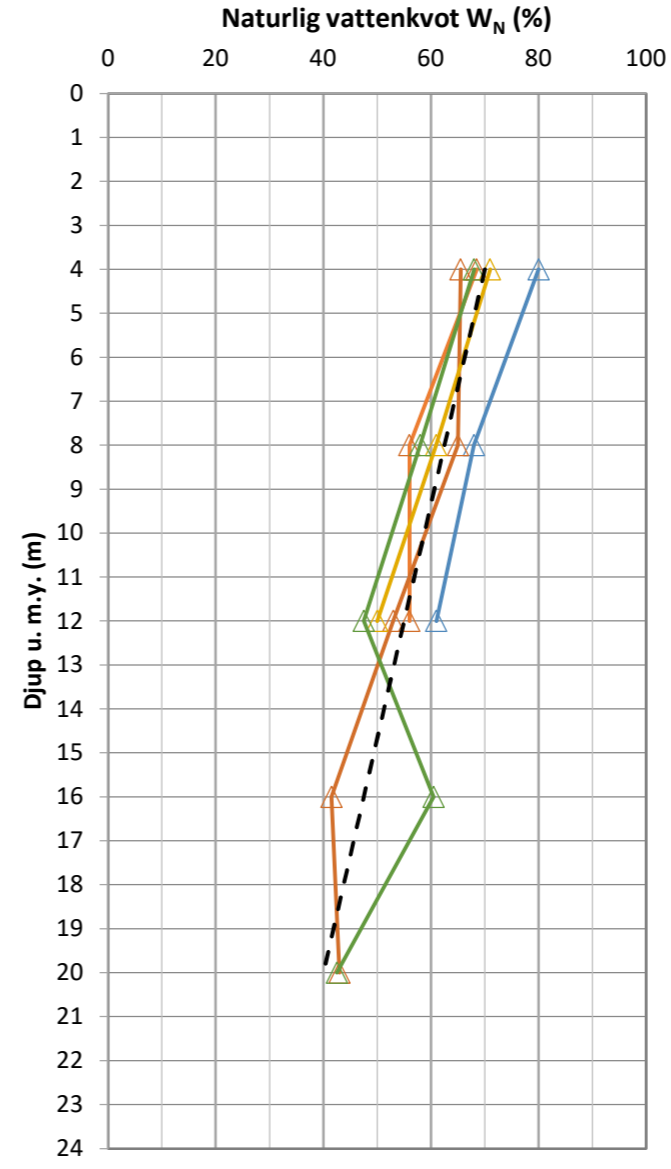
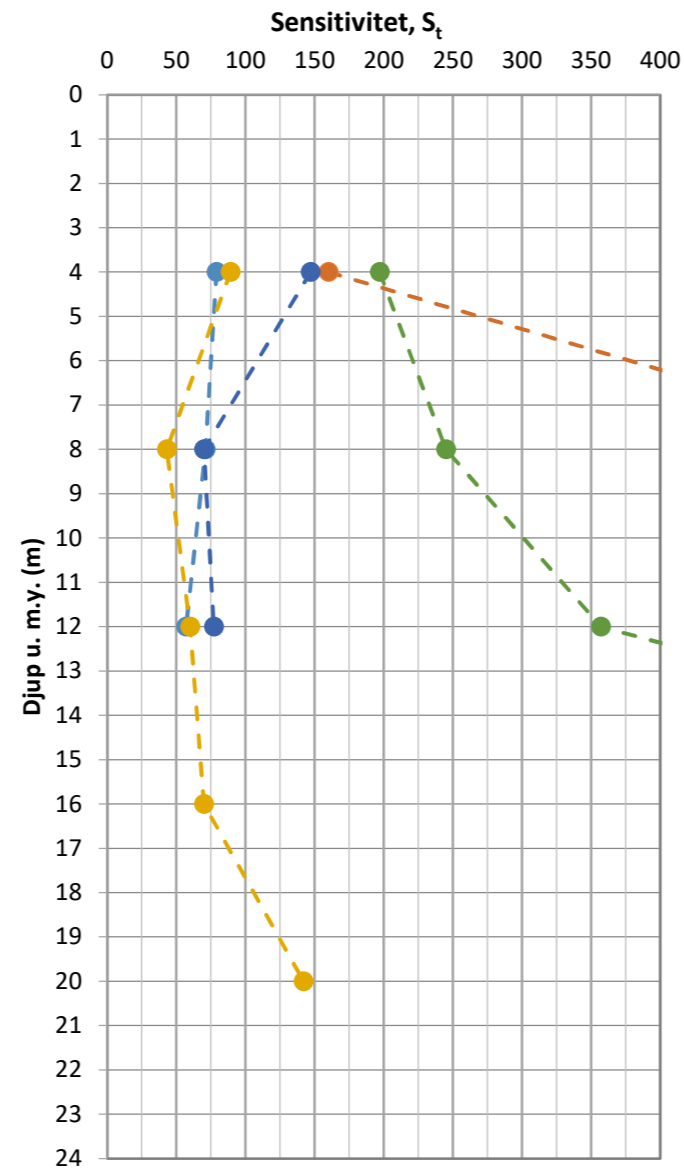
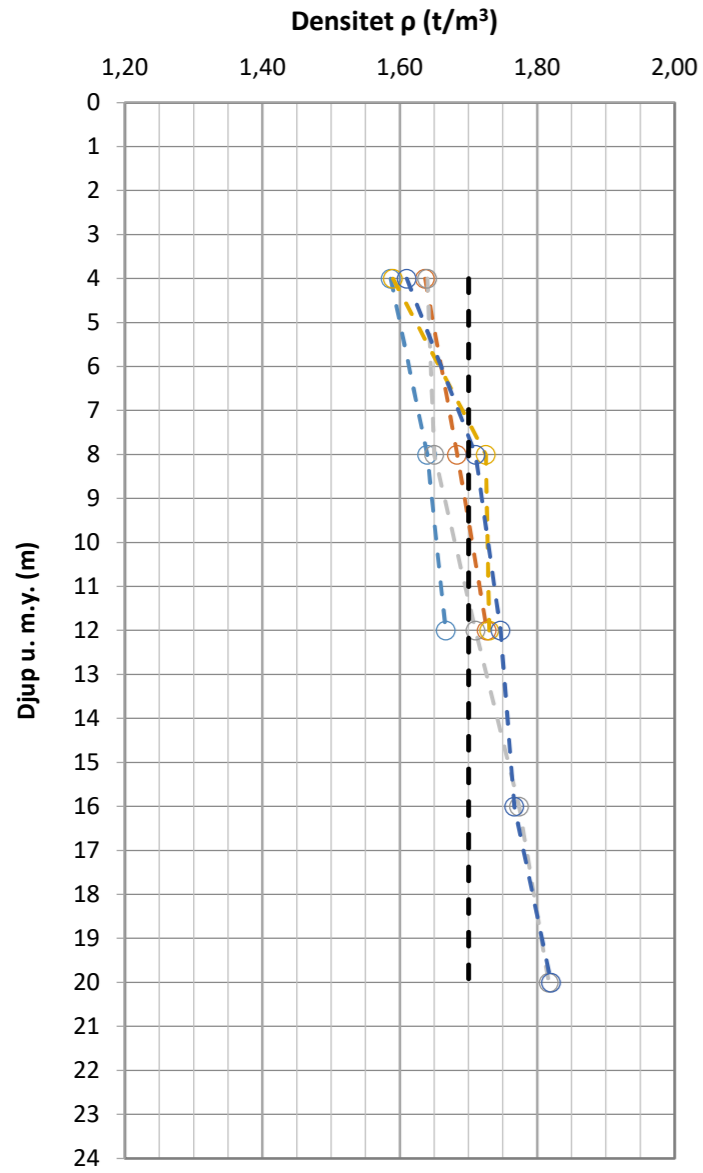
Kombinerad analys	Lägsta värde	Högsta värde
Intervall för säkerhetsfaktor detaljerad utredning, bef. Bebygg	1,3	1,5
Viktad säkerhetsfaktor	1,38	
Intervall för säkerhetsfaktor fördjupad utredning, bef. Bebygg	1,2	1,3
Viktad säkerhetsfaktor	1,24	
Intervall för säkerhetsfaktor detaljerad utredning, nyexploatering	1,4	1,5
Viktad säkerhetsfaktor	1,44	
Intervall för säkerhetsfaktor fördjupad utredning, nyexploatering	1,3	1,4
Viktad säkerhetsfaktor	1,34	

Framnäs
Densitet, sensitivitet, naturlig vattenkvot och konflytgräns

Valda värden



2025-01-17

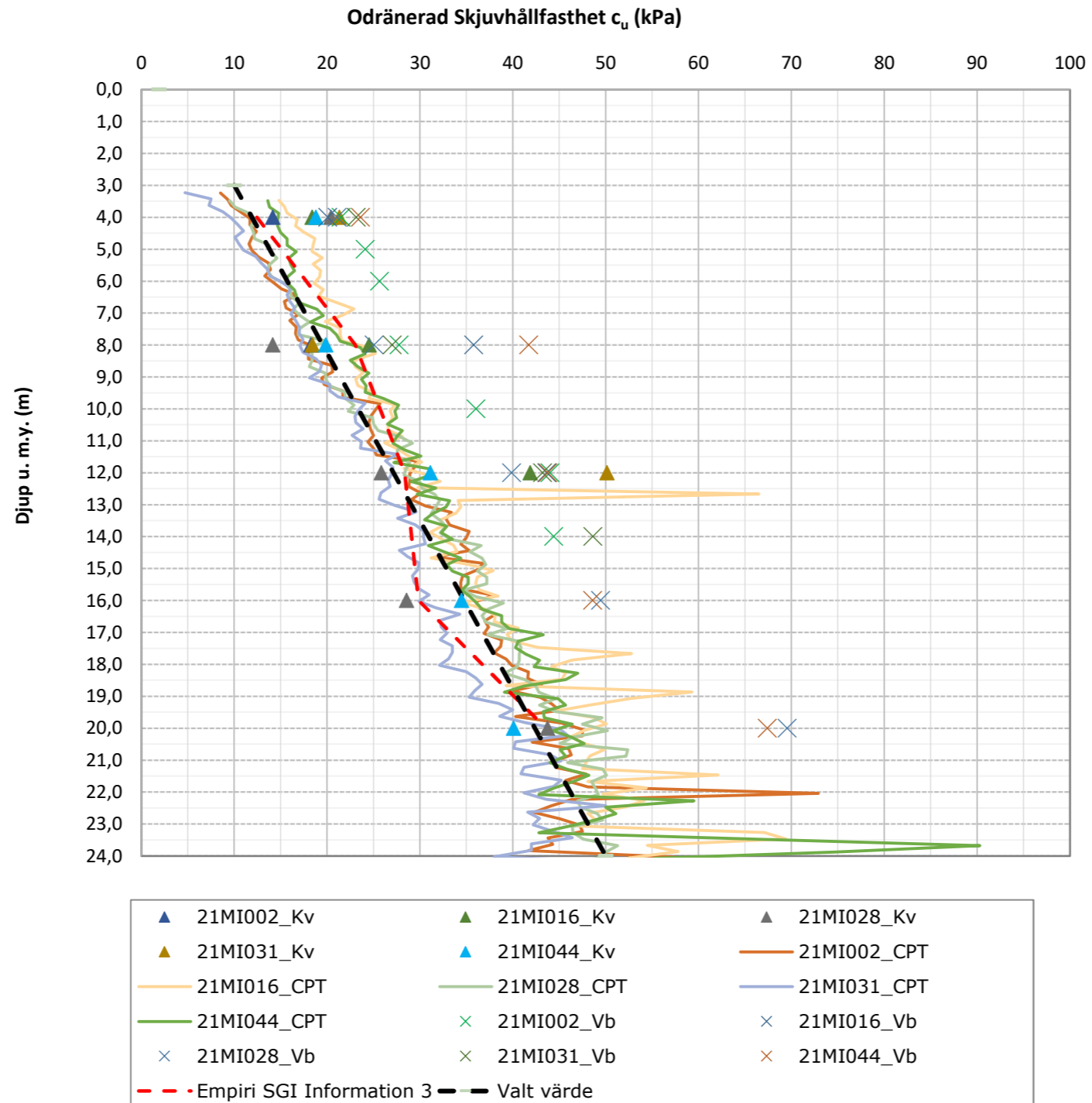


Framnäs
Odränerad skjuvhållfasthet

Valda värden



2025-01-17

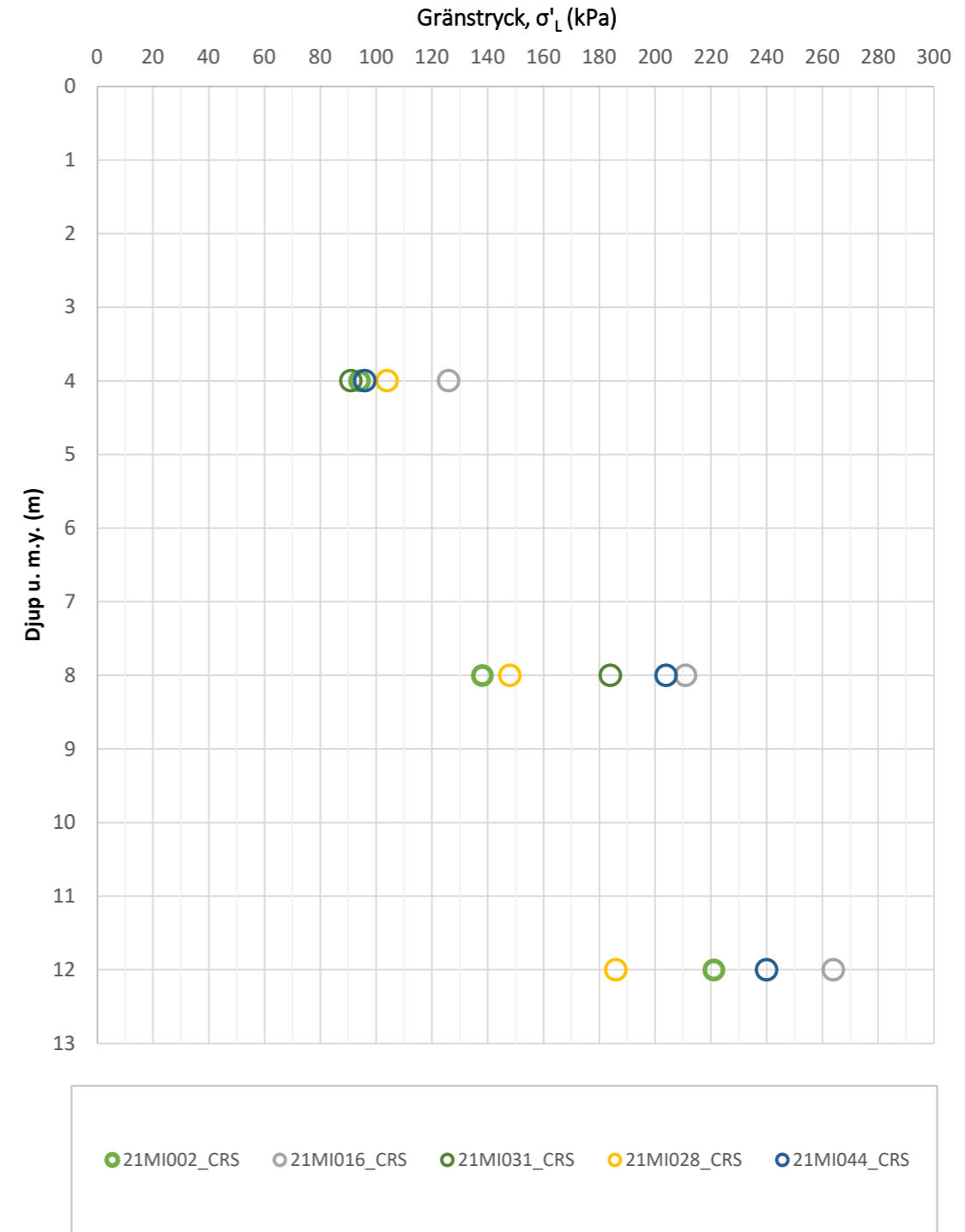
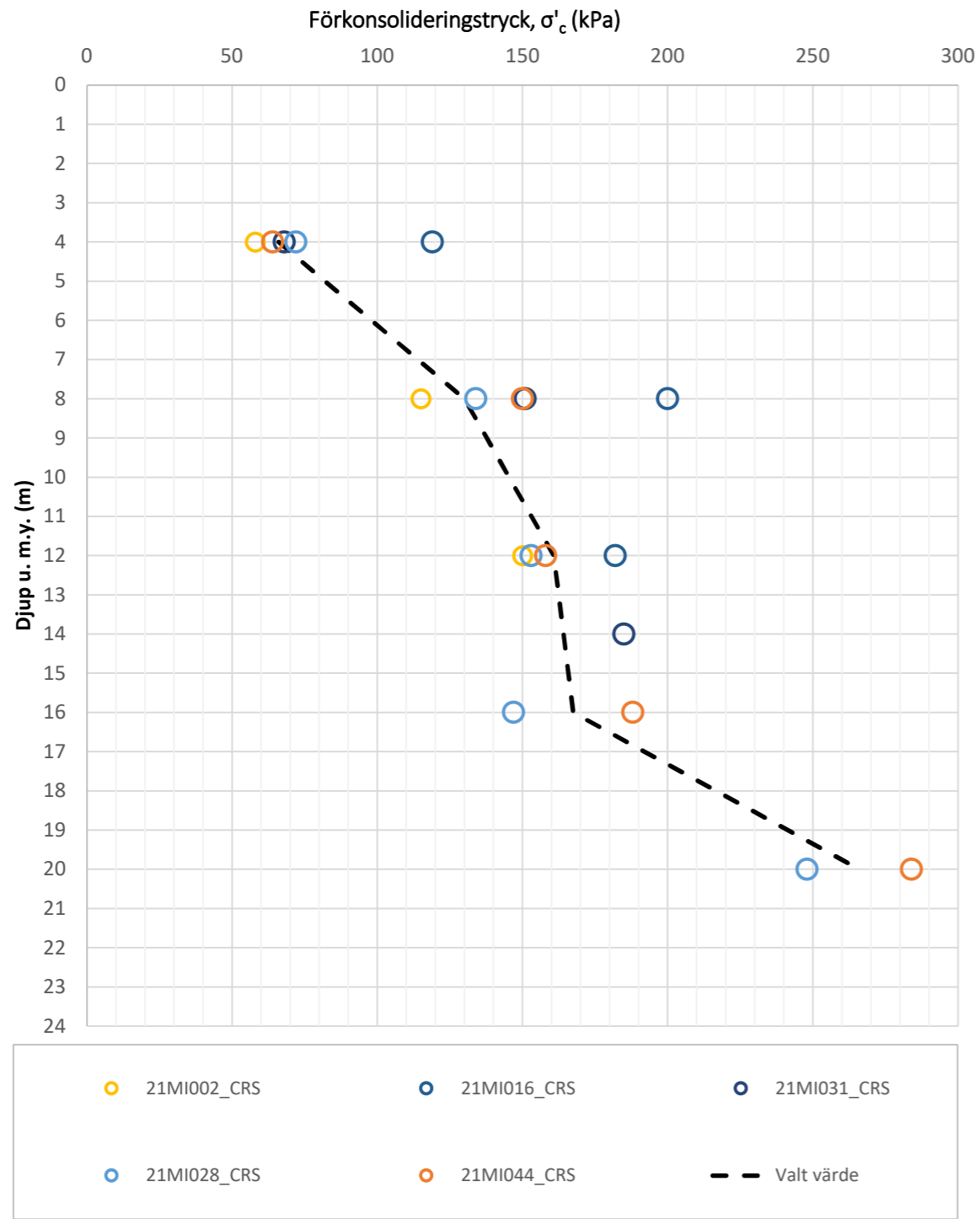


Framnäs
Förkonsolideringstryck σ'_c och gränstryck σ'_L

Valda värden



2025-01-17





Stabilitetsberäkning
Framnäs
Typ av analys: ODRÄNERAD
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

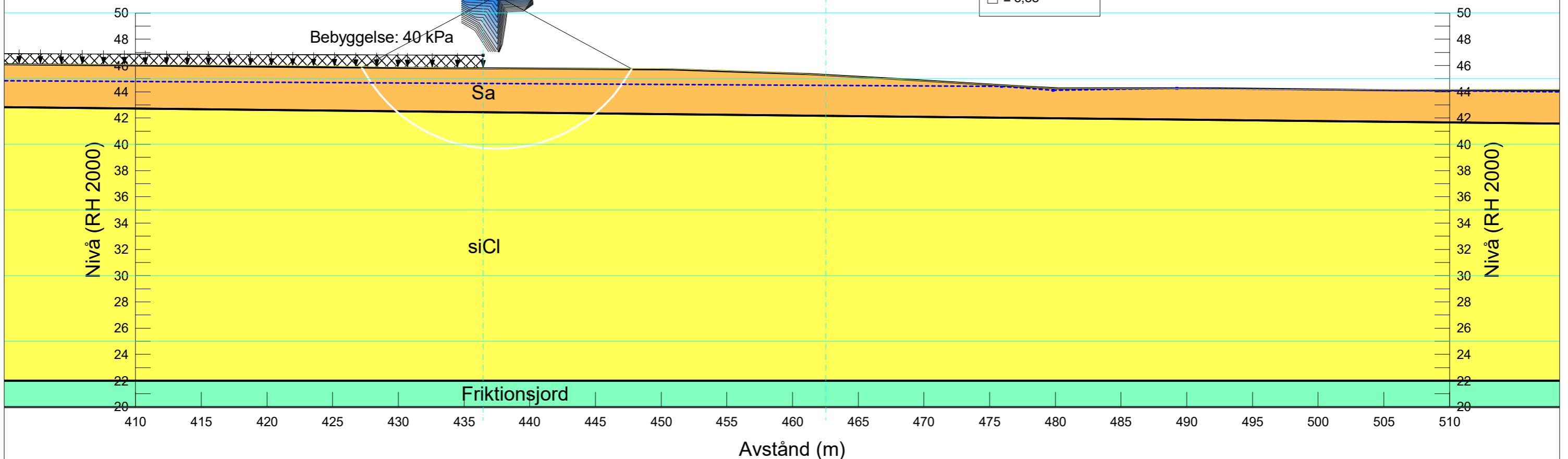
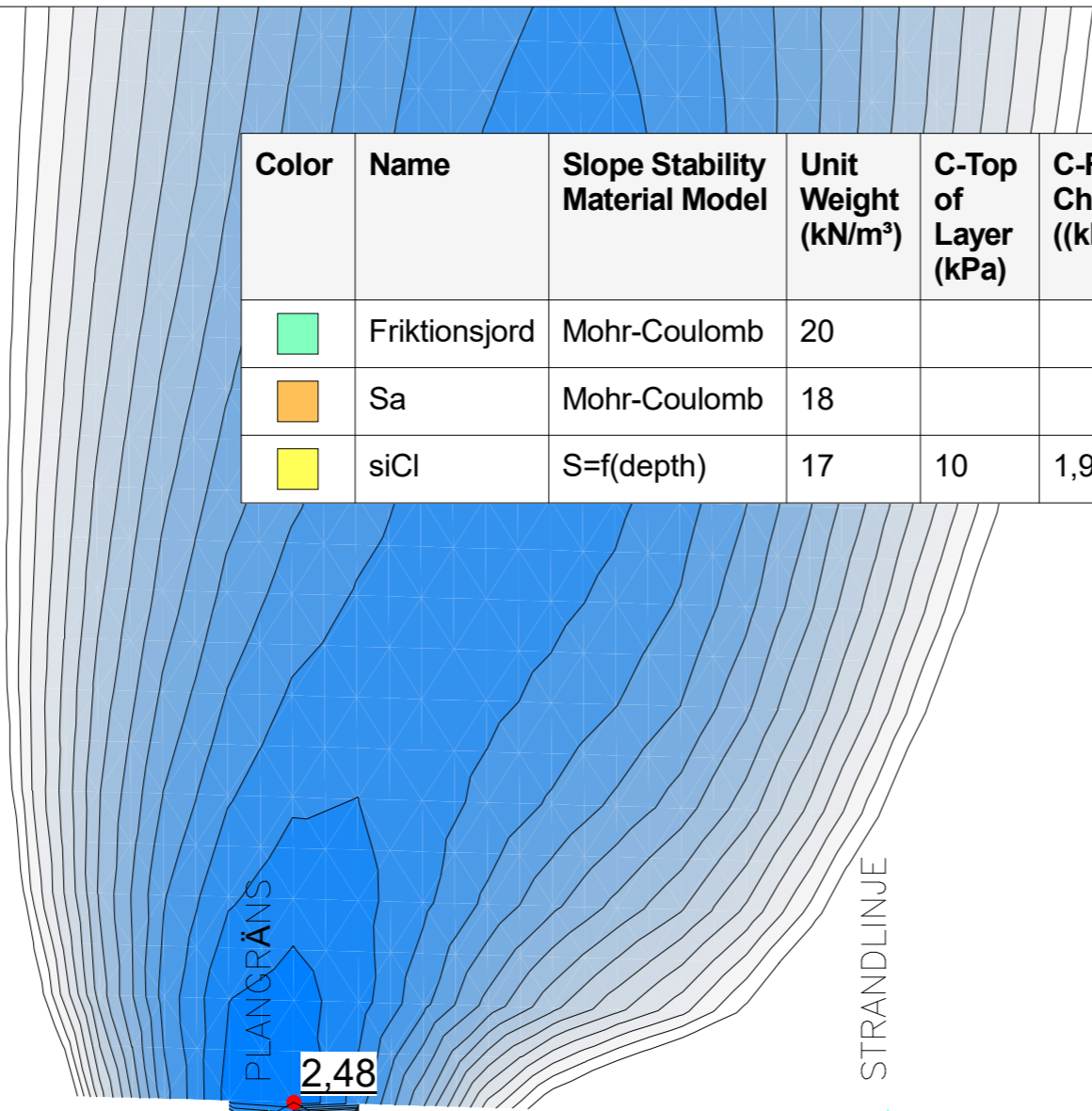
SEKTION S1
Planerade förhållanden
Lågvatten

Skala: 1:300
Format: A3

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C-Maximum (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)
Green	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20				0	38
Orange	Sa	Mohr-Coulomb	18				0	33
Yellow	siCl	S=f(depth)	17	10	1,9	60		

Factor of Safety

2,48 - 2,58
2,58 - 2,68
2,68 - 2,78
2,78 - 2,88
2,88 - 2,98
2,98 - 3,08
3,08 - 3,18
3,18 - 3,28
3,28 - 3,38
3,38 - 3,48
3,48 - 3,58
3,58 - 3,68
3,68 - 3,78
3,78 - 3,88
≥ 3,88



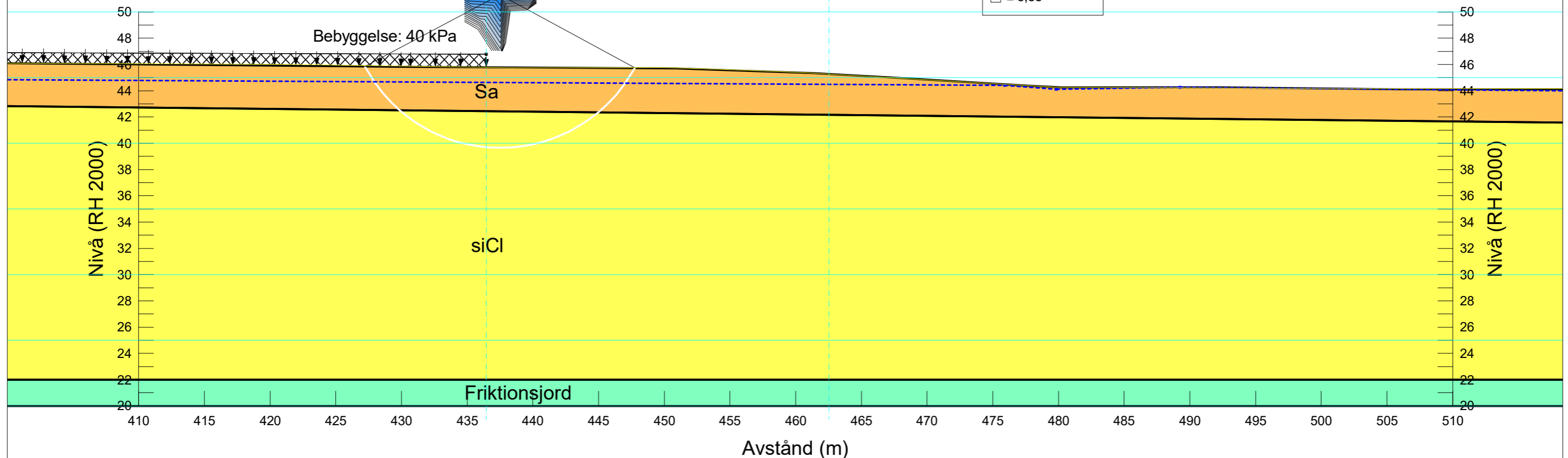
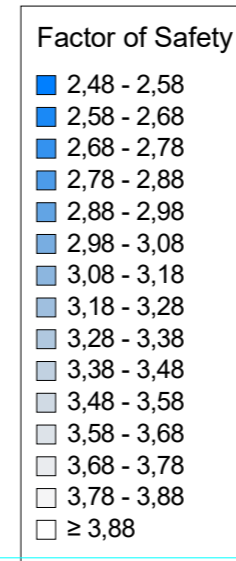
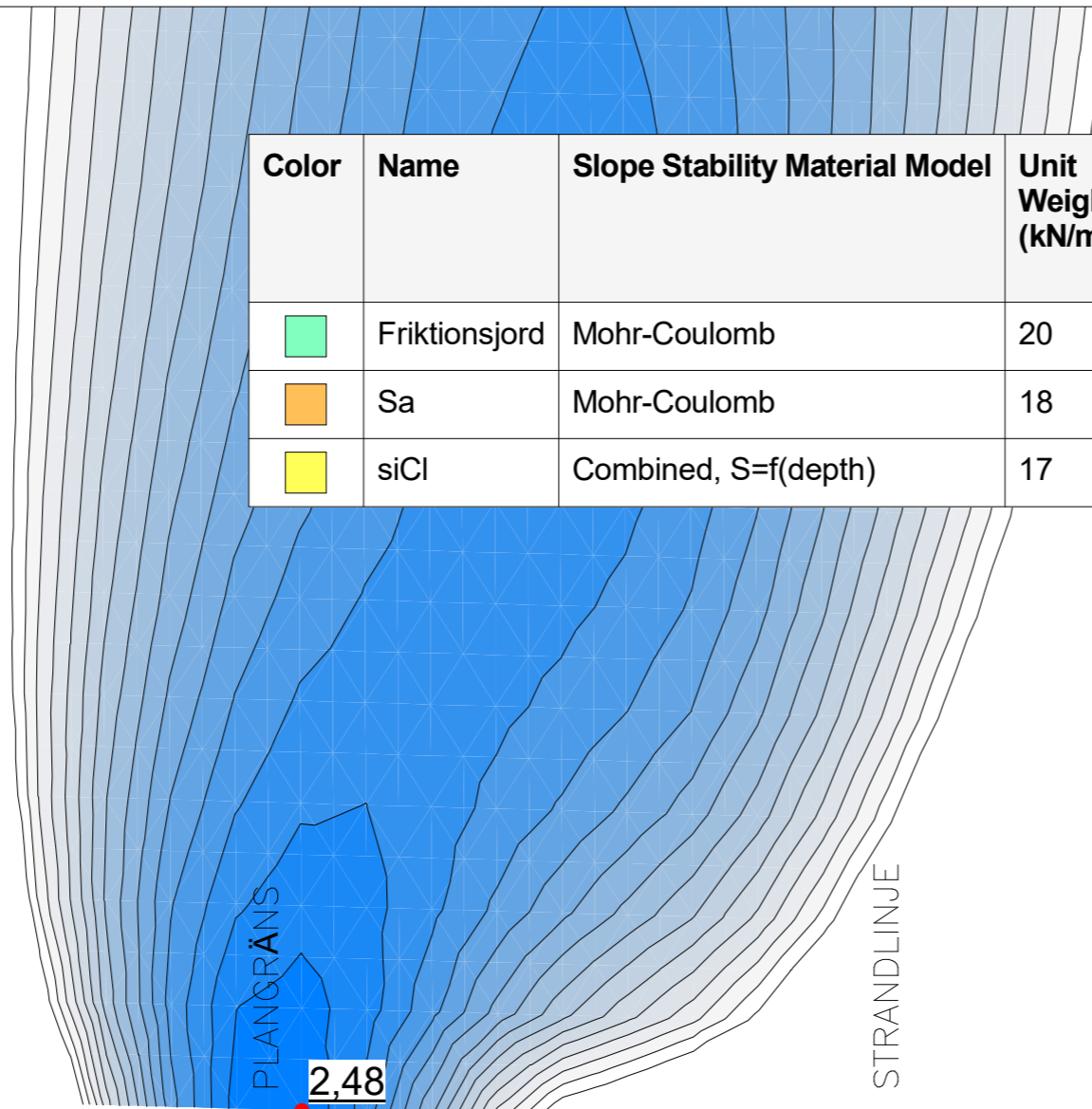


Stabilitetsberäkning
Framnäs
Typ av analys: KOMBINERAD
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

SEKTION S1
Planerade förhållanden
Lågvatten

Skala: 1:300
Format: A3

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Effective Friction Angle (°)	Su-Top of Layer (kPa)	Su-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Effective Cohesion (kPa)
Green	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20			38			0
Orange	Sa	Mohr-Coulomb	18			33			0
Yellow	siCl	Combined, S=f(depth)	17	1	0,19	30	10	1,9	



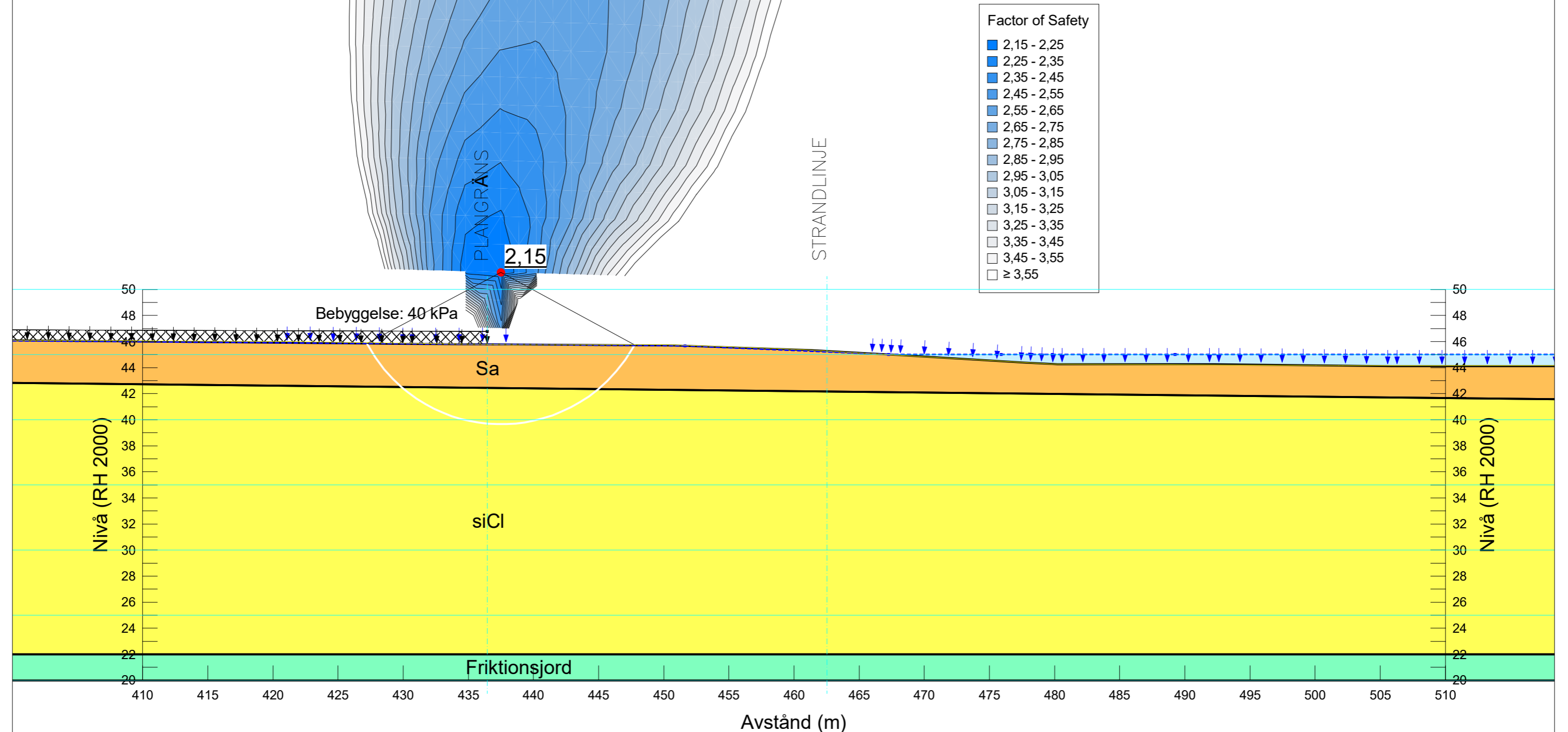


Stabilitetsberäkning
Framnäs
Typ av analys: ODRÄNERAD
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

SEKTION S1
Planerade förhållanden
Högvatten

Skala: 1:300
Format: A3

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	C-Maximum (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)
Green	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20				0	38
Orange	Sa	Mohr-Coulomb	18				0	33
Yellow	siCl	S=f(depth)	17	10	1,9	60		



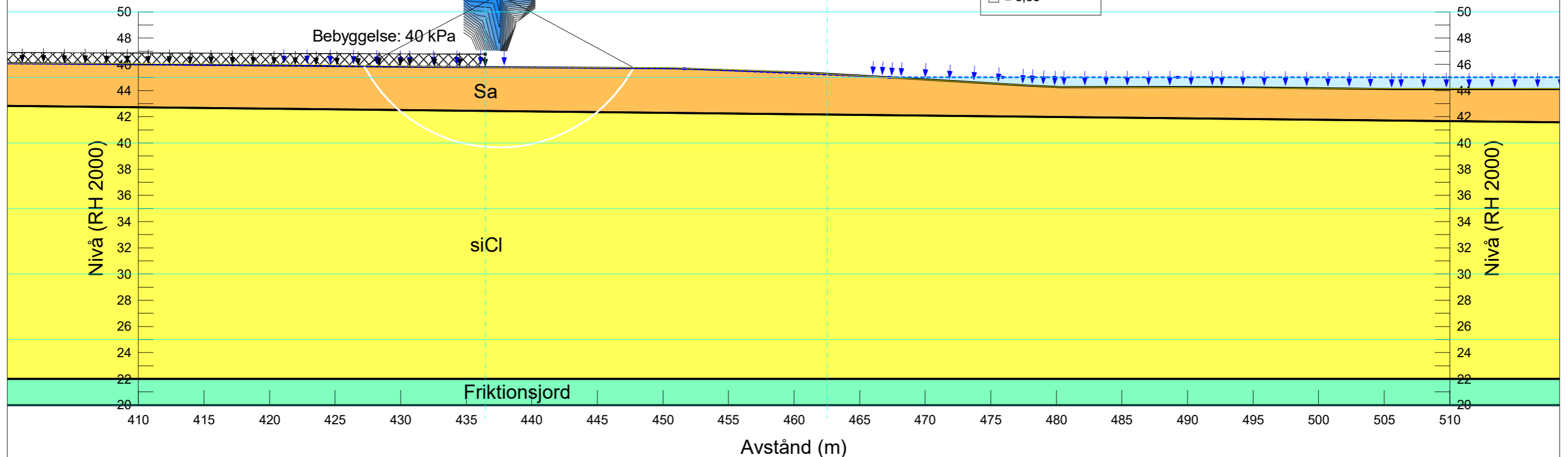
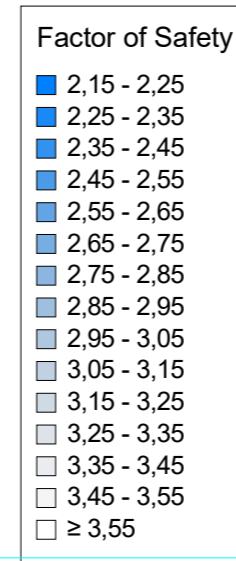
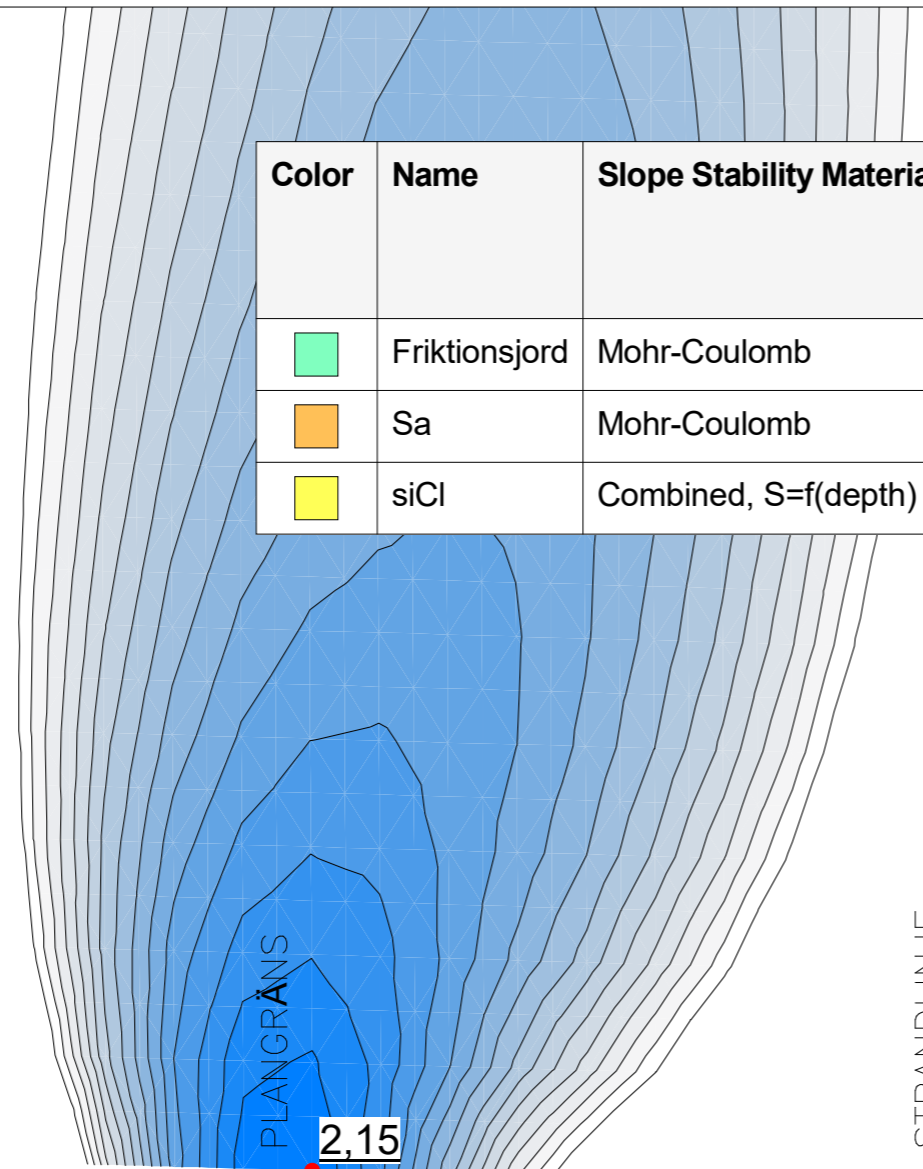


Stabilitetsberäkning
Framnäs
Typ av analys: KOMBINERAD
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

SEKTION S1
Planerade förhållanden
Högvatten

Skala: 1:300
Format: A3

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Effective Friction Angle (°)	Su-Top of Layer (kPa)	Su-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Effective Cohesion (kPa)
Green	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20			38			0
Orange	Sa	Mohr-Coulomb	18			33			0
Yellow	siCl	Combined, S=f(depth)	17	1	0,19	30	10	1,9	



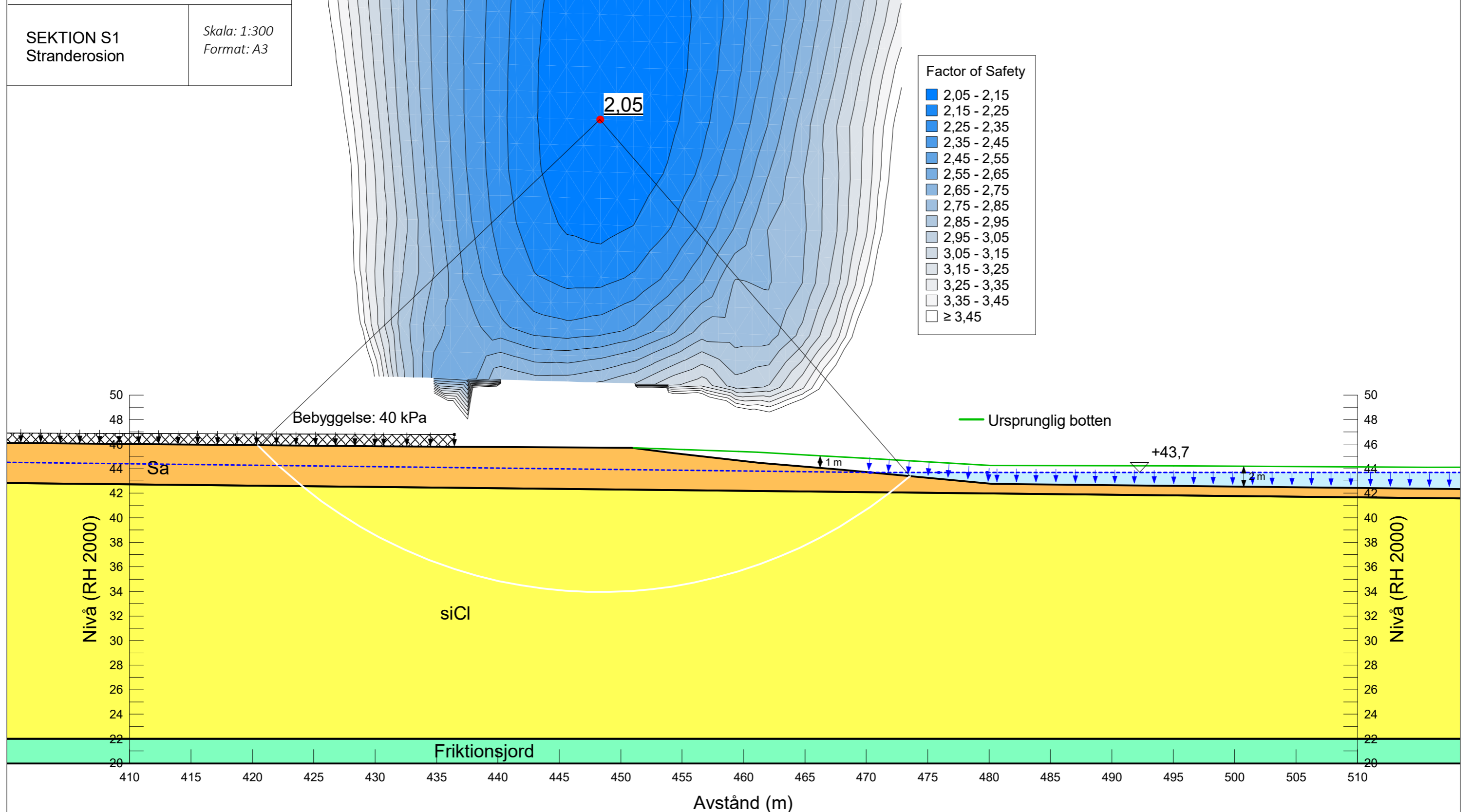


Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C-Maximum (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)
Green	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20				0	38
Orange	Sa	Mohr-Coulomb	18				0	33
Yellow	siCl	S=f(depth)	17	10	1,9	60		

Stabilitetsberäkning
Framnäs
Typ av analys: ODRÄNERAD
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

SEKTION S1
Stranderosion

Skala: 1:300
Format: A3



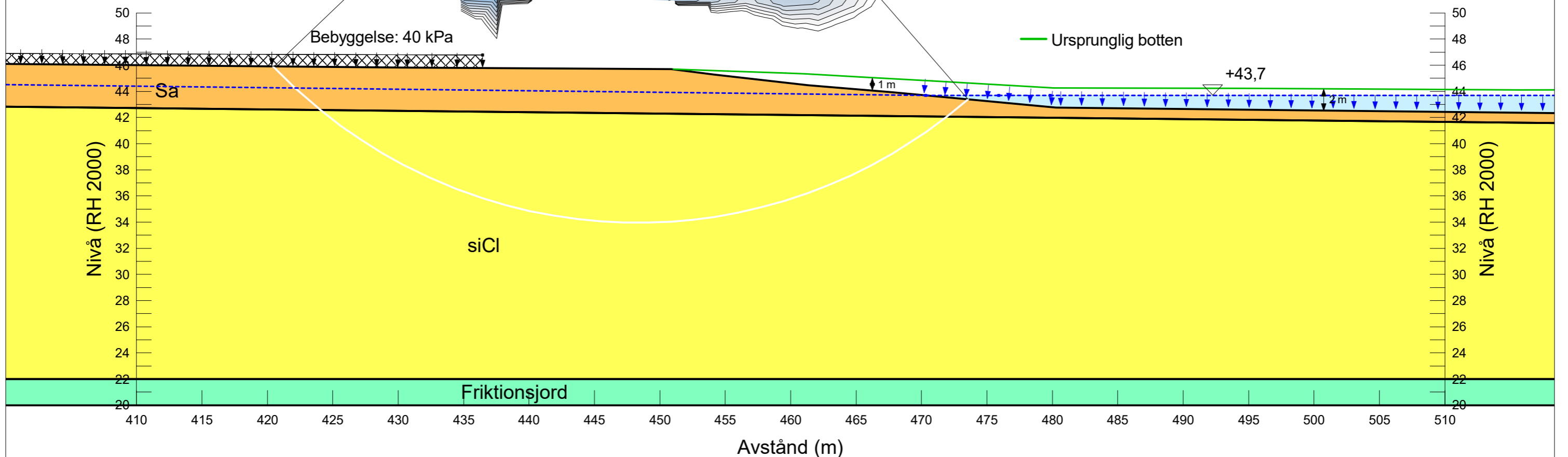


Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Effective Friction Angle (°)	Su-Top of Layer (kPa)	Su-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Effective Cohesion (kPa)
Green	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20			38			0
Orange	Sa	Mohr-Coulomb	18			33			0
Yellow	siCl	Combined, S=f(depth)	17	1	0,19	30	10	1,9	

Stabilitetsberäkning
Framnäs
Typ av analys: KOMBINERAD
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

SEKTION S1
Stranderosion

Skala: 1:300
Format: A3

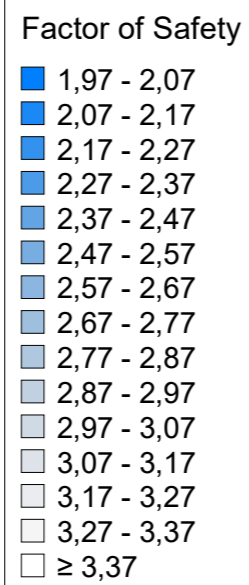




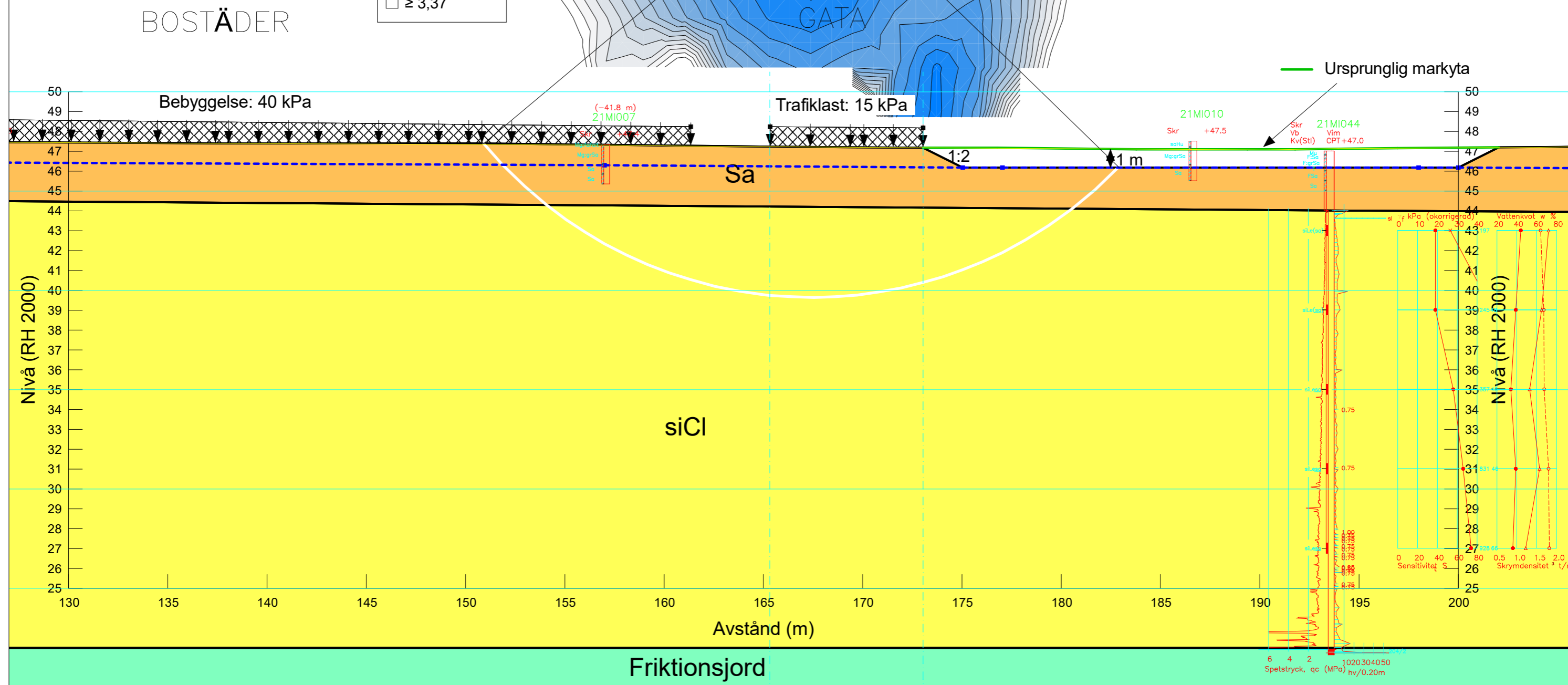
Stabilitetsberäkning
Framnäs
Typ av analys: ODRÄNERAD
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

SEKTION S2
Dagvattendamm centralt
dammdjup 1 m

Skala: 1:200
Format: A3



Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	C-Maximum (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)
Light Green	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20				0	38
Orange	Sa	Mohr-Coulomb	18				0	33
Yellow	siCl	S=f(depth)	17	10	1,9	60		



BOSTÄDER

1,97

GATA

Ursprunglig markyta

Bebyggelse: 40 kPa

Trafiklast: 15 kPa

1:2

1 m

Sa

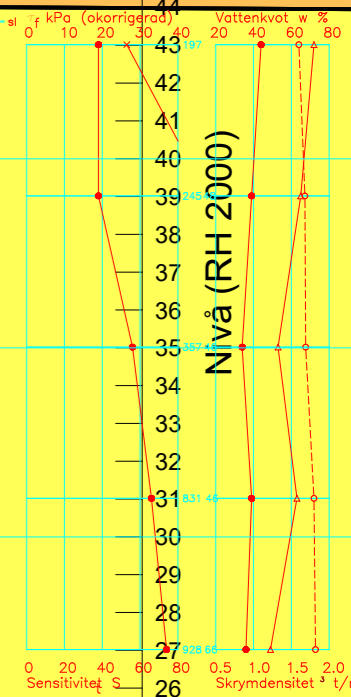
siCl

Friktionsjord

Nivå (RH 2000)

Nivå (RH 2000)

Avstånd (m)



Spetstryck, qc (MPa)
hv/0.20m



Stabilitetsberäkning
Framnäs
Typ av analys: KOMBINERAD
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

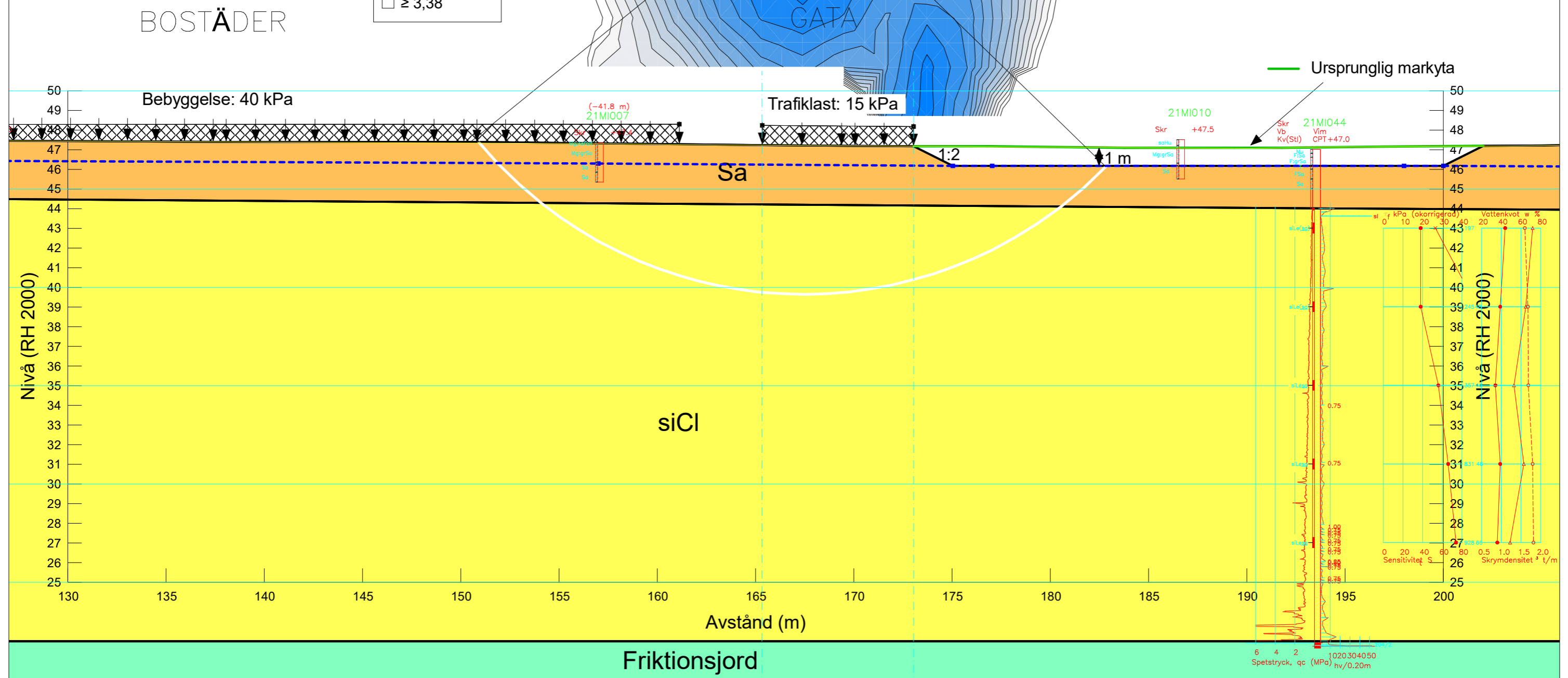
SEKTION S2
Dagvattendamm centralt
dammdjup 1 m

Skala: 1:200
Format: A3

Factor of Safety

- 1,98 - 2,08
- 2,08 - 2,18
- 2,18 - 2,28
- 2,28 - 2,38
- 2,38 - 2,48
- 2,48 - 2,58
- 2,58 - 2,68
- 2,68 - 2,78
- 2,78 - 2,88
- 2,88 - 2,98
- 2,98 - 3,08
- 3,08 - 3,18
- 3,18 - 3,28
- 3,28 - 3,38
- ≥ 3,38

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Effective Friction Angle (°)	Su-Top of Layer (kPa)	Su-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Effective Cohesion (kPa)
Light Green	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20			38			0
Orange	Sa	Mohr-Coulomb	18			33			0
Yellow	siCl	Combined, S=f(depth)	17	1	0,19	30	10	1,9	



Friktionsjord

Spetsstryck, qc (MPa)
hv/0.20m



Stabilitetsberäkning
Framnäs
Typ av analys: ODRÄNERAD
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

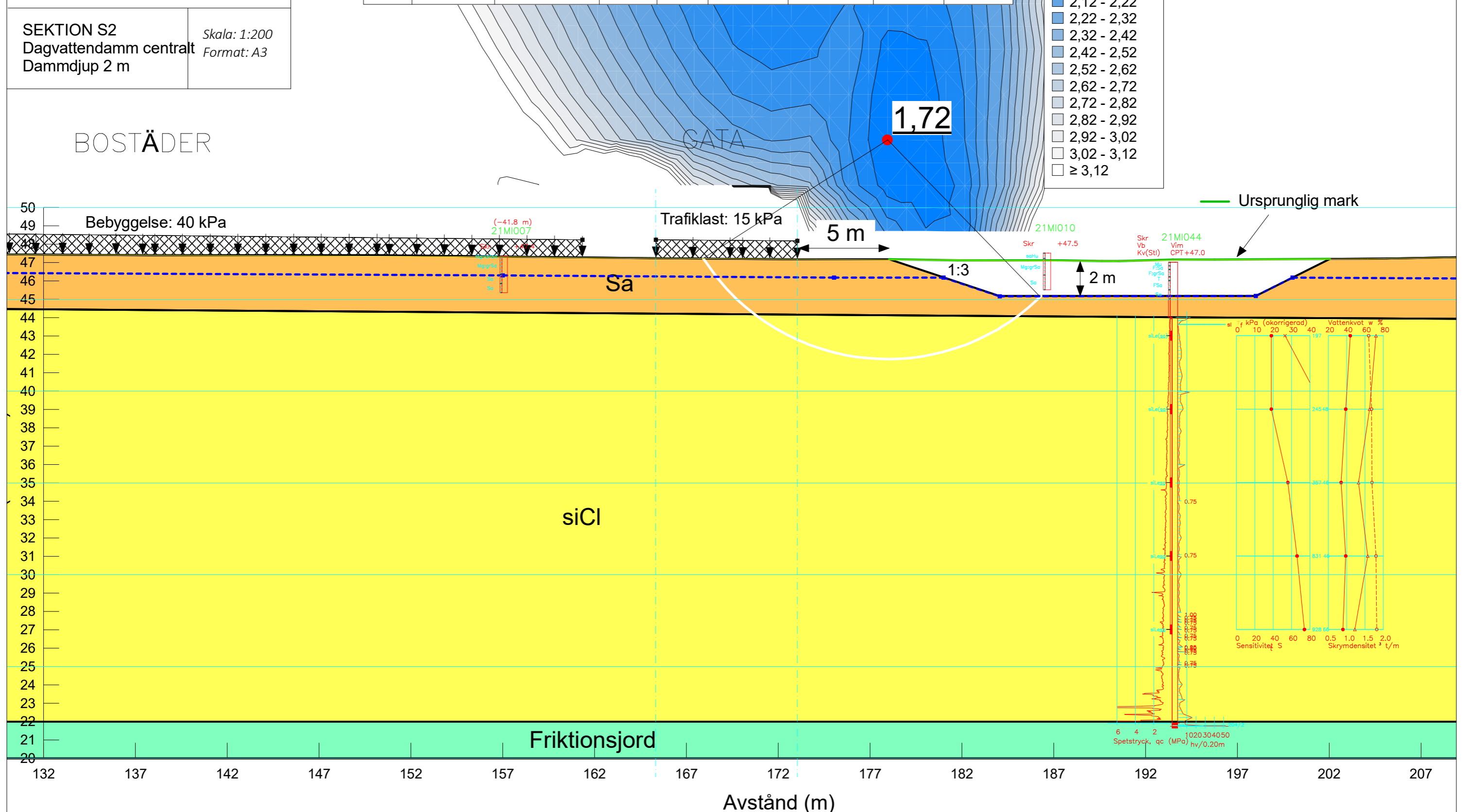
SEKTION S2
Dagvattendamm centralt
Dammdjup 2 m

Skala: 1:200
Format: A3

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C-Maximum (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)
■	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20				0	38
■	Sa	Mohr-Coulomb	18				0	33
■	siCl	S=f(depth)	17	10	1,9	60		

Factor of Safety

- 1,72 - 1,82
- 1,82 - 1,92
- 1,92 - 2,02
- 2,02 - 2,12
- 2,12 - 2,22
- 2,22 - 2,32
- 2,32 - 2,42
- 2,42 - 2,52
- 2,52 - 2,62
- 2,62 - 2,72
- 2,72 - 2,82
- 2,82 - 2,92
- 2,92 - 3,02
- 3,02 - 3,12
- ≥ 3,12





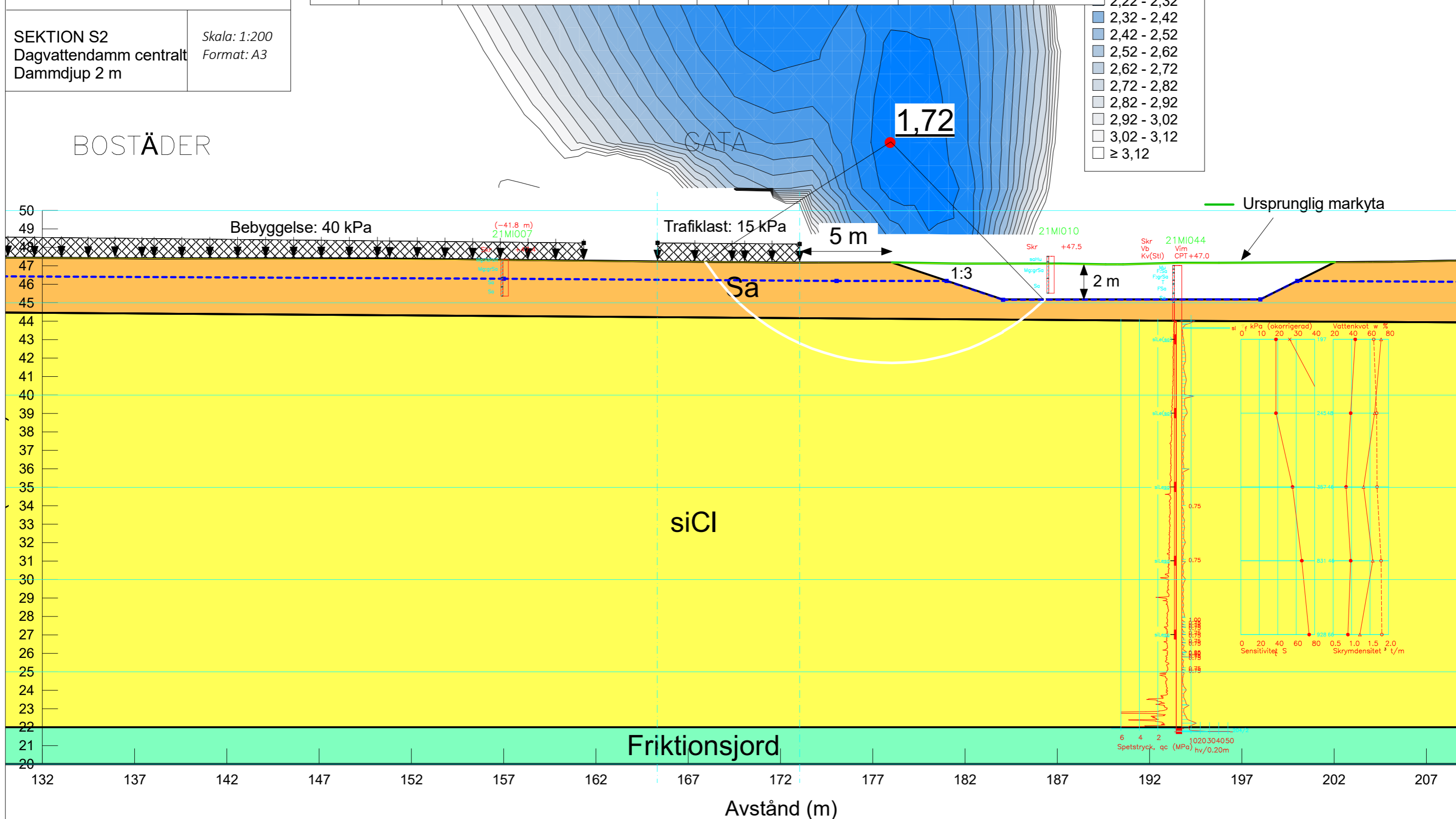
Stabilitetsberäkning
Framnäs
Typ av analys: KOMBINERAD
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

SEKTION S2
Dagvattendamm centralt
Dammdjup 2 m

Skala: 1:200
Format: A3

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)	Effective Cohesion (kPa)
Green	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20			38			0
Orange	Sa	Mohr-Coulomb	18			33			0
Yellow	siCl	Combined, S=f(depth)	17	1	0,19	30	10	1,9	

Factor of Safety
1,72 - 1,82
1,82 - 1,92
1,92 - 2,02
2,02 - 2,12
2,12 - 2,22
2,22 - 2,32
2,32 - 2,42
2,42 - 2,52
2,52 - 2,62
2,62 - 2,72
2,72 - 2,82
2,82 - 2,92
2,92 - 3,02
3,02 - 3,12
≥ 3,12



Metod

Jorden har delats in i delskikt med materialparametrar som erhållits från CRS-försök och utvärderade CPT-sonderingar, varefter primära sättningar har beräknats för varje delskikt och summerats. Med andra ord har krypsättningar inte beaktats.

Vid beräkningar har erhållna parametrar från både CRS-försök och utvärderade CPT-sonderingar nyttjats. För nivåer där materialparametrar saknas från antingen CRS-försök eller CPT-sonderingar har dessa uppskattats via interpolering mellan närliggande värden och nivåer och/eller en rimlighetsbedömning. Även konsolideringsförloppet har beräknats för respektive provpunkt med c_v -tal erhållna från utförda CRS-försök.

Lasten antas spridas utan lastfördelning genom hela jordlagret, det vill säga, till exempel en uppfyllnad om 1 m (20 kPa) innebär att varje enskilt delskikt belastas med 20 kPa.

E-modulen för de överliggande jordlagret av friktionsjord har utvärderats från utförda viktsonderingar till 10 MPa, se MUR.

Sättningsberäkningarna är utförda i egenutvecklade excelark.

Karakteristisk provpunkt 21MI002

Rutinundersökningar och CRS-försök har utförts för 3 nivåer, 4, 8 och 12 m. CPT har utvärderats till ett djup om ca 25 m. Stopp har från utförd trycksondering erhållits till ca 28 m. Sättningsberäkningar, med djup till i huvudsak bedömd lerjord, har utförts till djupet 28 m.

Jordlagerföljden bedöms i området utifrån utförda fält – och laboratorieundersökningar i provpunkt 21MI002. Utifrån dessa resultat delas jorden upp i olika delskikt, se Tabell 2.

Materialparametrar för delskikt 1–3 (antas som sand) är utvärderade utifrån utförda viktsonderingar och utförda laboratorieundersökningar.

För delskikt 4–6 (antas som lerjord) fås materialparametrar från utförda CRS-försök och CPT-utvärderingar.

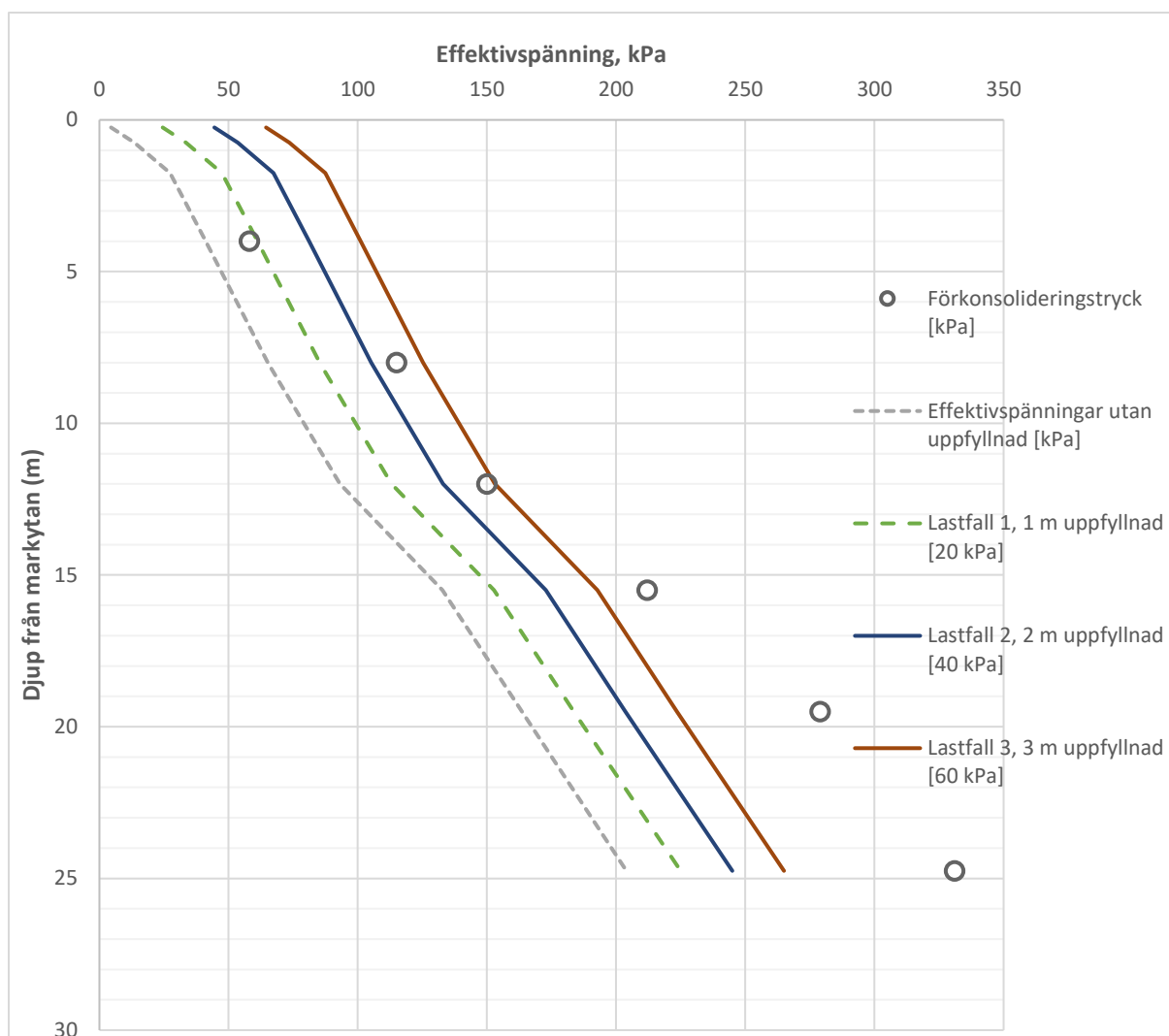
För delskikt 7–9 (antas som lerjord) saknas materialparametrar från utförda CRS-försök och nivåer varför dessa kompletteras av utvärderade CPT-sonderingar och uppskattas utifrån underliggande nivåer och deras materialparametrar.

Tabell 1: Parametrar för sättningsberäkningar, provpunkt 21MI002

Delskikt	Djup	Skikt tjocklek	σ'_c	σ'_L	M0	ML	M'	c_v, m_i (m ² /s)	Den sitet	OC R
1	0,5	0,5	-	-	10 000	-	-		1,8	
2	1	0,5	-	-	10 000	-	-	-	1,8	
3	2,5	1,5	-	-	10 000	-	-	-	1,8	

4	5,5	3	58	94	2800	358	11	1,40 E-06	1,52	1,4 1
5	10,5	5	115	138	3400	454	15	6,80 E-07	1,65	1,7 6
6	13,5	3	150	221	4250	1099	19	7,00 E-07	1,77	1,6 1
7	17,5	4	212	294	4993	1663	22	7,00 E-07	1,77	1,6 0
8	21,5	4	279	377	5843	2308	27	7,00 E-07	1,77	1,7 1
9	28	6,5	331	460	6693	2953	31	7,00 E-07	1,77	1,7 4

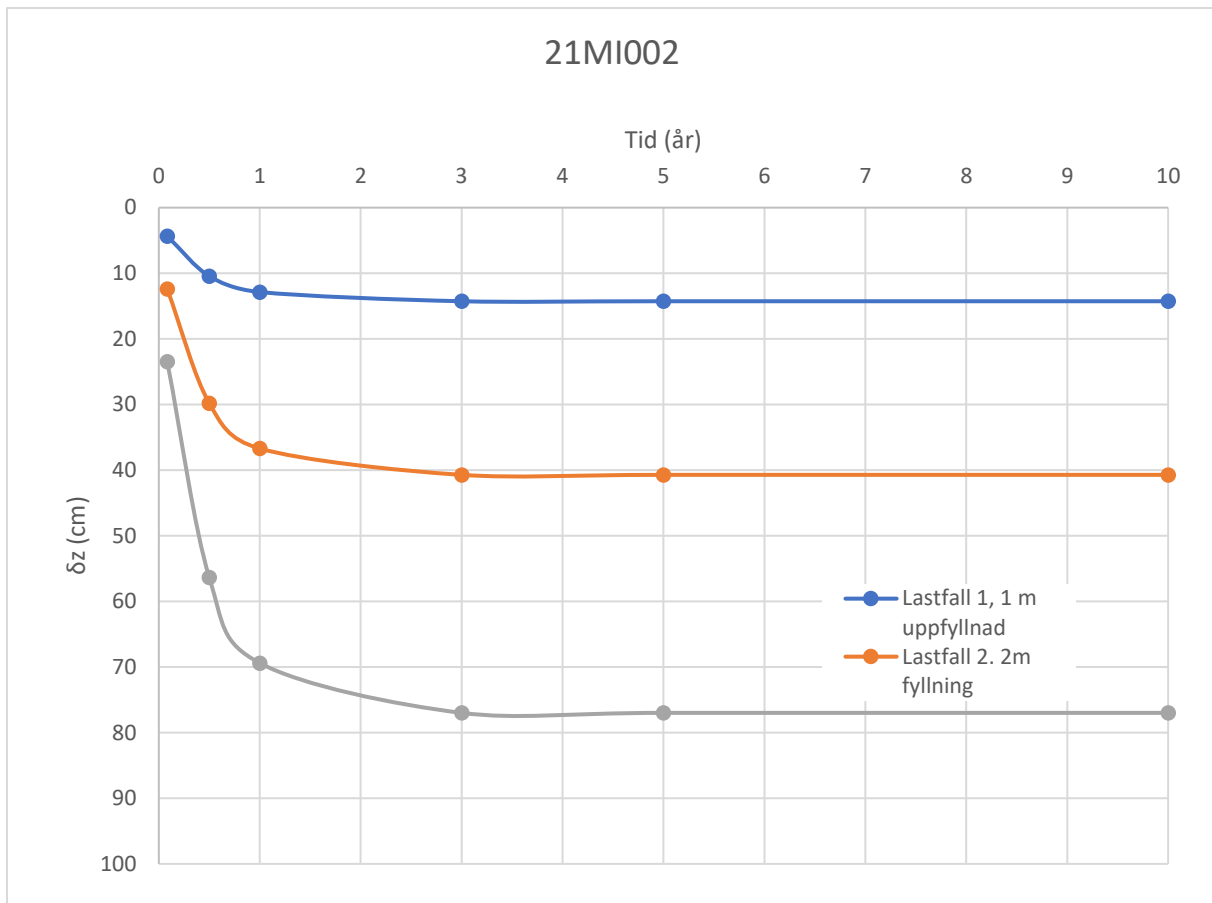
Utifrån spänningsdiagrammet i Figur 9 och Tabell 2 framgår att leran är överkonsoliderad, vidare framgår i Figur 3 för vilka lastfall förkonsolideringstrycket överskrids.



Figur 1: Spänningsdiagram med lastfall och valt förkonsolideringstryck vid beräkningar

I Figur 10 framgår konsolideringsförloppet och de totala sättningarna för respektive lastfall. För konsolideringsbeloppet har en viktad cv-koefficient beräknats till $8,13E-7$ utifrån Tabell 2 och de olika koefficienterna för respektive delskikt.

1. För lastfall 1 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 14 cm efter 3 ca år. Efter 1 år utbildas ca 13 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 90 %
2. För lastfall 2 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 41 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 37 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 90 %.
3. För lastfall 3 uppnås fullständigt sättningar om ca 77 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 69 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 90 %.



Figur 2: Konsolideringsfölopp och utbildade sättningar för olika lastfall

Hydrogeologiska förhållanden

Utifrån grundvattenmätningar har grundvattennivån utvärderats till att ligga ca 1,34 m under markytan. Grundvattennivåerna kan även variera under året med ca +/- 0,5 meter.

Karakteristisk provpunkt 21MI016

Rutinundersökningar och CRS-försök har utförts för 3 nivåer, 4, 8 och 12 m. CPT har utvärderats till ett djup om ca 25 m. Stopp har från utförd trycksondering erhållits till ca 25 m, med kraftigt ökat motstånd vid djupet ca 24,5 m. Sättningsberäkningar, med djup till i huvudsak bedömd lerjord, har utförts till djupet 24,3 m.

Jordlagerföljden bedöms i området utifrån utförda fält – och laboratorieundersökningar i provpunkt 21MI016. Utifrån dessa resultat delas jorden upp i olika delskikt, se Tabell 3.

Materialparametrar för delskikt 1–3 (antas som sand) är utvärderade utifrån utförda viktsonderingar och utförda laboratorieundersökningar.

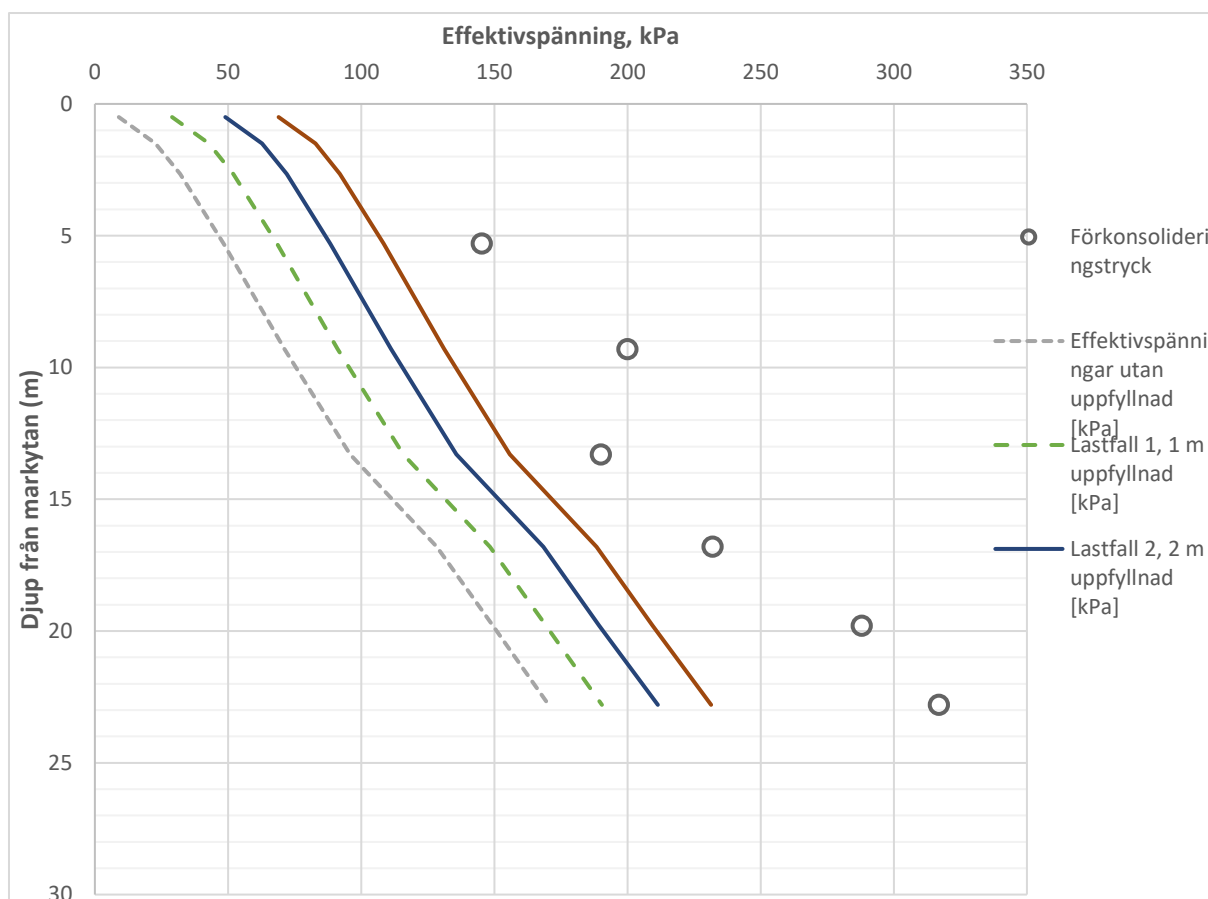
För delskikt 4–6 (antas som lerjord) fås materialparametrar från utförda CRS-försök och CPT-utvärderingar.

För delskikt 7–9 (antas som lerjord) saknas materialparametrar från utförda CRS-försök och nivåer varför dessa kompletteras av utvärderade CPT-sonderingar och uppskattas utifrån underliggande nivåer och deras materialparametrar.

Tabell 2: Parametrar för sättningsberäkningar, provpunkt 21MI016

Delskikt	Djup	Skiktjocklek	$\sigma'c$	$\sigma'L$	M0	ML	M'	cv,min (m2/s)	Densitet	OCR
1	1	1	-	-	10 000	-	-	-	1,8	-
2	2	1	-	-	10 000	-	-	-	1,8	-
3	3,3	1,3	-	-	10 000	-	-	-	1,8	-
4	7,3	4	145	126	5000	171	26	7,40E- 07	1,56	3,00
5	11,3	4	200	211	4000	388	14,2	7,40E- 07	1,58	2,81
6	15,3	4	190	264	4500	1210	11,9	3,70E- 07	1,65	1,98
7	18,3	3	226	310	4937	1929	12	3,70E- 07	1,7	1,76
8	21,3	3	288	350	5312	2545	12	3,70E- 07	1,7	1,93
9	24,3	3	317	390	5687	3162	12	3,70E- 07	1,7	1,86

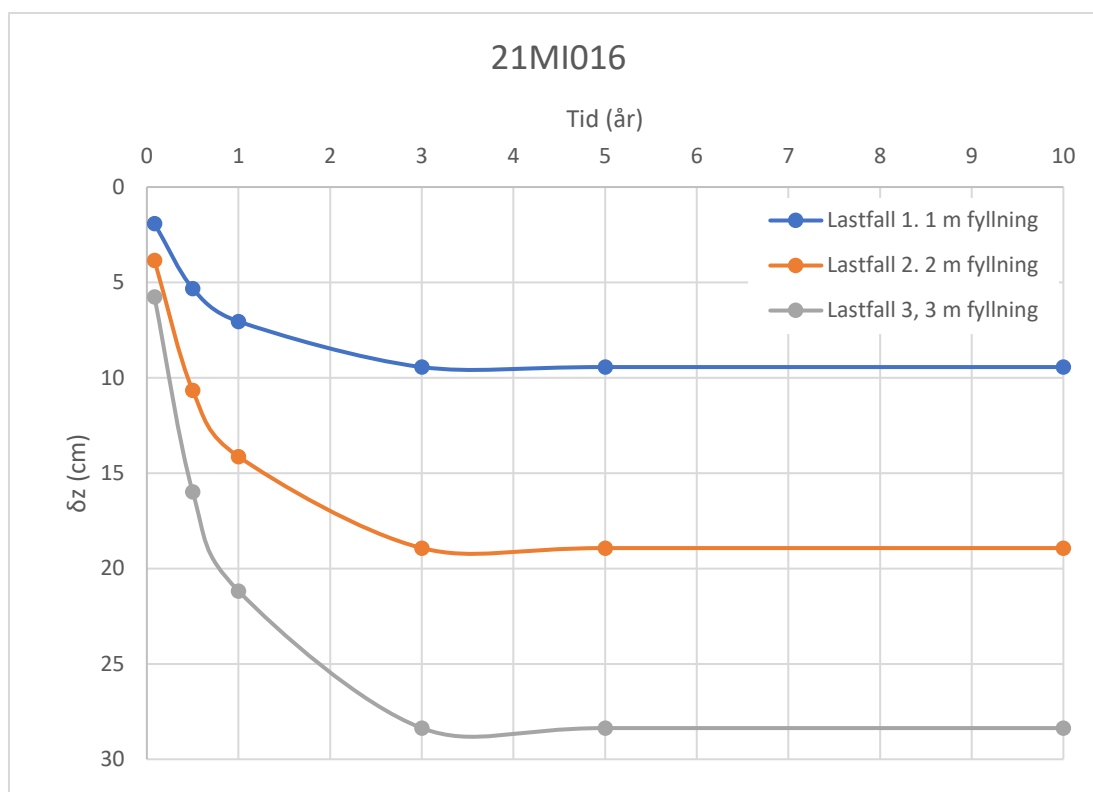
Utifrån spänningsdiagrammet i Figur 11 och Tabell 3 framgår att leran är överkonsoliderad, vidare framgår i Figur 11 att förkonsolideringstrycket ej överskrids för något lastfall.



Figur 3: Spänningsdiagram med lastfall och valt förkonsolideringstryck vid beräkningar

I Figur 4 framgår konsolideringsförloppet och de totala sättningarna för respektive lastfall. För konsolideringsbeloppet har en viktad c_v -koefficient beräknats till $4,93E-7$ utifrån Tabell 3 och de olika koefficienterna för respektive delskikt.

1. För lastfall 1 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 9 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 7 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 75 %
2. För lastfall 2 uppnås utbildade sättningar om ca 19 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 14 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 75 %.
3. För lastfall 3 uppnås fullständigt sättningar om ca 28 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 21 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 75 %.



Figur 4: Konsolideringsfölopp och utbildade sättningar för olika lastfall

Hydrogeologiska förhållanden

Utifrån grundvattenmätningar har grundvattennivån utvärderats till att ligga ca 1,08 m under markytan. Grundvattennivåerna kan även variera under året med ca +/- 0,5 meter.

Karakteristisk provpunkt 21MI031

Rutinundersökningar och CRS-försök har utförts för 3 nivåer, 4, 8 och 12 m. CPT har utvärderats till ett djup om ca 25 m. Stopp har från utförd trycksondering erhållits till ca 21 m. Detta bedöms dock som för tidigt då CPT utfördes ner till ett djup om ca 25 m.

Sättningsberäkningar, med djup till i huvudsak bedömd lerjord, har utförts till djupet 26,1 m.

Jordlagerföljden bedöms i området utifrån utförda fält – och laboratorieundersökningar i provpunkt 21MI031. Utifrån dessa resultat delas jorden upp i olika delskikt, se Tabell 4.

Materialparametrar för delskikt 1–3 (antas som sand) är utvärderade utifrån utförda viktsonderingar och utförda laboratorieundersökningar.

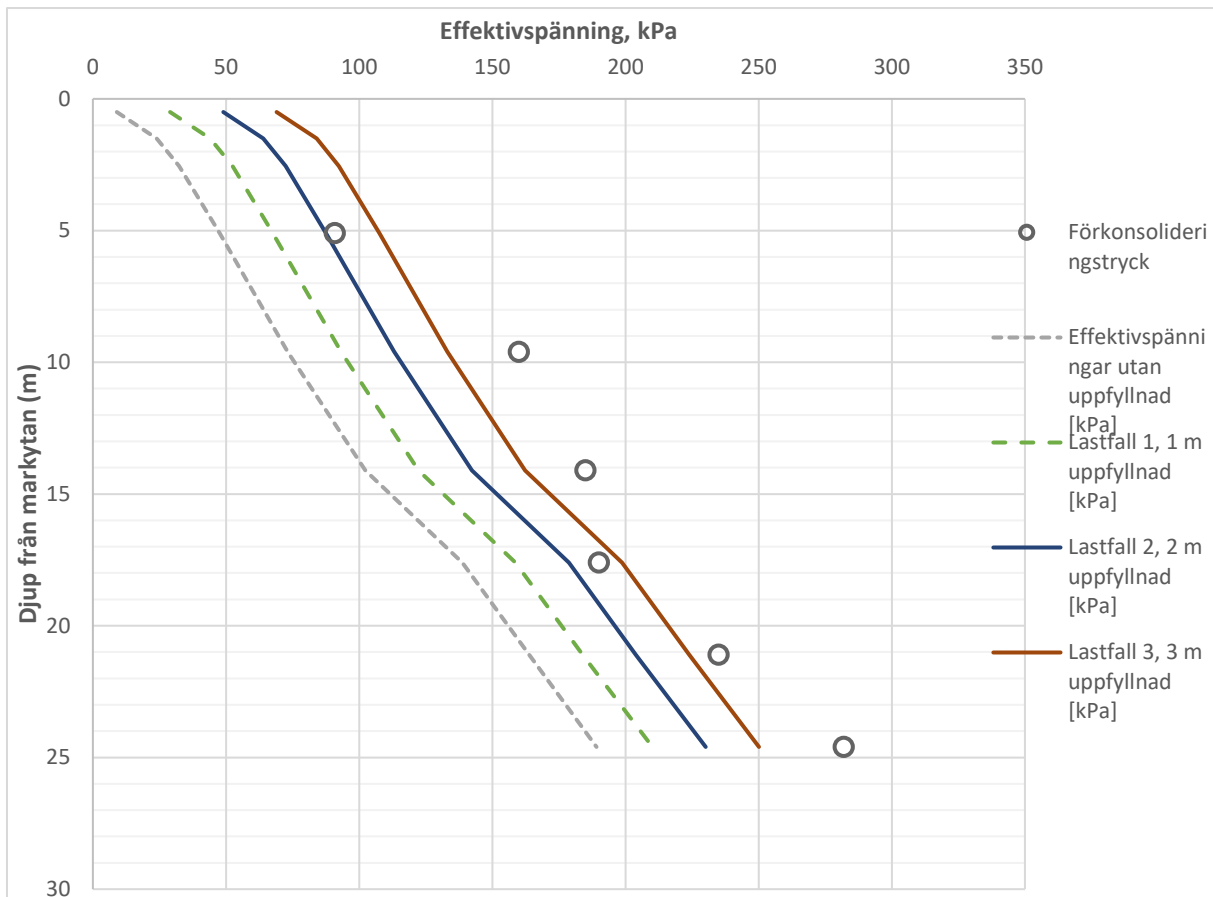
För delskikt 4–6 (antas som lerjord) fås materialparametrar ifrån utförda CRS-försök och CPT-utvärderingar.

För delskikt 7–9 (antas som lerjord) saknas materialparametrar från utförda CRS-försök och nivåer varför dessa kompletteras av utvärderade CPT-sonderingar och uppskattas utifrån underliggande nivåer och deras materialparametrar.

Tabell 3: Parametrar för sättningsberäkningar, provpunkt 21MI031

Delskikt	Djup	Skiktjocklek	σ'_c	σ'_L	M0	ML	M'	cv,min (m2/s)	Densitet	OCR
1	1	1	-	-	10 000	-	-		1,8	-
2	2	1	-	-	10 000	-	-	-	1,8	-
3	3,1	1,1	-	-	10 000	-	-	-	1,8	-
4	7,1	4	90,825	91	2300	279	13,4	4,00E- 07	1,54	1,91
5	12,1	5	160	184	4500	479	15,1	6,10E- 07	1,59	2,19
6	16,1	4	185	278	6000	1272	15,4	7,90E- 07	1,72	1,81
7	19,1	3	190	360	7312	1965,	15,7	7,90E- 07	1,72	1,37
8	23,1	4	235	442	8625	2659	15,9	7,90E- 07	1,72	1,43
9	26,1	3	282	524	9937	3353	16,2	7,90E- 07	1,72	1,49

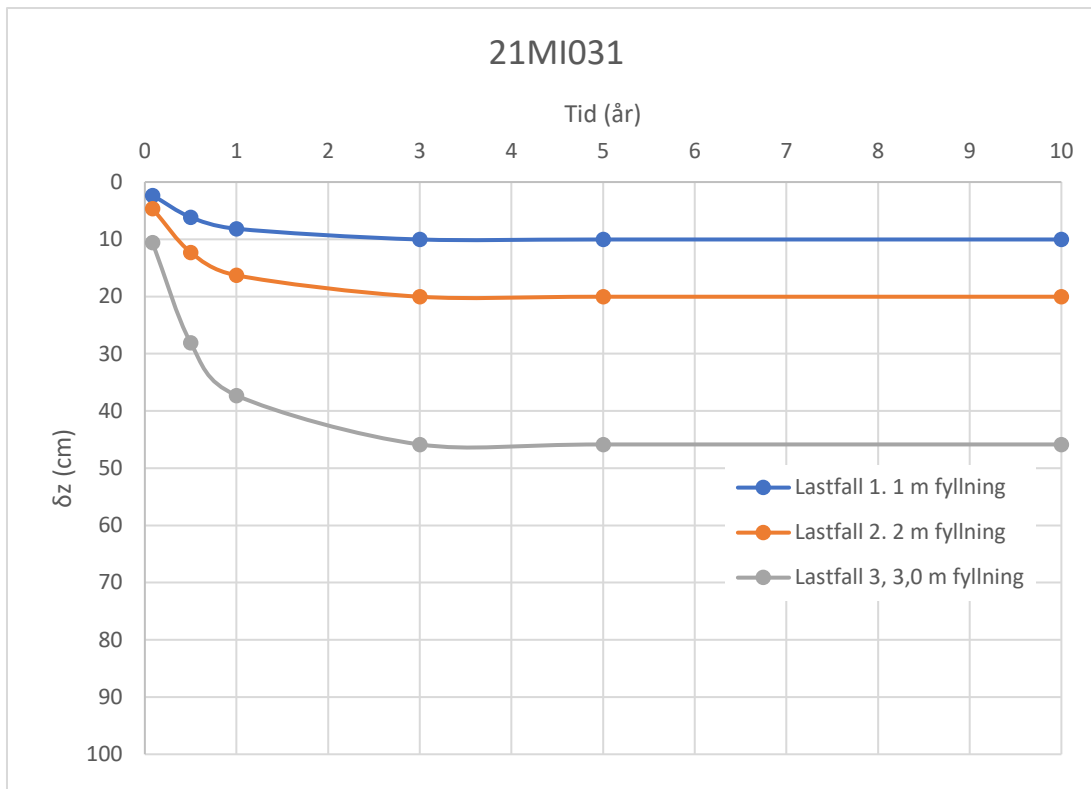
Utifrån spänningsdiagrammet i Figur 13 och Tabell 4 framgår att leran är överkonsoliderad, vidare framgår i Figur 13 för vilka lastfall förkonsolideringstrycket överskrids.



Figur 5: Spänningsdiagram med lastfall och valt förkonsolideringstryck vid beräkningar

I Figur 14 framgår konsolideringsförloppet och de totala sättningarna för respektive lastfall. För konsolideringsbeloppet har en viktad c_v -koefficient beräknats till $6,95E-7$ utifrån Tabell 4 och de olika koefficienterna för respektive delskikt.

1. För lastfall 1 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 10 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 8 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 80 %
2. För lastfall 2 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 20 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 16 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 80 %
3. För lastfall 3 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 46 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 37 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 80 %



Figur 6: Konsolideringsfölopp och utbildade sättningar för olika lastfall

Hydrogeologiska förhållanden

Utifrån grundvattenmätningar har grundvattennivån utvärderats till att ligga ca 1,2 m under markytan. Grundvattennivåerna kan även variera under året med ca +/- 0,5 meter.

Karakteristisk provpunkt 21MI028

Rutinundersökningar och CRS-försök har utförts för 5 nivåer, 4, 8 och 12, 16 och 20 m. CPT har utvärderats till ett djup om ca 25 m. Utifrån utförda rutinundersökningar övergår den siltiga leran till en jord av grövre karaktär (inslag av sand) med ökat djup.

Stopp har från utförd viktsondering erhållits till ca 26,3 m.

Sättningsberäkningar, med djup till i huvudsak bedömd lerjord, har utförts till djupet 26,3 m.

Jordlagerföljden bedöms i området utifrån utförda fält – och laboratorieundersökningar i provpunkt 21MI028. Utifrån dessa resultat delas jorden upp i olika delskikt, se Tabell 5

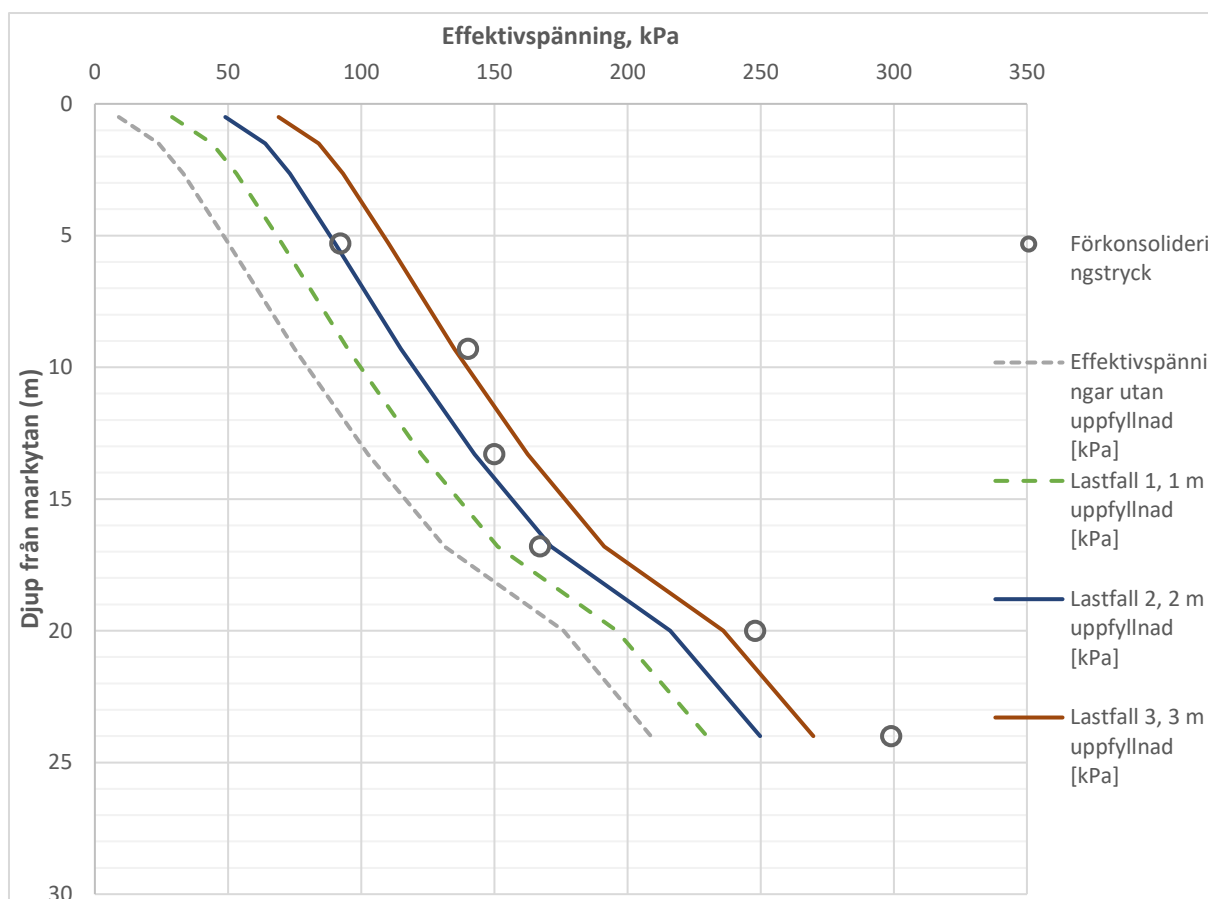
Materialparametrar för delskikt 1–3 (antas som sand) är utvärderade utifrån utförda viktsonderingar och utförda laboratorieundersökningar.

För delskikt 4–9 (antas som lerjord) fås materialparametrar ifrån utförda CRS-försök och CPT-utvärderingar.

Tabell 4: Parametrar för sättningsberäkningar, provpunkt 21MI028

Delskikt	Djup	Skiktthjocklek	$\sigma'c$	$\sigma'L$	M0	ML	M'	cv, min (m ² /s)	Densitet	OCR
1	1	1	-	-	10 000	-	-		1,8	-
2	2	1	-	-	10 000	-	-		1,8	-
3	3,3	1,3	-	-	10 000	-	-		1,8	-
4	7,3	4	92,15	118	3000	367	16,5	4,30E-07	1,59	1,84
5	11,3	4	140,175	160	3000	516	15,3	5,50E-07	1,65	1,87
6	15,3	4	150	211	5750	1016	23	7,90E-07	1,73	1,46
7	18,3	3	167,2	275	3750	1640	9,9	4,00E-07	1,71	1,27
8	21,7	3,4	248	328	8250	1927	14,5	4,60E-07	1,82	1,41
9	25,3	4,6	299	383,5	8250	2258	14,5	4,60E-07	1,82	1,68

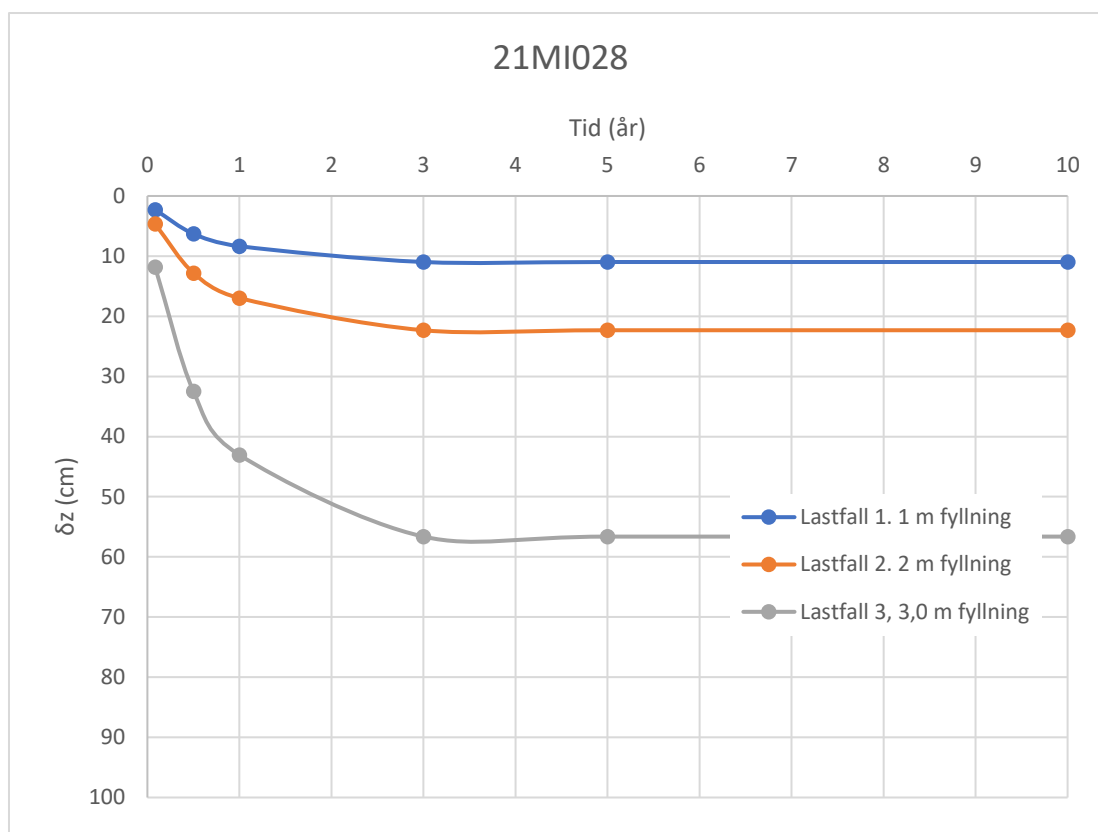
Utifrån spänningsdiagrammet i Figur 15 och Tabell 5 framgår att leran är överkonsoliderad, vidare framgår i Figur 15 för vilka lastfall förkonsolideringstrycket överskrids.



Figur 7: Spänningsdiagram med lastfall och valt förkonsolideringstryck vid beräkningar

I Figur 16 framgår konsolideringsförloppet och de totala sättningarna för respektive lastfall. För konsolideringsbeloppet har en viktad c_v -koefficient beräknats till $5,15E-7$ utifrån Tabell 5 och de olika koefficienterna för respektive delskikt.

1. För lastfall 1 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 11 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 8 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 76 %
2. För lastfall 2 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 22 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 17 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 76 %
3. För lastfall 1 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 57 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 43 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 76 %



Figur 8: Konsolideringsfölopp och utbildade sättningar för olika lastfall

Hydrogeologiska förhållanden

Utifrån grundvattenmätningar har grundvattennivån utvärderats till att ligga ca 1,2 m under markytan. Grundvattennivåerna kan även variera under året med ca +/- 0,5 meter.

Karakteristisk provpunkt 21MI044

Rutinundersökningar och CRS-försök har utförts för 5 nivåer, 4, 8 och 12, 16 och 20 m. CPT har utvärderats till ett djup om ca 25 m. Utifrån utförda rutinundersökningar övergår den siltiga leran till en jord av grövre karaktär (inslag av sand) med ökat djup. Stopp har från utförd viktsondering erhållits till ca 25,2 m.

Sättningsberäkningar, med djup till i huvudsak bedömd lerjord, har utförts till djupet 25,2 m.

Jordlagerföljden bedöms i området utifrån utförda fält – och laboratorieundersökningar i provpunkt 21MI044. Utifrån dessa resultat delas jorden upp i olika delskikt, se Tabell 6

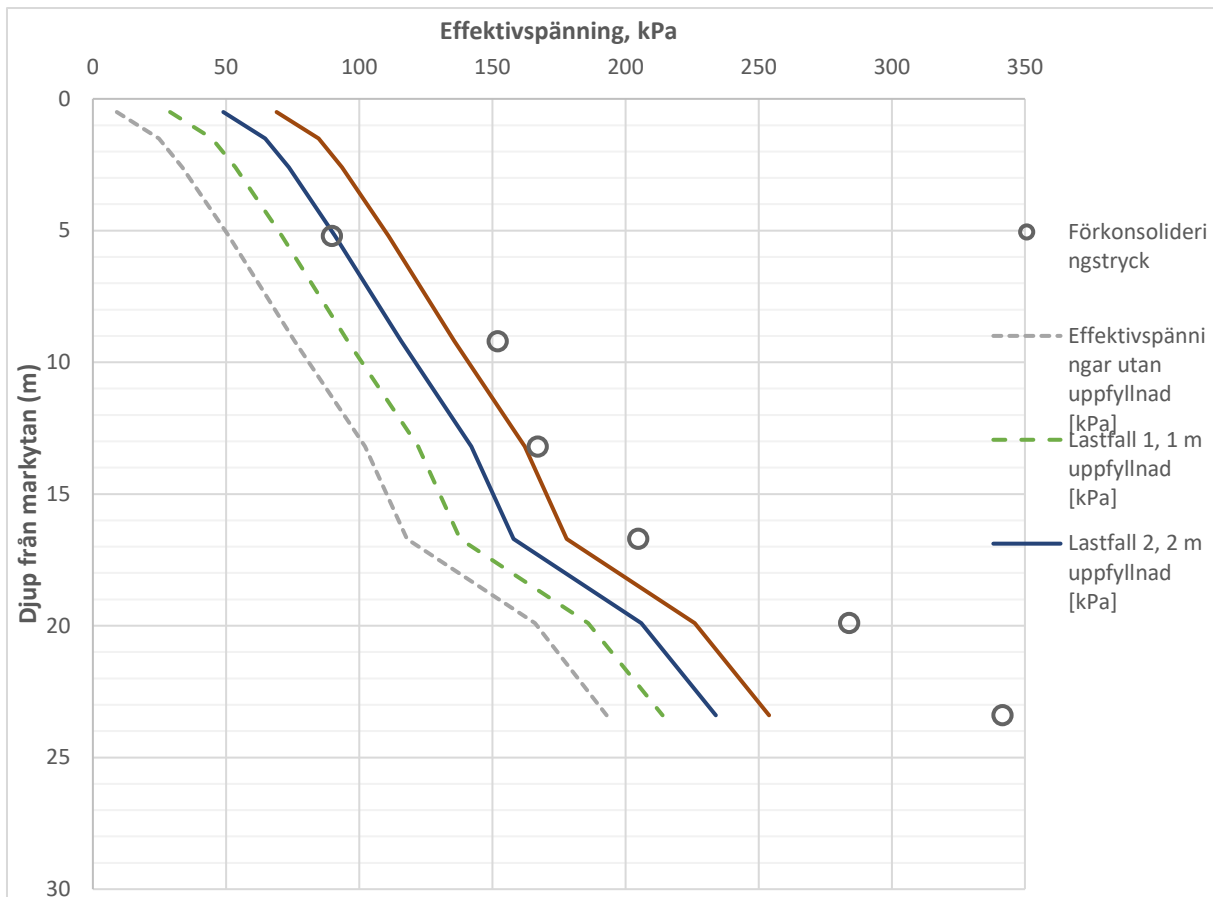
Materialparametrar för delskikt 1–3 (antas som lerjord) är utvärderade utifrån utförda viktsonderingar och utförda laboratorieundersökningar.

För delskikt 4–9 (antas som lerjord) fås materialparametrar ifrån utförda CRS-försök och CPT-utvärderingar.

Tabell 6: Parametrar för sättningsberäkningar, provpunkt 21M1044

Delskikt	Djup	Skiktthjocklek	σ'_c	σ'_L	M0	ML	M'	cv, min (m ² /s)	Densitet	OCR
1	1	1	-	-	10 000	-	-		1,8	-
2	1	1	-	-	10 000	-	-	-	1,8	-
3	3,2	1,2	-	-	10 000	-	-	-	1,8	-
4	7,2	4	89,8	128,4	2600	523,1	13,3	1,60 E-07	1,63	1,76
5	11,2	4	152	158,8	5000	821,4	14,6	5,80 E-07	1,61	2,01
6	15,2	4	167	250,5	5000	1212	13,6	3,60 E-07	1,71	1,63
7	18,2	3	204,8	283,475	3750	1295,025	14	1,40 E-07	1,63	1,74
8	21,6	3,4	284	392	7000	2040	13,1	4,30 E-07	1,77	1,71
9	25,2	3,6	341,6	506,075	7000	2040	13,1	4,30 E-07	1,77	1,74

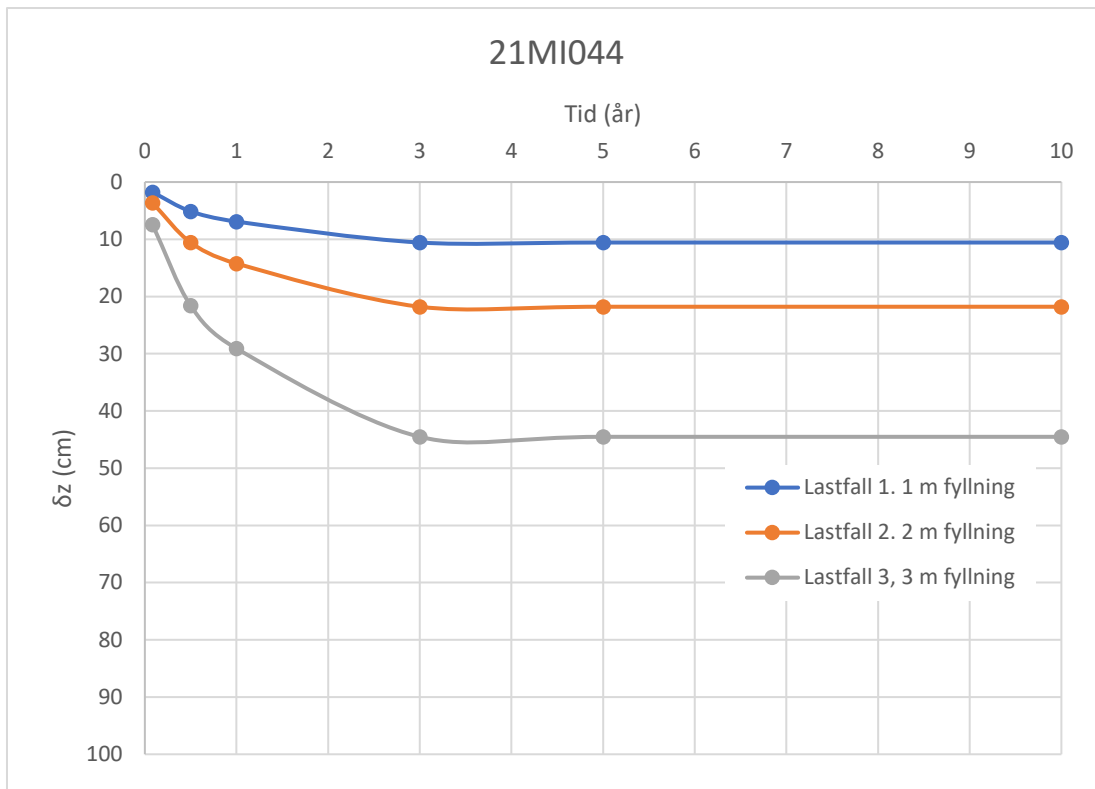
Utifrån spänningsdiagrammet i Figur 17 och Tabell 6 framgår att leran är överkonsoliderad, vidare framgår i Figur 17 för vilka lastfall förkonsolideringstrycket överskrids.



Figur 17: Spänningsdiagram med lastfall och valt förkonsolideringstryck vid beräkningar

I Figur 18 framgår konsolideringsförloppet och de totala sättningarna för respektive lastfall. För konsolideringsbeloppet har en viktad c_v -koefficient beräknats till $5,15E-7$ utifrån Tabell 6 och de olika koefficienterna för respektive delskikt.

4. För lastfall 1 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 11 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 7 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 65 %
5. För lastfall 2 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 22 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 14 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 65 %
6. För lastfall 3 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 45 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 29 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 65 %



Figur 18: Konsolideringsförlopp och utbildade sättningar för olika lastfall

Hydrogeologiska förhållanden

Utifrån grundvattenmätningar har grundvattennivån utvärderats till att ligga ca 1,275 m under markytan. Grundvattennivåerna kan även variera under året med ca +/- 0,5 meter.