

---

**GEOTEKNIK OCH HYDROGEOLOGI SKYDDSYTOR DP LÄRJE**

---

BESTÄLLARE: STADSBYGGNADSKONTORET GÖTEBORG STAD

**Lärje | UR90 Geoutredning skyddsytor**

UPPDRAGSNUMMER SWECO: 30012095-548

HANDLING: 166006-12-025-503

PM GEOTEKNIK OCH HYDROGEOLOGI DP LÄRJE

DATUM 2022-06-22

SWECO SVERIGE AB  
GÖTEBORG

UPPDRAGSLEDARE: MONICA CLEMERT  
HANDLÄGGARE: ELIN TUNANDER OCH HANNA LANDQUIST  
TEKNIKANSVARIGA: PETER JANSSON, HANNA LANDQUIST  
GRANSKARE: INGVAR RHEN, ANNLOUISE ELLIOT

---

**Sweco**  
Skånegatan 3  
Telefon +46 31 62 75 00  
Fax +46 (0)8 6956010  
[www.sweco.se](http://www.sweco.se)

Sweco Sverige AB  
Org.nr 556767-9849  
Styrelsens säte: Stockholm

En del av Sweco-koncernen

## Ändringsförteckning

VER.	DATUM	ÄNDRINGEN AVSER	GRANSKAD	GODKÄND

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>UPPDRAG .....</b>	<b>1</b>
1.1	Syfte .....	2
1.2	Skyddsytor .....	2
<b>2</b>	<b>UNDERLAG.....</b>	<b>5</b>
2.1	Geotekniska och hydrogeologiska underlag.....	5
2.2	Övriga underlag.....	5
<b>3</b>	<b>VÄGLEDANDE DOKUMENT .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN .....</b>	<b>7</b>
4.1	Topografi och områdesbeskrivning .....	7
4.2	Geotekniska förhållanden.....	7
	Jordlagerföljd och materialegenskaper .....	9
4.3	Geologiska och hydrogeologiska förutsättningar och egenskaper .....	10
4.3.1	Geologiska förutsättningar och egenskaper.....	10
4.3.2	Hydrologiska förutsättningar och förhållanden .....	11
4.3.3	Linnarhultsmagasinet .....	20
4.3.4	Brunnar från SGU:s brunnarkiv.....	21
<b>5</b>	<b>GEOTEKNISKA ANALYSER OCH BERÄKNINGAR .....</b>	<b>21</b>
5.1	Stabilitet .....	21
5.1.1	Förslag på åtgärd.....	24
<b>6</b>	<b>HYDROGEOLOGISK KONCEPTUELL MODELL OCH PÅVERKAN PÅ GRUNDVATTEN .....</b>	<b>26</b>
6.1	Konceptuell modell .....	26
6.1.1	Inledning .....	26
6.1.2	Modell .....	26
6.2	Potentiella effekter på grundvattenförhållanden och bedömningar av konsekvenser	28
6.3	Vattenverksamhet och risk för skada .....	31
<b>7</b>	<b>SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER.....</b>	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>REFERENSER .....</b>	<b>32</b>

## BILAGOR

1. Översiktskartor Hydrogeologi
2. Planritningar över geotekniska undersökningspunkter
3. Sammanställning av odränerad skjuvhållfasthet och spänningsdiagram
4. Stabilitetsberäkningar

## 1 Uppdrag

Sweco har på uppdrag av Stadsbyggnadskontoret Göteborg Stad utfört både geoteknisk- och hydrogeologisk utredning för anvisade delar inom detaljplan "Detaljplan för järnvägsplan med mera i Lärje inom stadsdelen Gamlestaden i Göteborg". Detaljplaneområdet ligger inom Lärjeholm, cirka 6 km norr om Göteborg. Området begränsas av Lärjeån i norr, Norge/Vänerbanan och E45 i väster och industriområde i öster, se Figur 1. Inom den östra delen av området går spårväg mot Angered.



Figur 1. Ungefärlig planområdesgräns markerat i rött utifrån plankarta daterad 220323. Källa flygfoto: [minkarta.lantmateriet.se](http://minkarta.lantmateriet.se) datum 2022-06-14.

Denna handling behandlar endast den mark som ska användas som översvämningssytor/skyddsytor och befintlig spårväg.

## 1.1 Syfte

Syftet med utredningen är att redogöra för de geotekniska och hydrogeologiska förutsättningarna, konsekvenserna och åtgärderna av planerade skyddsytor samt befintlig spårvägsanläggning.

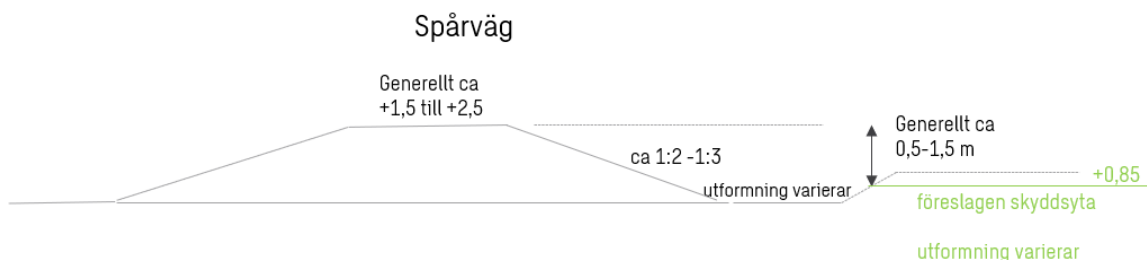
## 1.2 Skyddsytor

Planområdet med anvisade lägen för skyddsytorna visas i Figur 3 och Figur 4. Aktuell utredning omfattar mark inom detaljplanen som ska användas som skyddsytor (grön färg i planområdet) och spårväg (grå färg).

Skyddsytorna ska ta hand om vatten vid skyfall utifrån skyfallsutredning som görs av Kretslopp och Vatten, Göteborgs stad. För att kunna magasinera tillräcklig mängd skyfallsvatten ska ytorna inom skyddsytorna ha nivå +0,85 (RH2000). Då befintlig mark till största delen är belägen på en högre nivå än +0,85 innebär det att schakter behöver göras. En förändring i uppdragets omfattning är att marken längst i söder inte ska användas som skyddsytta utan befintliga marknivåer ska behållas, se Figur 4.

Inom områden för skyddsytor ska de översta centimetrarna bestå av uppblandad jord för att få till bra förutsättningar för växtlighet etc.

En principskiss för skyddsytors placering i förhållande till befintlig spårväg visas i Figur 2.

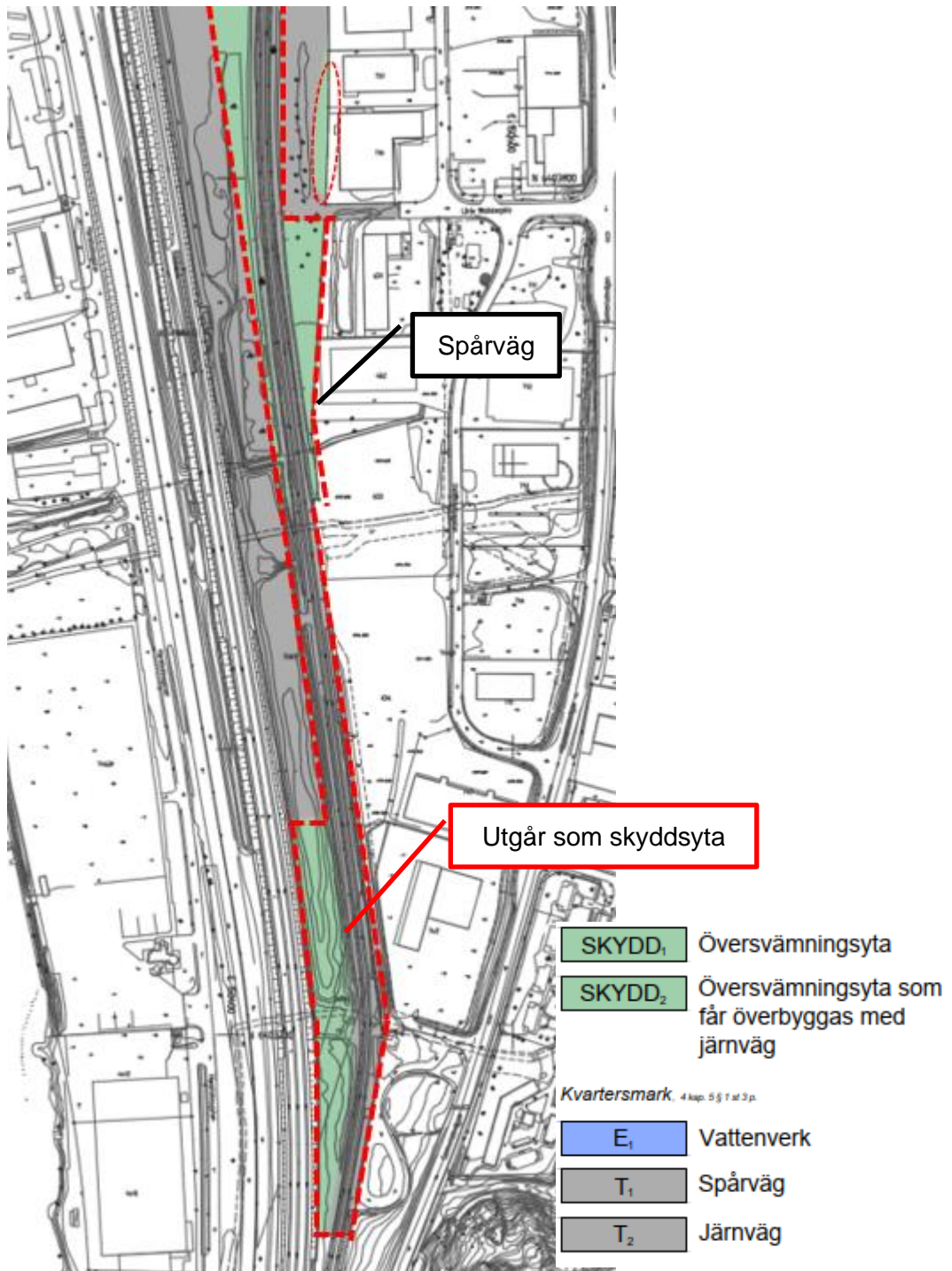


Figur 2. Principskiss för föreslagen utformning av skyddsytor.



Figur 3. Planområdets norra del. Aktuell utredning omfattar marken inom röda områden som omfattar ytor som ska användas för skyddsytor och spårväg.





Figur 4. Planområdets södra del. Aktuell utredning omfattar marken inom röda områden som omfattar ytor som ska användas för skyddsytter och spårväg.



## 2 Underlag

### 2.1 Geotekniska och hydrogeologiska underlag

Inga geotekniska eller hydrogeologiska undersökningar har utförts inom ramen för aktuell utredning. Geotekniskt underlag och hydrogeologiskt underlag som har legat till grund för aktuell utredning har inhämtats från:

- PM Geoteknik och hydrogeologi - Lärje: UR61 Utredningar för KoV detaljplan, Sweco daterat 2022-02-18, handlingsnummer 166006-12-025-501 [1]

Utredning omfattar förutsättningarna för kvartersmarken *vattenverk*, se Figur 3.

- Tekniskt PM, Bandel 634, Lärje uppställningsspår, Sweco daterat 2022-01-21 (reviderat 2022-06-10), handlingsnummer 166006-12-025-005 [2]
- Markteknisk undersökningsrapport/Geoteknik med datum 2021-01-21, (reviderad 2022-06-10) handlingsnummer 166006-12-025-003 [3]

Upprättade planritningar finns i Bilaga 1.

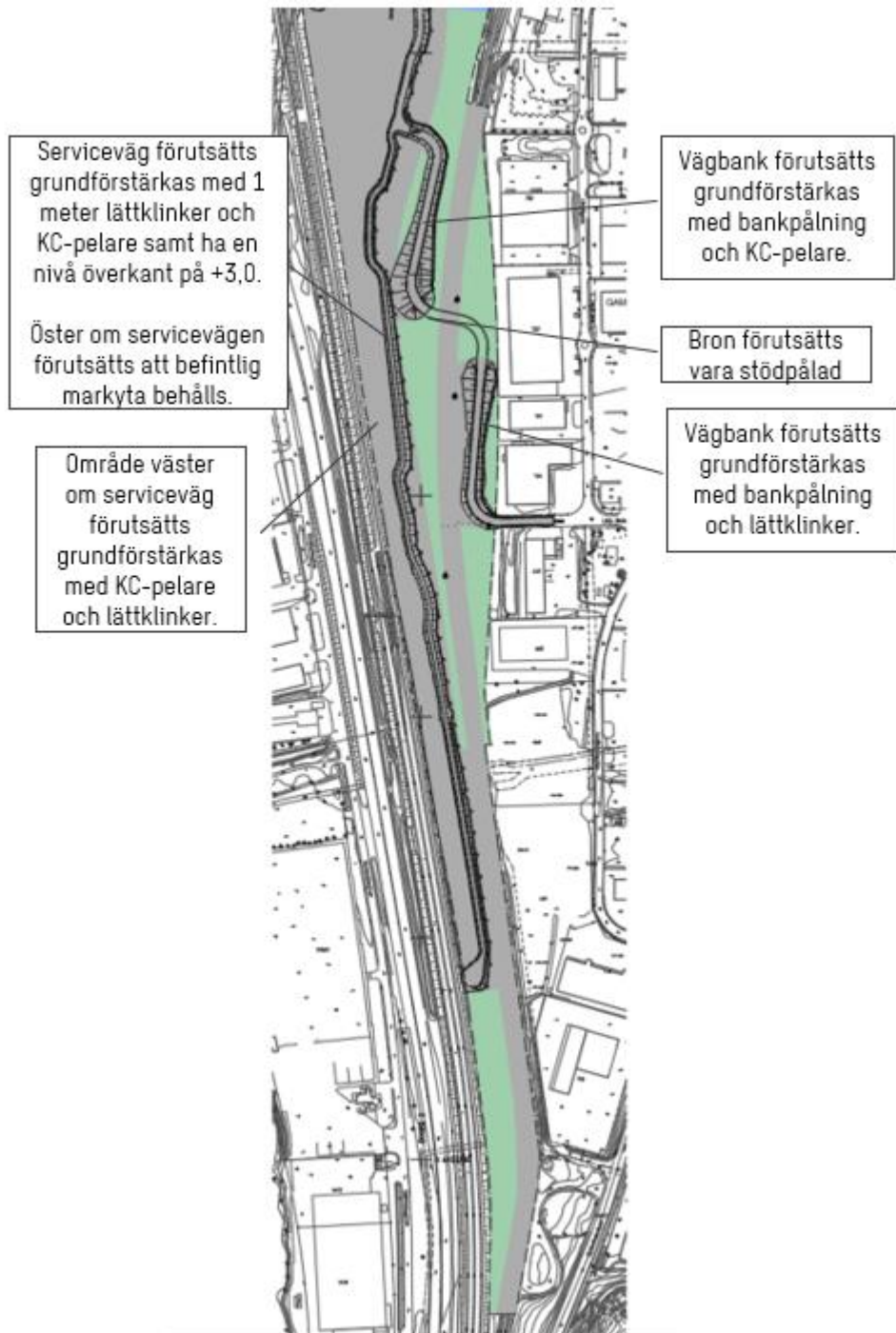
Utredning gjordes i samband med framtagandet av järnvägsplan, kvartersmark järnväg, se Figur 3. Förstärkningar inom järnvägsplanen, vilka är förutsättningar för aktuell utredning, visas i Figur 5. Förstärkningarna i järnvägsplanen förutsätts att de utförs så att stabiliteten är tillfredsställande inom planområdet.

- Projekterings-PM Hydrogeologi, Bandel 634, Lärje uppställningsspår, Sweco daterat 2022-01-21 (reviderat 2022-06-10), handlingsnummer 166006-12-025-002

Utredningen har använts som underlag för att ta fram den geologiska och hydrogeologiska informationen inom aktuella ytor, samt utgjort underlag för beräkningar för omgivningspåverkan vad gäller grundvatten.

### 2.2 Övriga underlag

- Plankarta i dwg-format från SBK, daterad 220323 med planområdesgräns och anvisade skyddsytors utbredning i plan.
- Befintliga marknivåer utifrån markmodell "Markmodell-NH-data-CV3D" och digital grundkarta.



Figur 5. Förstärkningar inom järnvägsplan som är förutsättningar för aktuell utredning.

### 3 Vägledande dokument

TK Geo 13 version 2

IEG Rapport 6:2008, Rev 1, Tillämpningsdokument, Slänter och bankar

### 4 Befintliga förhållanden

#### 4.1 Topografi och områdesbeskrivning

Området är relativt flackt med marknivåer som generellt varierar mellan cirka +0,5 och +1,1. Marken i anslutning till spårvägen utgörs mestadels av gräs- och ängsytor och i söder en tidigare deponi (väster om spårvägen). Lokalt vid deponin uppgår markytan till ungefär +3,5.

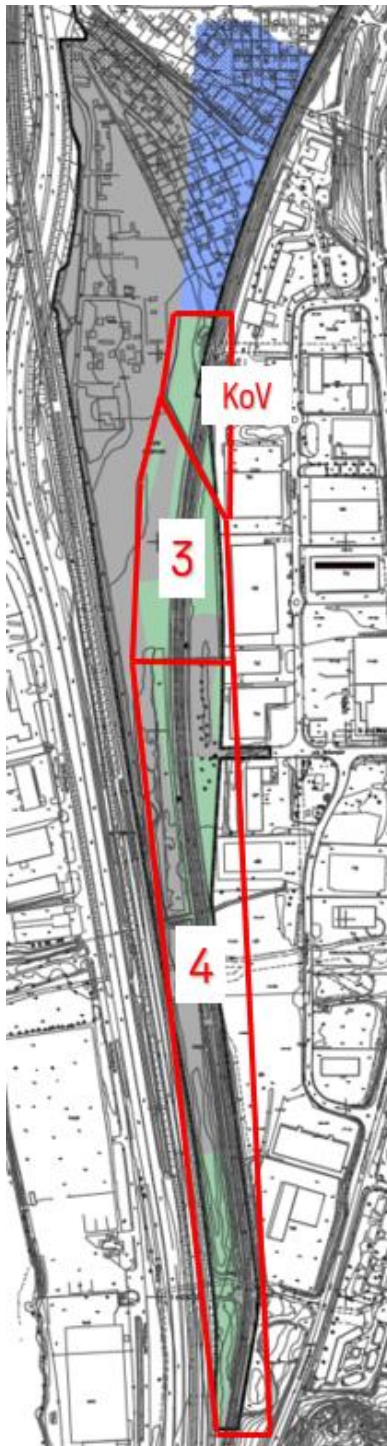
Längs med spårvägen går diken med varierande bredd och djup. Generellt är nivåskillnaden mellan marknivån (dikesbotten) i anslutning till spårväg och överkant spårväg cirka 1–2 meter, se Figur 2. Lokalt inom området förekommer både en större och mindre nivåskillnad.

Spårväg förutsätts inte vara grundförstärkt.

Stabiliteten för befintlig spårväg är inte tillfredsställande för nu rådande förhållanden.

#### 4.2 Geotekniska förhållanden

Redovisade geotekniska förhållande och materialegenskap för jordlagren har inhämtats utifrån tidigare gjorda utredningar [1] och [2]. I Figur 6 redovisas den indelning av aktuella ytor som har gjorts utifrån tidigare handlingar. Delområde 3 och 4 är i enighet med den indelning som gjordes i utredning [2].



**Områdesindelning**

De geotekniska parametrarna inom delområdena är hämtat utifrån:

KoV – Lärje: UR61 Utredningar för KoV detaljplan [1]

3 – Delområde 3 i handling Omloppsnära uppställningsspår – Lärje [2]

4 – Delområde 4 i handling Omloppsnära uppställningsspår – Lärje [2]



Områdesindelning

Figur 6. Områdesindelning där samma geotekniska materialegenskaper gäller inom respektive delområde.

## Jordlagarföljd och materialegenskaper

Jordlagren inom samtliga delområden utgörs till största del av lera till stora djup. Jorddjupen till fast botten varierar mellan 25 meter och över 55 meter. Under leran finns ett friktionslager ovan berg. Mestadels innehåller leran i den övre lerprofilen gyttja, sand, silt, skalrester och växtdelar. I den undre delen av lerprofilen förekommer mindre inslag av gyttja, sand och skalrester.

Lerans vattenkvot respektive konflytgräns varierar mellan cirka 40-80 % respektive 35-80 %, där både konflytgränsen och vattenkvoten har de lägre värdena i den övre lerprofilen.

Lerans densitet varierar mellan cirka 1,6-1,8 t/m<sup>3</sup> med den högre densiteten i de övre jordlagren.

Inom delområde 3 och 4 har leran en uppmätt sensitivitet,  $S_t$ , mellan cirka 10 och 25, vilket innebär att leran är mellansensitiv. Uppmätt sensitivitet centralt inom kvartersmark för vattenverket, se Figur 3, varierar mellan 27 och 73 med en ökande trend mot djupet där de högsta värdena är uppmätta på 18 meters djup [2]. Leran klassificeras därmed som mellan- och högsensitiv lera. Då den odränerade skjuvhållfastheten i omrört tillstånd är högre än 0,4 kPa på de djup där sensitiviteten är större än 50, definieras leran inte som kvick.

På grund av lerans mäktighet ovan berg inom området förekommer inga markradonrisker.

För mer detaljer kring jordlagrens materialegenskaper hänvisas till [1] och [2] där även sammanställning av geotekniska materialegenskaper redovisas.

### Odränerad skjuvhållfasthet

Utvärderingen av odränerad skjuvhållfasthet har gjorts utifrån CPT-sonderingar, vingförsök samt fallkonförsök och är korrigerade med avseende på konflytgräns.

Härledda värden för den odränerade skjuvhållfastheten återfinns i Bilaga 3.

#### *Delområde KoV [1]*

Den odränerade skjuvhållfastheten för leran inom aktuellt område har valts till 16 kPa ned till nivå -2 och hållfastheten ökar därunder med cirka 0,9 kPa/meter.

#### *Delområde 3 [2]*

Den odränerade skjuvhållfastheten för leran inom aktuellt område har valts till 15 kPa på nivå +2 och hållfastheten ökar därunder med 0,7 kPa/meter.

#### *Delområde 4 [2]*

Den odränerade skjuvhållfastheten för leran inom aktuellt område har valts till 12 kPa på nivå -1 och hållfastheten ökar därunder med 0,8 kPa/meter.

### Sättningsegenskaper

Leran bedöms vara svagt överkonsoliderad, dvs den rådande effektivspänningen i leran,  $\sigma'_0$ , är mindre än  $\sigma'_c$ . Då effektivspänningen överskrider  $0,8 \cdot \sigma'_c$  i delar av lerprofilen är bedömningen att det kan vara pågående sättningar inom området.

Lerans kompressionsmodul,  $M_L$  varierar mellan cirka 400-1400 kPa. Kompressionsmodulen ökar generellt mot djupet.

I Bilaga 3 redovisas spänningsdiagram som visar spänningsförhållandena inom de olika delområdena.

## **4.3 Geologiska och hydrogeologiska förutsättningar och egenskaper**

### **4.3.1 Geologiska förutsättningar och egenskaper**

Planområdet för uppställningsspår i Lärjeholm är beläget på Götaälvdalens östra sida och är i allmänhet i ytan till största delen av SGU karterat som postglacial lera. Ett parti i nordvästra delen är karterat som postglacial finsand och i norra och nordvästra delen finns postglacial silt och svämsediment i form av lera och silt. Delar av områdets norra del är också karterade som gyttjig lera. Strax nordost om den planerade uppställningsbangården finns en större yta med morän, omväxlande med sorterade sediment. Norr om området finns Lärjeån. Norr om Lärjeån finns svämsand och postglacial sand, varav det senare följer Lärjeån ett stycke nordöst. Öster om området möter leran berg i dagen och västerut fyllnadsmaterial överlagrat av tunnare lager postglacial silt och svämsediment i form av silt och ler. Söder om området möts leran av morän, omväxlande med sorterade sediment, och berg i dagen. Längs Lärjeåns dalgång är en isälvsavlagring avsatt. Denna viker troligen av söder ut i höjd med Lärjeholm och underlagrar de mäktiga lagren av finkorniga sediment. Jorddjupet i området varierar enligt SGU mellan 10 och 50 meter.

Den dominerande geologiska strukturen i området utgörs av Götaälvdalen samt anslutande Lärjeåns dalgång. Götaälvdalen breder ut sig i nordsydlig riktning och Lärjeåns dalgång i en mer nordöstlig riktning. Berggrunden i området domineras av tonalit och granodiorit med inslag av gabbroid-dioritoid och granit. Kvartärgeologisk karta, jorddjupskarta, berggrundskarta samt karta över grundvattenmagasin från SGU redovisas i Bilaga 1.

Kompletterande geologiska och geotekniska fältundersökningar har utförts som visar på ytliga jordlager med omväxlande lera, torrskorpelera, silt, sand, gyttja och fyll. I södra delen av området finns en före detta deponi, där ytliga jordlager även innehåller sand och grus. Under dessa ytliga jordlager finns lera som de översta cirka 8–12 metrarna innehåller gyttja, sand, silt, skalrester och växtdelar. Ställvis klassas jordarten som lerig silt. Under 12 meters djup minskar inslagen av sand, gyttja och skalrester.

Undersökningarna visar också ett för projektet för uppställningsspår betydelsefullt utbrett inbäddat sandlager i lera i områdets norra del. Sandlagret finns inlagrat i leran i anslutning till Lärjeån och uppfattas gå i en smal triangelformad kil söderut där den försvinner (Figur 7). Undersökningarna visar också att detta inbäddade sandlager i lera som identifierats längre västerut, inte finns i aktuellt område.

Även längre söderut finns undersökningar som visar på sandskikt, men som inte verkar vara sammanhängande med det stora sandlagret i norr.

Mäktigheten av friktionsmaterialet under leran är svår att bedöma utifrån befintligt underlag då så pass få borringar gjorts till berg. Mäktigheten är inte heller relevant för projektet att klarlägga. Utförda fältundersökningar vid planerad bro har dock visat att mäktigheten av friktionsmaterialet ställvis uppgår till cirka 50 m (Ungefärlig placering mellan grundvattenrör SW2103GW samt SW2109GW, Figur 7).

#### 4.3.2 Hydrologiska förutsättningar och förhållanden

##### 4.3.2.1 Allmänt

Området ligger inom huvudavrinningsområdet för Göta älv<sup>1</sup> och årsmedelnederbörd uppmättes mellan år 1961 och 1990 till mellan 700 och 800 mm. Lärjeån löper också norr om planområdet, men inga andra större ytvatten finns i närområdet.

Baserat på jordartskartan kan det antas finnas ett övre öppet grundvattenmagasin i ytlig kohesions-/blandad jord. Jordartskartan visar också ett mindre sandparti i planområdets västra del där ytligt grundvatten kan förekomma. Härunder finns ett begränsat sandskikt. Det kan antas att den hydrauliska konduktiviteten är högre i det mellanliggande sandskiktet (mellanmagasinet) än omgivande ytliga jordar på platsen. Det inbäddade sandlagret är i huvudsak slutet inom planområdet men kan antas vara öppet i anslutning till eller strax norr om Lärjeån, samt inom planområdet i anslutning till våtmarksområdet. Ytterligare kartmaterial visar ett undre grundvattenmagasin i friktionsmaterial: Linnarhultsmagasinet. Detta är sannolikt slutet, men kan vara öppet i anslutning till området i öster karterat som morän omväxlande med sorterade sediment.

Ett antal ledningar finns förlagda genom järnvägsplanområdet. Dess ledningsgravar kan potentiellt vara dränerande. Eftersom dessa vanligen är anlagda relativt grunt, och ytliga jordlager till största delen består av relativt täta jordlager antas inte dessa orsaka betydande dränering av grundvatten. Vissa ledningar ligger djupare. De är tryckta under järnvägsspår och E45, och bedöms inte bidra till någon betydande bortledning av grundvatten. Det finns även sekretessbelagda ledningar förlagda inom området. Huruvida dessa bidrar till bortledning av grundvatten beror på genomsläppligheten av materialet som använts som återfyllnad och hur ledningsgravarna lutar (dvs möjlighet för vatten att

<sup>1</sup> <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/sveriges-huvudavrinningsomraden-1.26616> [åtkomst 20-12-16]



avrinna). Eftersom ytliga jordlager generellt är relativt täta bedöms dock potentiell bortledning av grundvatten till följd av ledningar vara av begränsad storlek.

#### 4.3.2.2 *Genomsläpplighet*

Det övre grundvattenmagasinet finns i ytliga jordlager som i norra delen av området utgörs av cirka 1–4 m omväxlande mulljord, silt, lera, gyttja och sand. Den dominerade jordarten i övre grundvattenmagasinet är silt. Genomsläpplighet i silt ligger generellt på cirka  $1,0E-6$  m/s till  $1,0E-8$  m/s, medan genomsläppligheten i sand är högre och i lera lägre.

I södra delen av området finns också inslag av sand och grus i ytliga jordlager, varför genomsläppligheten här lokalt kan antas vara högre i övre magasinet. Genomsläpplighet i sand ligger generellt på cirka  $1,0E-3$  m/s till  $5,0E-6$  m/s, medan genomsläppligheten i grus är högre.

För det mellanliggande sandlager (mellan magasinet) som identifierats i områdets norra del har siktanalys samt slugtest genomförts inom ramen för projekt Bandel 634, Lärje uppställningsspår. Dessa indikerar jordarten sand, i huvudsak mellansand, med en konduktivitet i storleksordningen  $1E-4$  till  $6E-4$  m/s.

Kapaciteten i det underliggande Linnarhultsmagasinet är enligt SGU bedömd som mycket god eller har utmärkta uttagsmöjligheter. Detta anges i storleksordningen 5–25 l/s.

Lera, som utbredd förekommer både över och under det mellanliggande sandlagret, har generellt en låg hydraulisk genomsläpplighet. Lerans permeabilitet ligger enligt utförda CRS försök på mellan  $1,5E-9$  och  $2,5E-10$  m/s i yttlig lera och mellan  $4E-10$  och  $5E-10$  m/s i lera på större djup.

Genomsläpplighet i torrskorpelera och fyll kan variera stort, men kan erfarenhetsmässigt vanligen antas till cirka  $1*10^{-5}$  till  $1*10^{-7}$  m/s, men kan vara såväl högre som lägre i vissa fall.

#### 4.3.2.3 *Grundvattenbildning*

Grundvattenbildningens storlek till övre och undre magasinen är svårfångad. Den kan i princip endast beräknas med hjälp av inläckagemätningar och samtidiga relaterade ytor med grundvattenavsänkning. Dessa två uppmätta förhållanden saknas oftast, varför generella och erfarenhetsmässiga uppskattningar därför istället görs av grundvattenbildningens storlek, som är behäftade med stora osäkerheter. Generellt ligger grundvattenbildningen i övre grundvattenmagasinet i området på cirka 375 – 450 mm/år<sup>2</sup>. Baserat på områdets karaktär med få hårdgjorda ytor, relativt täta ytliga jordlager och

<sup>2</sup> Sveriges Geologiska Undersökning, SGU (2017). Grundvattenbildning och grundvattentillgång i Sverige.

växtlighet med träd, gräs och buskar, bedöms denna grundvattenbildning rimlig för övre grundvattenmagasin.

Grundvattenbildning till mellanliggande grundvattenmagasin sker sannolikt i huvudsak i områden där sandformationen ligger ytligt och ej överlagras av lera, liksom strax norr om Lärjeån. Det är inte osannolikt att magasinet även står i kontakt med Lärjeån som således kan bidra till grundvattenbildningen till magasinet. Grundvattenbildning till mellanliggande grundvattenmagasin sker även till viss del genom leran från undre och övre grundvattenmagasin, även om denna tillrinning bedöms vara förhållandevis liten.

Grundvattenbildningen till undre grundvattenmagasin (Linnarhultsmagasinet) sker troligtvis huvudsakligen i randzonen till uppstickande bergshöjder längs med Göta älvs och Lärjeåns dalgång och i friktionslager som ligger på bergytorna och som är i kontakt med magasinet. Viss tillrinning sker troligen också via överliggande jord. Linnarhultsmagasinet går också ställvis i dagen där grundvattenbildning kan ske direkt.

#### 4.3.2.4 Grundvattennivåer

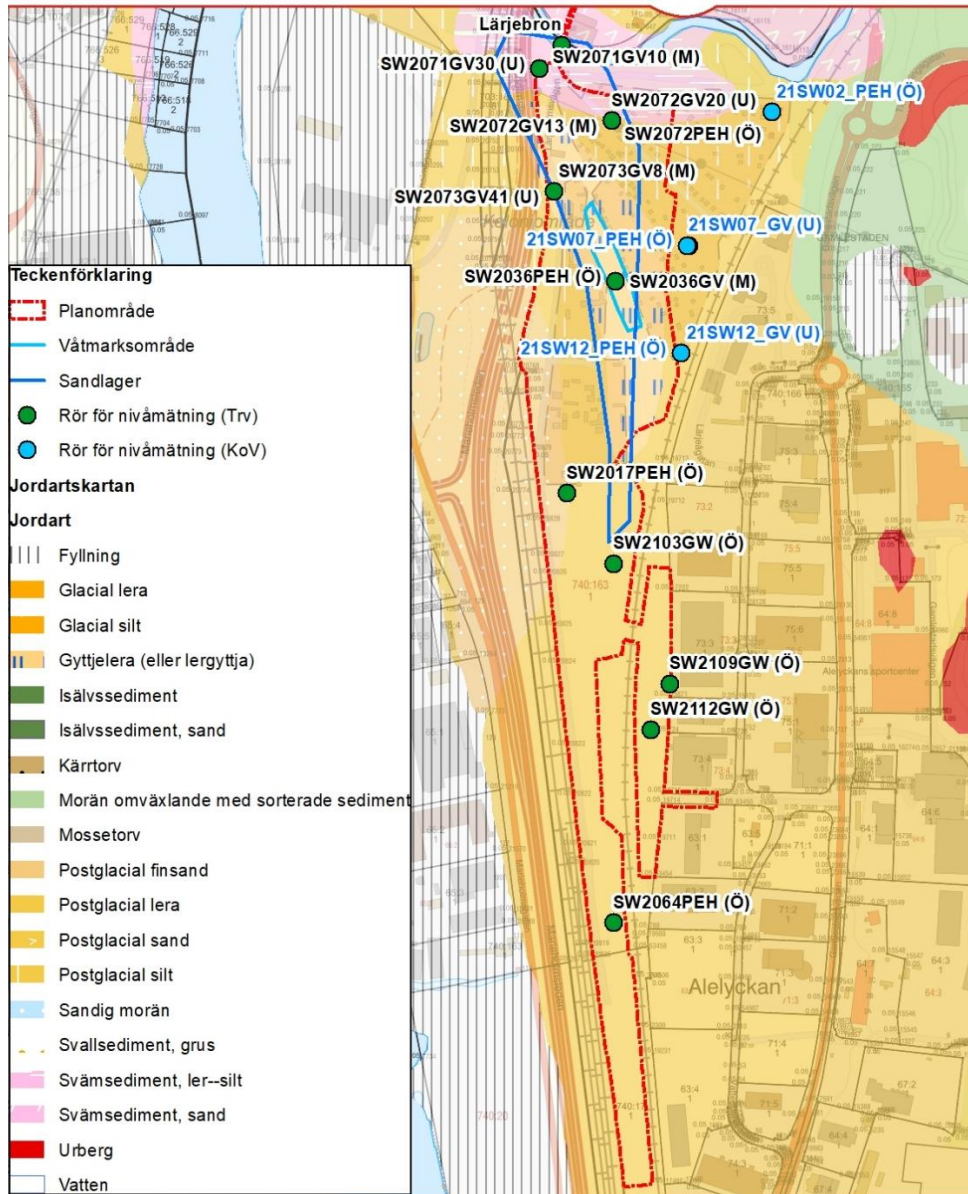
Inom ramen för projekt uppställningsspår Lärjeholm har 15 stycken observationsrör installerats, varav ett sitter i Lärjeån och resterande är grundvattenrör [4].

Observationspunkternas utformning redovisas kortfattat nedan:

- 7 st PEH i övre magasin (4 st av dessa installerades i september 2020, och 3 st installerades i juni 2021)
- 4 st 2" stålrör i mellanliggande grundvattenmagasin (inbäddat sandlager)
- 3 st 1" stålrör i undre grundvattenmagasin (Linnarhultsmagasinet)
- 1 st i Lärjeån

Ytterligare 5 observationsrör installerades i projekt för detaljplaneutredning inom planområdets nordöstra del där Kretslopp och Vatten planerar en anläggning.

Placeringen av samtliga rör redovisas i Figur 7. Rören syftar till att ge dels gradientförhållandena inbördes mellan de tre magasinerna och mot Lärjeån, dels flödesriktningarna och gradienterna inom respektive magasin. Rör i övre grundvattenmagasin syftar också till att möjliggöra miljöprovtagning.

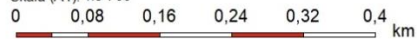


### LÄRJE UPPSTÄLLNINGSSPÅR

Översiktsskarta (Grundvattenrören sitter med filter i övre (Ö), mellan (M) respektive undre (U) grundvattenmagasin)

Datum: 2022-05-10

Skala (A4): 1:5 700



© Lantmäteriet, Geodatasamverkan



Figur 7. Placering av grundvattenrör samt observationspunkt i Lärjeån. Grundvattenrören sitter med filter i övre (Ö), mellanliggande (M), respektive undre (U) grundvattenmagasin.

Vattennivån har mätts manuellt i samtliga observationspunkter samt i ett urval även med automatiska tryckgivare. Start och omfattning har varierat beroende på när rören installerades och syftet med rören. Samtliga nivåmätningar redovisas i Figur 8.

Tillgängliga nivåobservationer visar på nivåer mellan +0,1 och +5,3 i övre magasin, vilket motsvarar cirka 0,1 m över till 2,2 m under marknivån (Figur 9). Interpolerad medelnivå i övre magasin visas i Figur 11.

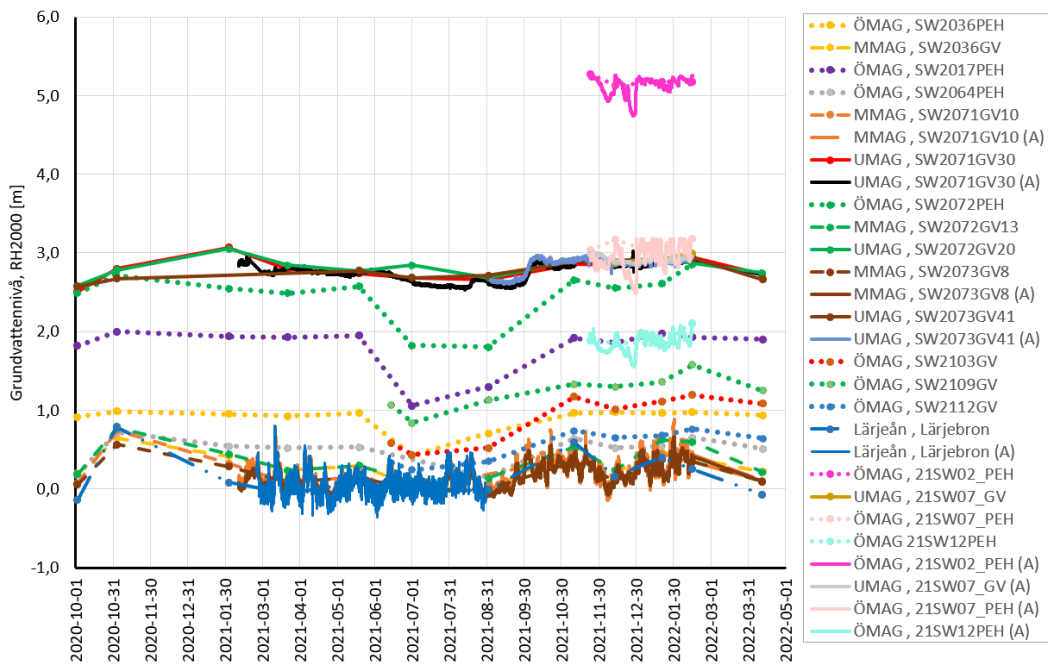
Nivåerna i mellanliggande magasin är generellt lägre än nivåerna i övre och undre magasin, och ligger under tillgänglig mätperiod på mellan -0,1 och +0,9. Detta indikerar att mellanliggande magasin i allmänhet är mottagare av vertikalt strömmande grundvatten från övre respektive från undre grundvattenmagasin i liten omfattning. Trycknivån i mellanliggande grundvattenmagasin ligger nära eller i nivå med vattennivån i Lärjeån, och variationer i magasinet och Lärjeån följs åt. Detta kan innebära en in- eller utströmning i sandlagret från Lärjeån, beroende på tryckförhållandena mellan dem, men om detta verkligen sker har inte klarlagts.

Nivån i undre grundvattenmagasin ligger på mellan +2,5 och +3,1, vilket motsvarar mellan cirka 1,4 m under respektive 1,4 meter över markytan vid respektive observationspunkter. Grundvattennivån i undre grundvattenmagasin är således ställvis artesisk (trycknivå högre än markytan) i delar av planområdet.

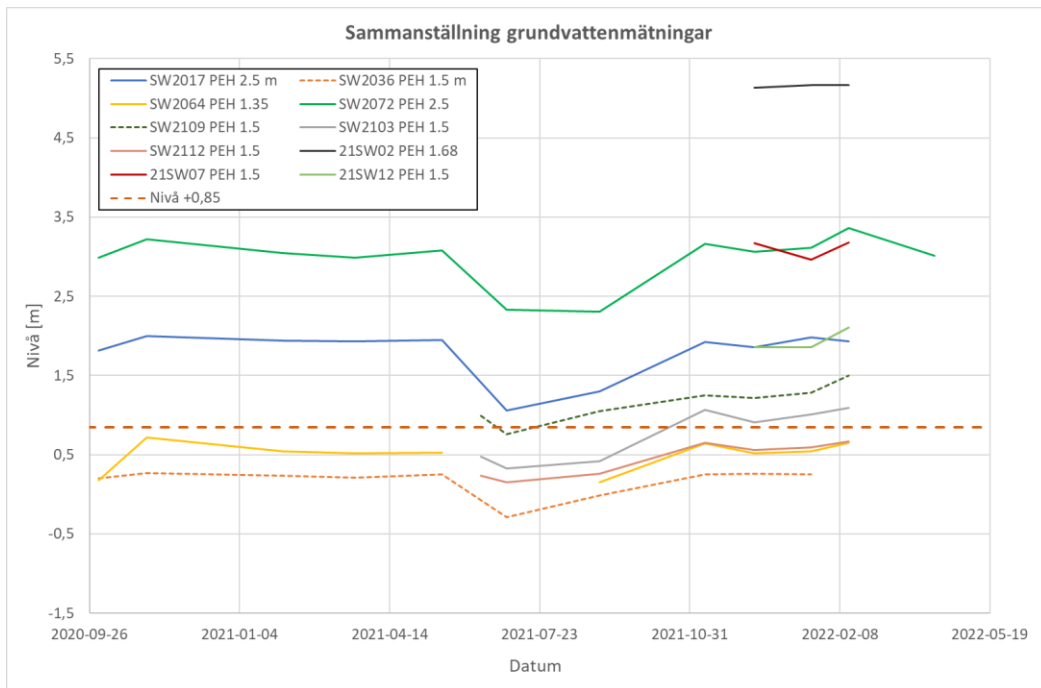
I Lärjeån varierade nivån under perioden mellan -0,4 och +0,8 (Figur 8).

Nederbörd under aktuell period redovisas i (Figur 10).

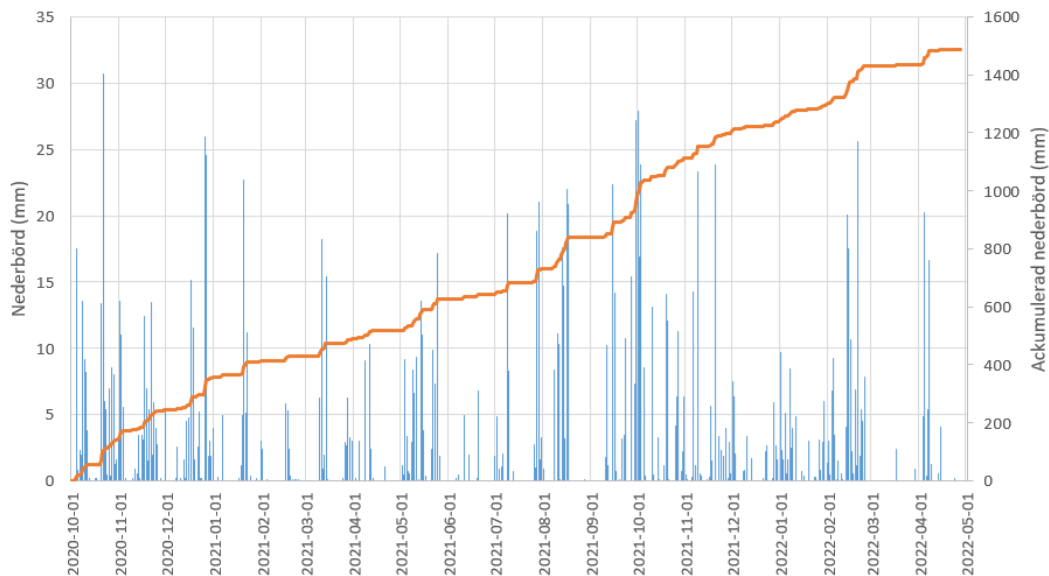
Samtliga höjdnivåer i projektet är redovisade i höjdsystem RH2000.



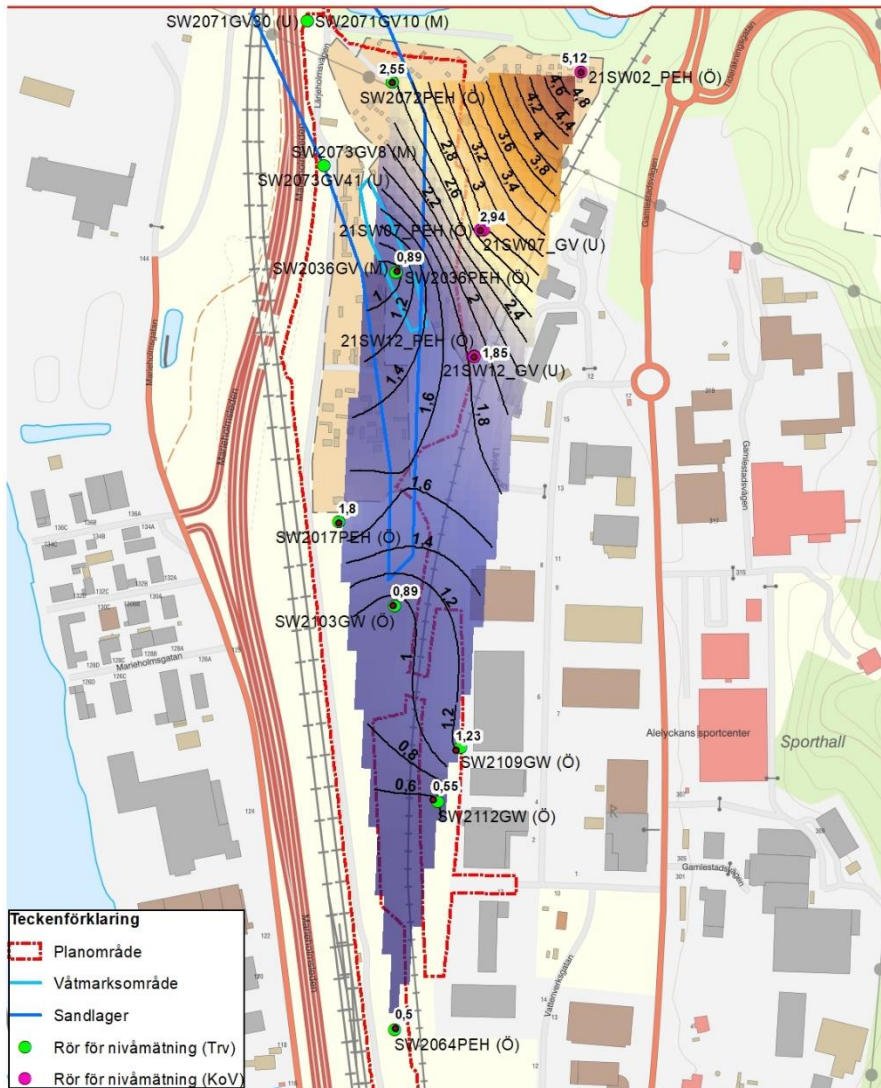
Figur 8. Grundvattennivå i samtliga observationsrör samt nivå i Lärjeån. Prickad linje representerar nivåer i övre grundvattenmagasin (ÖMAG), streckad linje representerar nivåer i mellanliggande grundvattenmagasin (MMAG), heldragen linje representerar nivåer i undre grundvattenmagasin (UMAG). Ytvattennivå är markerad med prickar och streck om vartannat. Observera att samtliga nivåer registrerade med automatiska tryckgivare (A) redovisas som heldragna linjer (både för MMAG och UMAG).



Figur 9. Grundvattennivå i observationsrör i övre magasinet. Streckad rak linje visar planerad nivå för skyddsytan.



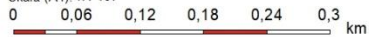
Figur 10. Nederbörd (mm/dygn) samt ackumulerad nederbörd (mm) vid nederbördsstation Göteborg A under perioden 2020-10-01 tom 2022-05-01 (nederbördsdata hämtad på [www.smhi.se](http://www.smhi.se)).



**LÄRJE UPPSTÄLLNINGSSPÅR**

Interpolerad grundvattenyta 2021-12-13, Övre grundvattenmagasin.

Datum: 2022-04-29  
Skala (A4): 1:4 407



© Lantmäteriet, Geodatasamverkan

Figur 11. Interpolerad grundvattenyta, medelnivå, (plusnivå) i övre (ÖMAG. Planområdet (område med röd begränsningslinje), sandlagrets tolkade utbredning (område med blå begränsningslinje), våtmarksområde (område med ljusblå begränsningslinje), observationspunkter grundvatten och ytvatten (gröna och rosa cirklar).



#### 4.3.2.5 *Portryck*

Portrycket är i princip hydrostatiskt från en grundvattenyta strax under markytan. Där befintlig marknivå är lägre kan ett visst porövertryck råda i den övre lerprofilen. En mer detaljerad portrycksprofil för stabilitetsberäkningarna redovisas i Bilaga 4.

#### 4.3.2.6 *Grundvattenströmning*

Baserat på områdets topografi bedöms grundvattenströmningen regionalt i området ske horisontellt åt väst samt åt söder. Områdets geologi, även Linnarhultsmagasinet taget i beaktandet, stärker denna uppfattning. Mellan magasinerna sker också viss vertikal strömning i gradienternas riktning.

Utförda grundvattennivåmätningar visar att grundvattennivån i övre grundvattenmagasin följer topografin lokalt i området, och grundvattenströmning sker således från högre belägna områden till lägre belägna områden.

Grundvattentrycket och därmed också grundvattengradienten i mellanliggande grundvattenmagasin beror av nivån i Lärjeån, och är vid höga nivåer i ån riktad mot söder (från ån), och vid låga nivåer i ån riktad åt norr (mot ån), vid sidan om att det också finns en vertikalgradient. Det finns också en svag gradient åt väster.

I undre grundvattenmagasin finns en svag grundvattengradient åt sydväst, vilket överensstämmer med bedömningen av generell grundvattenströmning i området.

Vertikal tryckgradient är riktad från övre och från undre grundvattenmagasin till mellanliggande grundvattenmagasin där detta finns. Inte ens vid mycket höga nivåer i Lärjeån, maximalt uppmätt till cirka +0,8 m, kan grundvattentrycket i mellanmagasinet öka så mycket i förhållande till trycket i undre och övre magasinet att mellanmagasinet kan avge vatten vertikalt till de två. Där inget mellanliggande magasin finns varierar den vertikala tryckgradientens riktning beroende på grundvattenytans nivå i övre grundvattenmagasin, som i sin tur generellt följer topografin.

En konceptuell sammanfattande bild redovisas i kapitel 6.

#### 4.3.2.7 *Ändrade klimatförhållanden*

Området ligger nära Lärjeån och Göta älv och grundvattennivåer i området kan således förväntas påverkas av höga havsnivåer, både direkt och indirekt genom något ändrad styrning av flödet i Göta älv. Vid ett framtida högvattensscenario år 2100 för en återkomsttid på 100 år kan vatten stå upp till +2,79 "Norr om Marieholmsbron" enligt (TTÖP, 2020) från SBK. Höga vattennivåer i älven och i Lärjeån kan väntas bidra till högre grundvattennivåer i såväl övre, mellan som undre grundvattenmagasin samt till ökad risk för översvämning av delar av området.

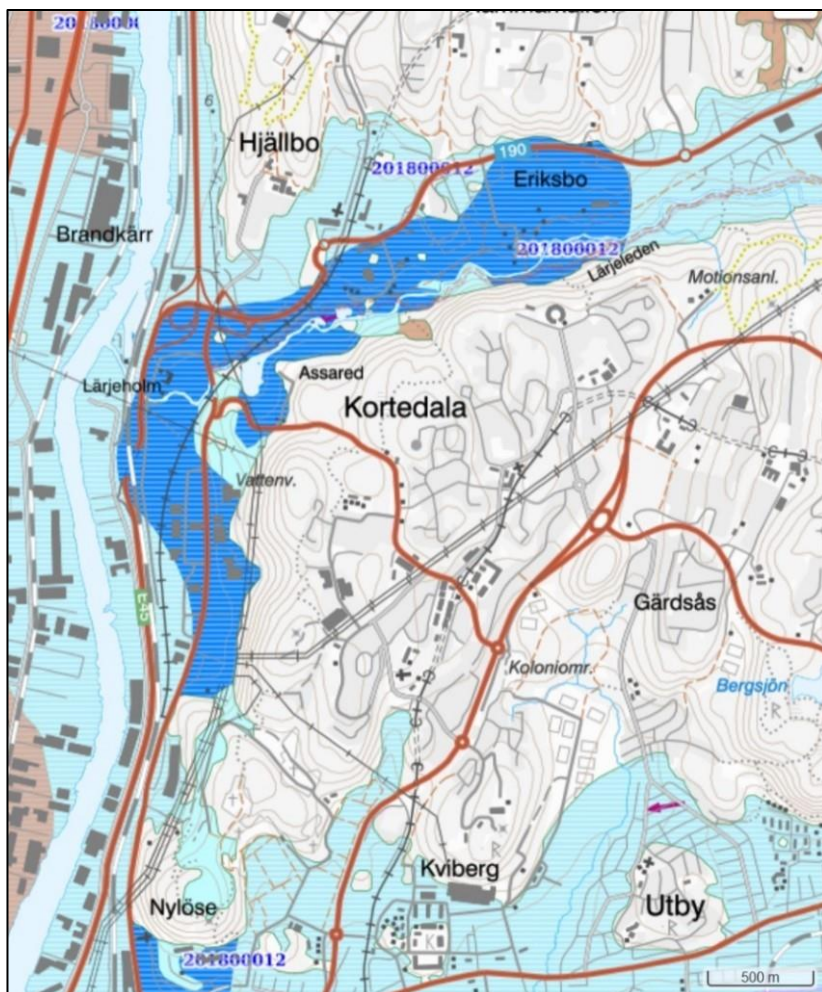
### 4.3.3 Linnarhultsmagasinet

I området finns ett grundvattenmagasin under lera vid namn Linnarhultsmagasinet. Det sträcker sig från Eriksbo till strax norr om Nylöse i Gamlestaden, se Figur 12.

Linnarhultsmagasinet är vattenförekomst enligt vattenförvaltningsförordningen och omfattas av miljökvalitetsnormer för vatten. Enligt VISS har magasinet god kemisk status<sup>3</sup>. Magasinet används inte som vattentäkt och saknar vattenskyddsområde med verksamhetsreglerande vattenföreskrifter. Kapaciteten är enligt SGU bedömd som mycket god eller har utmärkta uttagsmöjligheter. Magasinet begränsas troligen i sidorna av tätare jordar och överlagras inom planområdet av lera. Tillrinningen till magasinet sker troligen från bergshöjderna och randzonerna längs med Lärjeåns dalgång samt igenom överlagrande jord.

---

<sup>3</sup> <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA36723145>



Figur 12. Linnarhultsmagasinet (mörkblått) längs Lärjeåns dalgång (Kartmaterial från [www.sgu.se](http://www.sgu.se)).

#### 4.3.4 Brunnar från SGU:s brunnsarkiv

Brunnsdata från SGU visar inga jordbrunnar i uppställningsspårets närhet. De närbelägna energibrunnarna är alla borrade i berg. Då uppställningsspåret är beläget på lösa jordar med mycket stora djup anses analys av hydrauliska data från berg inte ge användbar information.

## 5 Geotekniska analyser och beräkningar

### 5.1 Stabilitet

Utförda stabilitetsanalyser redovisas i sin helhet i Bilaga 3. Anvisade lägen för skyddsytor är inarbetade i beräkningssektioner.

Stabiliteten är inte tillfredställande för spårvägen för befintliga förhållanden eller med anvisade skyddsytor inom planområdet längs med spåren, se Figur 13. För att stabiliteten ska bli tillfredsställande inom planområdet behövs förstärkningsåtgärd utföras.

Stabilitet för befintlig bebyggelse i öster är tillfredsställande med hänsyn till planerade skyddsytor som ska schaktas ner till nivån +0,85, se Bilaga 4 (sektion 6). Vid plangränsen i öster får då inte slänt utföras brantare än 1:2 mot skyddsytan.

Planerad järnvägsanläggning väster om skyddsytorna förutsätts grundförstärkas i tillräcklig omfattning enligt järnvägsplan för att uppfylla stabilitetskraven med hänsyn till nivåställning och belastningar.



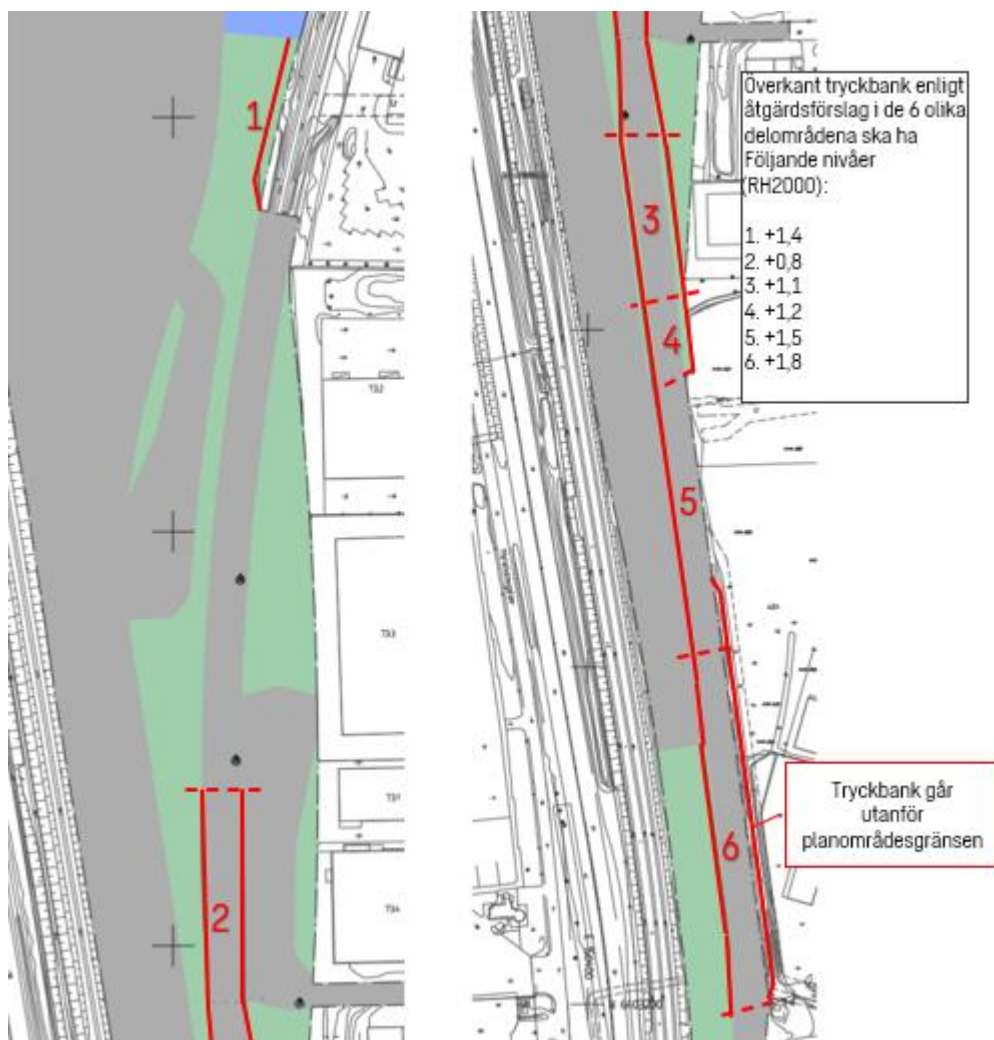
*Figur 13. Markerat område där stabiliteten inte är tillfredsställande inom planområdet. Stabiliteten är varken tillfredsställande för befintliga förhållanden eller med anvisade skyddsytor.*

### 5.1.1 Förslag på åtgärd

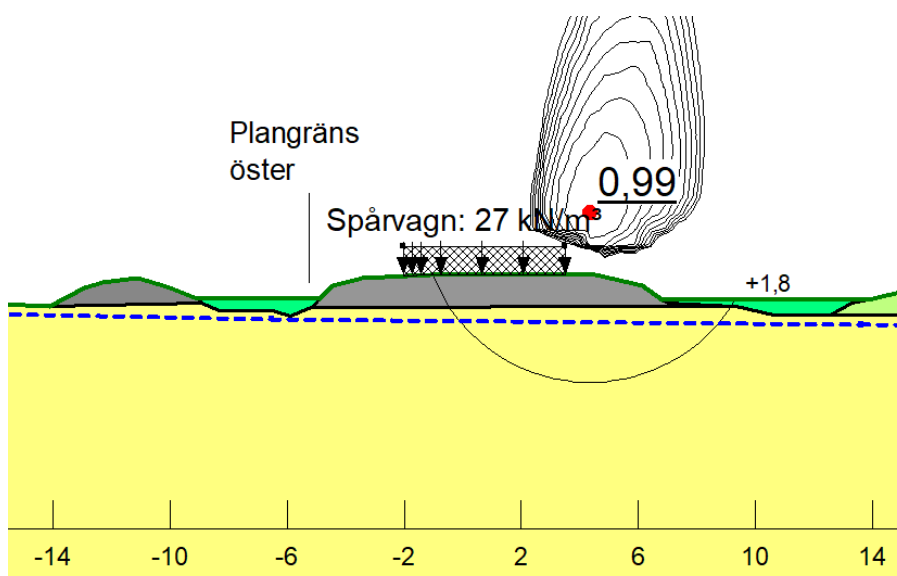
För att uppfylla tillfredsställande stabilitet för spårvägen kan en åtgärd med tryckbank utföras i anslutning till banken, cirka 2–3 meter bred. Tryckbanken innebär att befintligt dike fylls upp. Redovisad tryckbank innebär att anslutande skyddsytor lägst får utföras till nivån +0,85.

I Figur 14 redovisas tryckbankens utbredning från spårvägen i plan, dvs den yta som tryckbanken kommer ta i anspråk i anslutning till banken. Utifrån geotekniska och geometriska förutsättningarna har åtgärden delats in i delområden där överkant nivå för tryckbanken är samma inom varje delområde.

Längs en sträcka öster om befintlig spårväg kommer erforderlig tryckbank sträcka sig utanför planområdesgränsen, se Figur 14 och i Figur 15.



Figur 14. Tryckbankens utbredning längs spårvägen markerat med rött. Framtagna nivåer är de lägsta nivåerna tryckbanken får ha.



Figur 15. Sektion 9. Odränerad analys i partialkoefficientmetoden. Tryckbank närmast spår +1,8 både öster och väster om spårväg. Öster om spårväg behöver befintlig mark fyllas upp cirka 4 meter utanför planområdet.

För att säkerställa avvattning längs spårvägen med hänsyn till den åtgärd som presenteras med tryckbank kan tex makadamdiken tillsammans med en dräneringsledning anläggas under tryckbanken. Avvattningen behöver detaljstuderas vid framtida detaljprojektering.

Åtgärden innebär en lastökning på befintlig mark. Tryckbanken bedöms ge upphov till en lastökning på ungefär 10 kPa som mot djupet sprids med en lastspridning 2:1. Leran är svagt överkonsoliderad i övre lerprofilen och lastökningen från uppfyllanden bedöms rymmas inom denna överkonsolideringsgrad, det vill säga, åtgärdsförslaget bedöms inte generera några ytterligare sättningar.

En åtgärd som ligger utanför planområdet kan inte säkerställas med planbestämmelse och behöver därför vara utförd innan detaljplanen antas. Alternativt behöver gränsen för planområdet utökas för att även innefatta det område som behöver förstärkas.

För att erhålla tillfredsställande stabilitet med åtgärd som ska rymmas inom planområdet behöver spårvägsbanken förstärkas med KC-pelare eller lättfyllning alternativt med en komplex spontlösning inom planområdet. Dessa alternativa åtgärder är mer omfattande än en tryckbank och bedöms vara kostsamma. Därför rekommenderas i första hand att utreda möjligheten att utföra en tryckbank utanför nu föreslaget planområde.



## 6 Hydrogeologisk konceptuell modell och påverkan på grundvatten

### 6.1 Konceptuell modell

#### 6.1.1 Inledning

Här redovisas projektets uppfattning om de grundvattenförhållanden som är relevanta för projektet, visavi det som ska byggas.

#### 6.1.2 Modell

Marklagren i området utgörs i huvudsak av lera med stor mäktighet, som varierar mellan ungefär 10 och 50 m.

I norra delen av planområdet finns tre grundvattenmagasin, ett övre, ett mellanliggande och ett undre grundvattenmagasin medan det i södra delen av området endast finns ett övre och ett undre grundvattenmagasin. Detta sandlager finns dock inte i området för planerade skyddsytor.

Det övre grundvattenmagasinet finns i ytliga jordlager av omväxlande silt, lera, sand och gyttja. I söder vid den fd deponin förekommer även grus ytligt. Ett ytligt sandlager finns i nordväst. Magasinet underlagras av lera som begränsar den hydrauliska kontakten med underliggande magasin. Ytlig lera, ner till cirka 8–12 m djup, innehåller gyttja, sand, silt, skalrester och växtdelar. Ställvis klassas jordarten som lerig silt. Under 12 meters djup minskar inslagen av sand, gyttja och skalrester.

I anslutning till våtmarksområdet (SW2036) saknas lera och istället förekommer silt direkt över mellanliggande magasin (inbäddat sandlager). Detta sandlager finns i leran i norra delen av planområdet och utgör ett mellanliggande grundvattenmagasin. Det är något mäktigare i norr och sträcker sig cirka 600 meter från Lärjeån och söder ut. Det mellanliggande grundvattenmagasinet underlagras av lera av mer homogen karaktär. Även längre söderut finns undersökningar som visar på sandskikt, men att dessa hypotetiskt inte är sammanhängande med det stora sandlagret i norr.

På berg, under lera, finns ett undre grundvattenmagasin (Linnarhultmagasinet). Förekomsten av lera är betydelsefull för att avskärma Linnarhultmagasinet (undre magasinet) från såväl det mellanliggande sandlagret som från planerade anläggningar.

I det övre grundvattenmagasinet följer grundvattennivåerna topografin lokalt i området, och sker från högre belägna områden till lägre belägna områden. Grundvattenbildning sker i huvudsak via nederbörd över området.

Grundvattennivån i mellanliggande grundvattenmagasin varierar med vattennivån i Lärjeån. I anslutning till eller strax norr om Lärjeån förekommer områden där lera ej överlagras sandlagret. Geologin och nivåobservationer visar således på potentiell hydraulisk kontakt mellan Lärjeån och det inbäddade sandlagret. Omfattningen av faktiskt vattenutbyte är inte klarlagd.

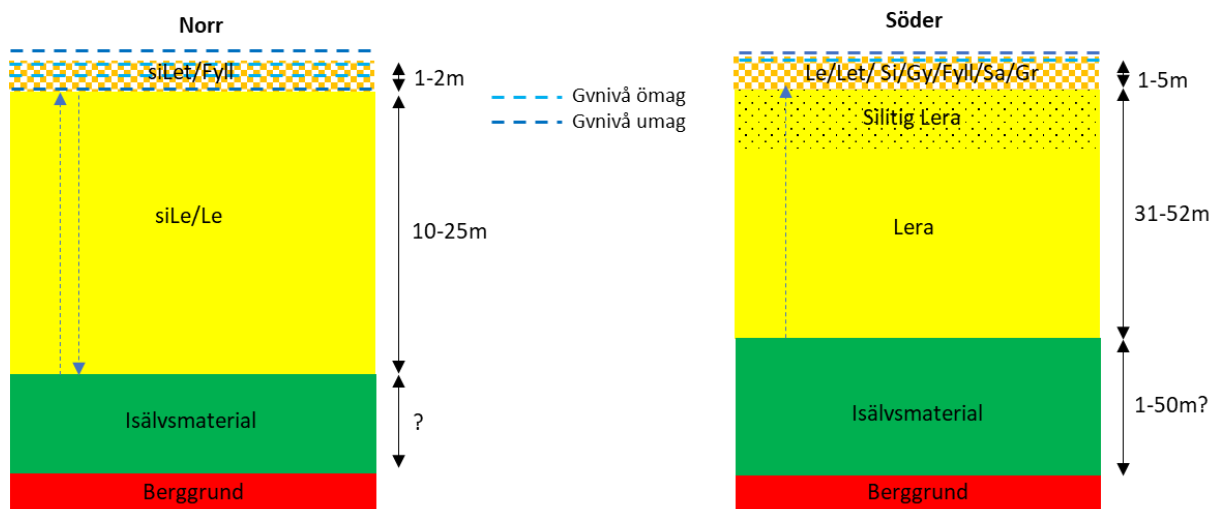
Grundvattenströmningen är vid kontakt riktad till eller från Lärjeån beroende på vattenståndet i ån i förhållande till rådande vattentryck i sandlagret. Grundvattenbildning till mellanliggande grundvattenmagasin sker sannolikt vid eller i närheten av Lärjeån samt i mindre utsträckning som läckage från övre och undre grundvattenmagasin.

Grundvattenströmningen i undre grundvattenmagasin sker åt sydväst. Nybildning till undre grundvattenmagasin sker sannolikt huvudsakligen i randzonen till uppstickande bergshöjder längs med Göta älvs och Lärjeåns dalgång, och utströmning under Göta älv.

I norra delen av planområdet där inbäddat sandlager förekommer är den vertikala tryckgradienten riktad från både övre och undre grundvattenmagasin till mellanliggande grundvattenmagasin.

Där mellanliggande sandlager ej finns, är trycknivån generellt högre i undre än i övre grundvattenmagasin, vilket innebär att den vertikala tryckgradienten är uppåtriktad från Linnarhultsmagasinet. Detta betyder att Linnarhultsmagasinet inte kan påverkas av grundvatten i överliggande grundvattenmagasin under sådana gradientförhållanden, eftersom Linnarhultsmagasinet avger grundvatten (relativt övertryck). Vid lokala topografiska höjder, där grundvattenytan i övre grundvattenmagasin ligger på en högre nivå, kan motsatt tryckförhållande gälla. Förutom att drivande tryckförhållanden måste råda mellan magasinen för att ge grundvattentransport, måste mellanliggande jord också vara genomsläpplig i betydande grad. Grundvattenströmningen mellan magasinen är dock mycket begränsad till följd av den täta leran. Artesiska trycknivåer i undre grundvattenmagasin förekommer.

En konceptuell modell av jordlagerföljd visas i Figur 16. Notera att denna bild exkluderar det mellanliggande sandlagret eftersom detta inte återfinns där skyddsytor planeras.



Figur 16. Principiell bild av jordlagerföljd och grundvattenförhållanden. Redovisade mäktigheter är ungefärliga. Blå streckad pil representerar tryckgradientens generella riktning som varierar över området, beroende på framför allt grundvattennivå i övre grundvattenmagasin. Streckade linjer representerar grundvattenstrycket i övre (ljusblå, ömag) och undre (mörkblå, umag) grundvattenmagasin.

## 6.2 Potentiella effekter på grundvattenförhållanden och bedömningar av konsekvenser

I byggskedet kan schakter ge upphov till temporär grundvattensänkning i övre grundvattenmagasin. Magasinets mäktighet är dock begränsat vilket innebär relativt små avsänkningar och under en begränsad tidsperiod.

Det planeras i dagsläget inga djupare schakt i området, som skulle kunna orsaka kontakt med undre grundvattenmagasin. Om grundläggning i form av tex pålning planeras ska beaktas att hydraulisk kontakt mellan övre och undre grundvattenmagasin bör undvikas. Detta på grund av att påverkan på trycknivå i undre grundvattenmagasin kan orsaka tryckförändringar med stor utbredning.

I delar av planområdet är trycket i undre grundvattenmagasin artesiskt (trycknivå över markytan), vilket innebär att punktering av det täta lerlagret skulle kunna orsaka ett läckage från undre grundvattenmagasin som således skulle innebära en trycksänkning i magasinet.

Påverkan på grundvattennivå i såväl övre som undre grundvattenmagasin innebär risk för sättningar.

Det undre grundvattenmagasinet, Linnarhultsmagasinet, är vattenförekomst enligt vattenförvaltningsförordningen och omfattas av miljökvalitetsnormer för vatten, vilket bör beaktas vid val av grundläggningsmetod. Skapas genom grundläggningen hydraulisk kontakt mellan övre och undre grundvattenmagasin innebär det också en potentiell spridningsväg för föroreningar, dvs risk för påverkan på grundvattenkvalitet i

undre grundvattenmagasin. Risken är dock låg med tanke på den företrädevis uppåtriktade gradienten så länge inte nivån i undre magasinet sänks av.

I permanentsskedet, vid anläggandet av skyddsytor bör beaktas de höga grundvattennivåerna i ytliga jordlager som innebär potentiellt inflöde av grundvatten till ytorna om dessa inte tätas ner till tät lera. Möjligheter till infiltration av vatten från skyddsytan begränsas såväl av höga naturliga grundvattennivåer som av tät underliggande lera. Det bör också beaktas att även om otät skyddsytta anläggs på en sådan nivå att det inte sker grundvattenavsänkning i förhållande till grundvattenytans medelnivå, kan medelnivån sänkas då nivåer över medelnivå riskerar dräneras bort.

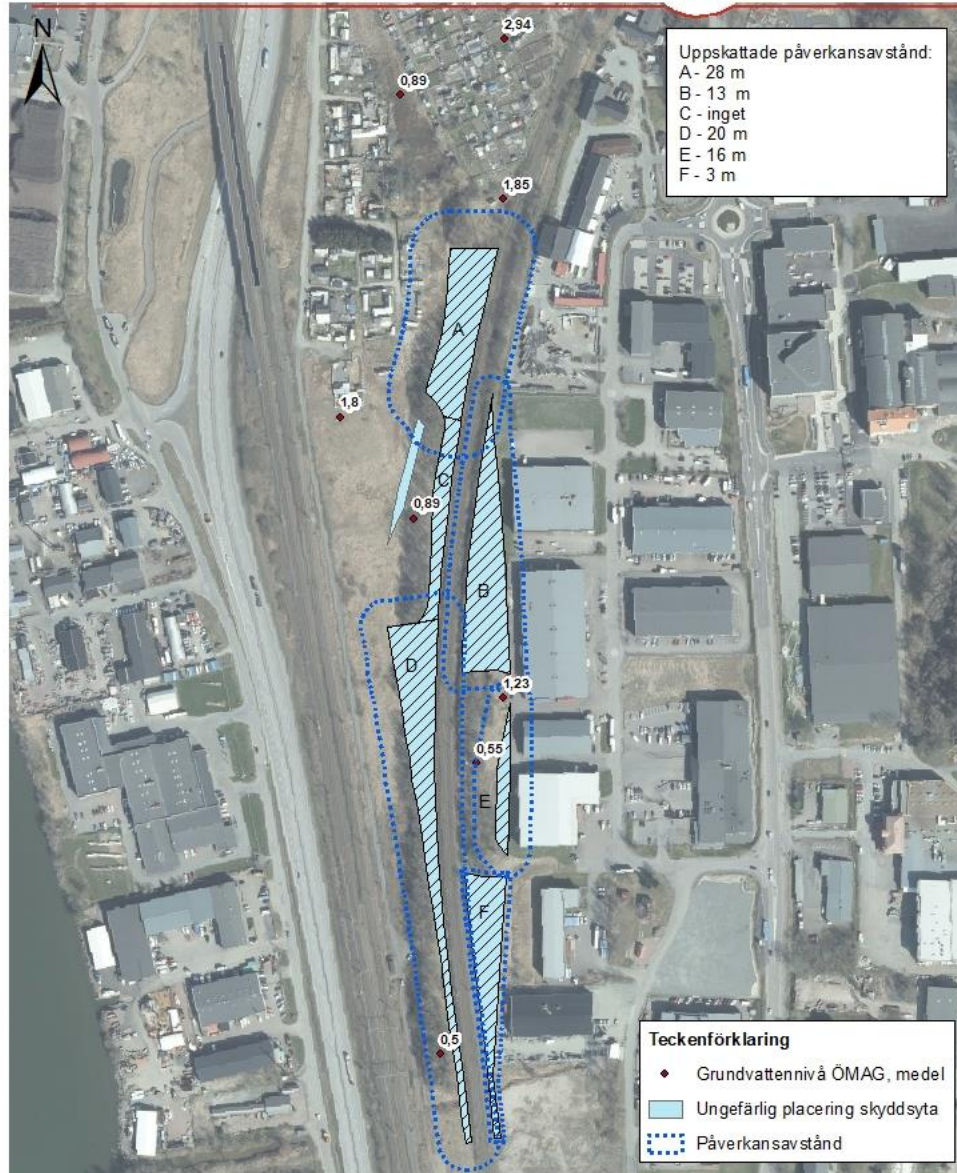
Då grundvattenytan i övre grundvattenmagasin i dagsläget ligger nära markytan kan anläggande av dränerande diken, ledningar eller konstruktioner väntas resultera i permanent avsänkta grundvattennivåer.

Uppskattade påverkansavstånd redovisas i Figur 17.

Uppskattade inflöden till skyddsytorna redovisas i Tabell 1.

*Tabell 1. Resultat, inflödesberäkningar Q per yta i liter per minut.*

<b>Yta</b>	<b>Geometri</b>	<b>Totalt inflöde l/min</b>
A	115x35 m	20
B	200x18 m	20
C	150x13 m	0
D	260x118 m	31
E	110x15 m	13
F	170x20 m	12
<b>Summa</b>		<b>96</b>



### LÄRJE UPPSTÄLLNINGSSPÅR

Skyddszytor på nivå +0,85, ungefärligt påverkansavstånd

Datum: 2022-06-14  
 Skala (A4): 1:3 757

0 0,04 0,08 0,12 0,16 0,2 km

© Lantmäteriet, Geodatassamverkan

Figur 17. Ungefärligt påverkansavstånd för planerade skyddszytor.

### 6.3 Vattenverksamhet och risk för skada

Bortledning av grundvatten eller utförande av en anläggning för detta innebär tillståndspliktig grundvattenverksamhet enligt MB 11 kap, §9. Enligt MB 11 kap, §12 gäller dock att tillståndsplikt inte gäller om det är uppenbart att skada på allmänna eller enskilda intressen inte kan ske.

Risk för påverkan på grundvattennivåer, samt risken för skada till följd av denna avgör således om tillstånd för vattenverksamhet krävs eller ej.

## 7 Slutsats och rekommendationer

Stabiliteten i anslutning till de nu aktuella utredningsområdena är inte tillfredställande för spårvägen för befintliga förhållanden. För att stabilitetskraven ska uppfyllas behöver förstärkningsåtgärder utföras. Rekommenderad förstärkningsåtgärd är tryckbank längs spårvägens båda sidor och lägsta nivå för skyddsytor +0,85 behöver säkerställas i planen.

På en delsträcka öster om planområdet (cirka 250 meter) kommer föreslagen tryckbank att behöva utföras utanför det nu aktuella planområdet. Eftersom tryckbanken inte kan säkerställas i planen behöver åtgärden vara utförd innan detaljplanen antas.

Skyddsytor och tryckbank får inte påverkas av erosion och behöver därför skyddas för att inte försämra stabilitetsförhållandena på sikt.

Grundvattennivåer i övre grundvattenmagasin kommer sannolikt att påverkas temporärt och/eller permanent till följd av planerad anläggning. Storlek och utbredning av påverkan på grundvattennivåer beror på hur anläggningen utformas.

Denna utredning visar att avsänkning av grundvattennivå kan uppkomma med skyddsytor som schaktas ned till nivå +0,85.

Befintliga byggnader öster om planområdet kan teoretiskt komma att påverkas om denna grundvattenavsänkning uppkommer. Grundläggningen av dessa är avgörande för påverkan. Utgörs grundkonstruktionen av träpålar som är i nivå med grundvattenytan, behöver åtgärd utföras så att inte en sänkning sker. En lösning är tex att konstruera skyddsytor i tätt material som förhindrar grundvatteninträngning. En sådan lösning måste dock bland annat kontrolleras för eventuell hydraulisk bottenuppträckning.

Utformning av skyddsytor bör dimensioneras med hänsyn till höga grundvattennivåer i övre grundvattenmagasin samt tät underliggande lera.

Vidare och mer detaljering utredning krävs för att säkerställa utbredning av påverkansområde och konsekvens av grundvattenavsänkning. Tex saknas data i södra delen och strax öster om spårvägen. Vidare bör tex eventuell dränering och diken i områden tas i beaktande. Om det framkommer att ingen påverkan uppkommer behövs ingen åtgärd.

Bortledning av grundvatten eller utförande av en anläggning för detta innebär grundvattenverksamhet. Enligt MB 11 kap, §12 är vattenverksamhet tillståndspliktigt om det inte är uppenbart att skada på allmänna eller enskilda intressen inte kan ske. Risk för påverkan på grundvattennivåer, samt risken för skada till följd av denna avgör således om tillstånd för vattenverksamhet krävs eller ej.

## 8 Referenser

TTÖP Tematisk tillägg översvämningsrisk, Göteborg stad SBK, Tillgänglig:  
<https://goteborg.se/wps/portal/start/byggande--lantmateri-och-planarbete/kommunens-planarbete/plan--och-byggprojekt?uri=gbglnk%3Aagbg.page.bb7386fd-1152-47cb-9da4-d06bd7780a77&projektid=BN0593%2F14>  
Hämtad: 2020-07-08

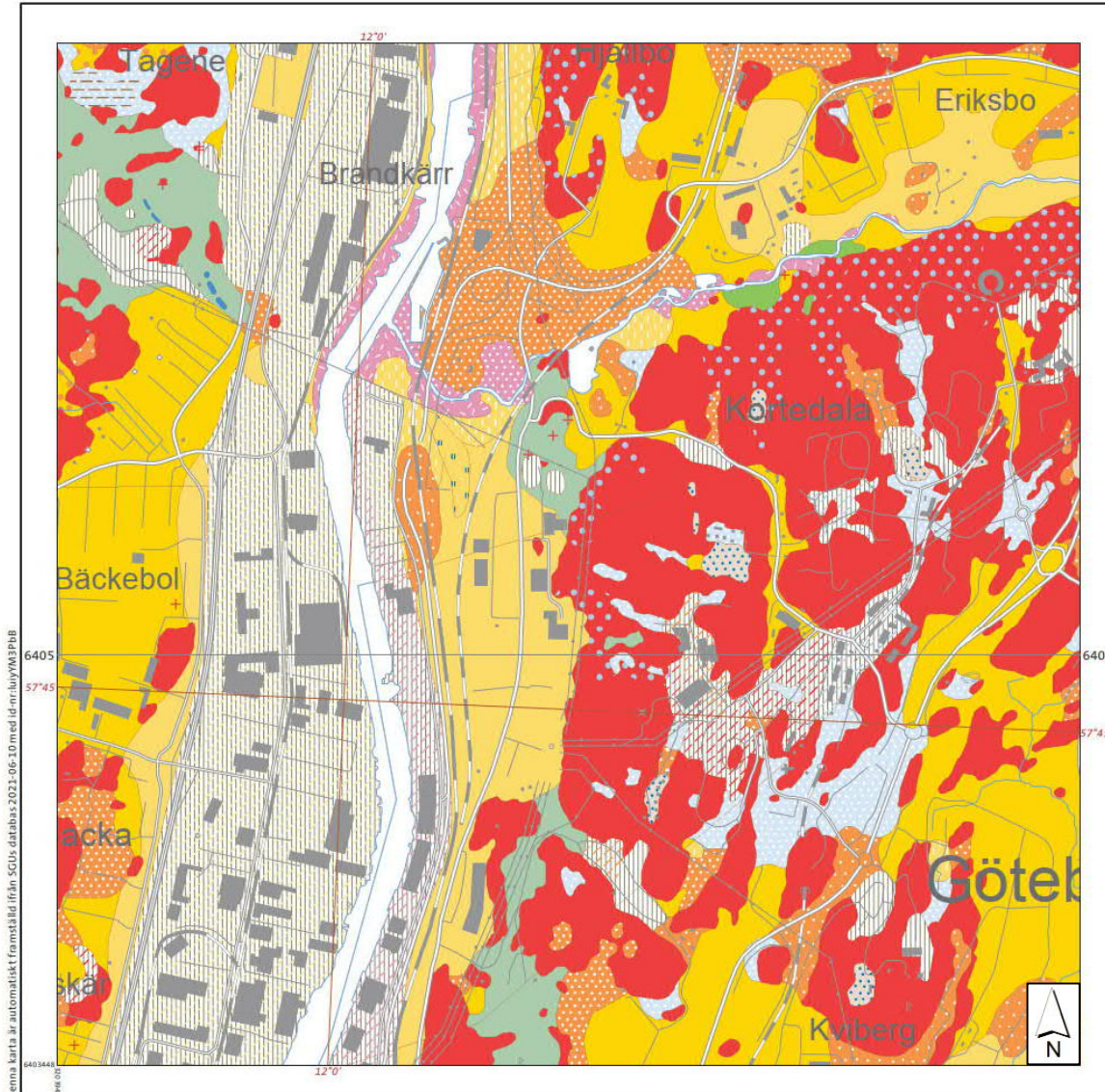


# Bilaga 1

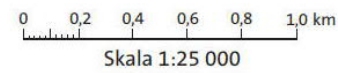
# 1 Översiktskartor

Följande översiktskartor redovisas i denna bilaga:

1. Kvartärgeologi (SGU)
2. Jorddjup (SGU)
3. Grundvattenmagasin (SGU)
4. Berggrund (SGU)



© Sveriges geologiska undersökning (SGU)  
 Huvudkontor:  
 Box 670  
 751 28 Uppsala  
 Tel: 018-17 90 00  
 E-post: kundservice@sgu.se  
 www.sgu.se



Topografiskt underlag: Ur GSD-Terrängkartan ©Lantmäteriet  
 Rutnät i svart anger koordinater i SWEREF 99 TM.  
 Gradnät i brunt anger latitud och longitud i referenssystemet SWEREF99.

**Jordartskarta**  
 1:25 000–1:100 000

SGU  
 Sveriges geologiska undersökning

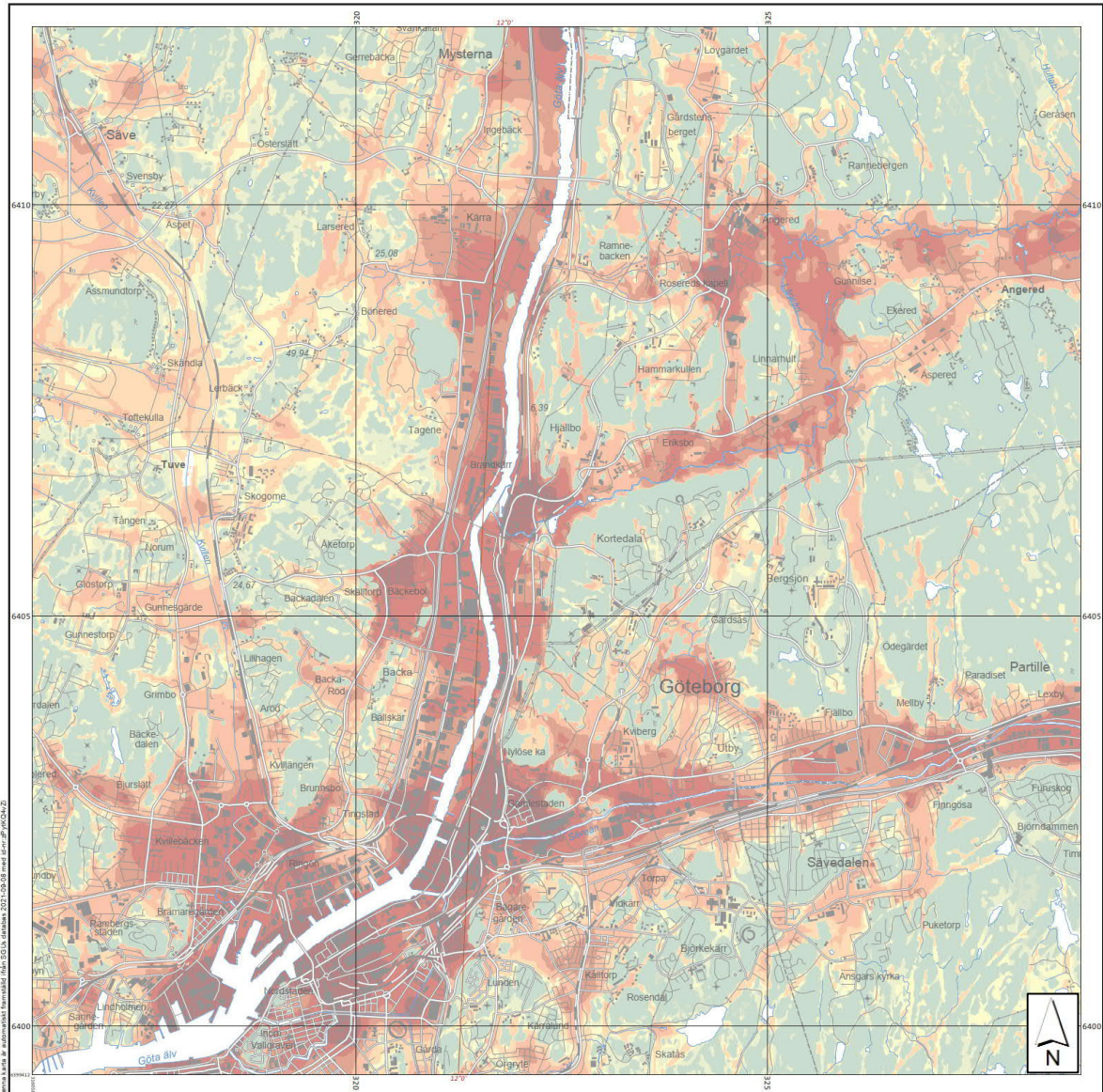
Jordartskarta 1:25 000–1:50 000 visar jordarternas utbredning i eller nära markytan samt förekomsten av block i markytan. Ytliga jordlager med en mäktighet som understiger en halv till en meter redovisas i vissa fall. Även underliggande jordlager, t.ex. isälvsediment under lera, redovisas i vissa fall, men någon systematisk kartläggning av dessa har inte gjorts. Även vissa landformer, såsom moränbacklandskap, moränryggar och flygsanddyner redovisas. Jordarterna indelas efter bildningsätt och kornstorlekssammansättning.

Jordartskarta 1:25 000–1:50 000 visar information ur det SGU anger som databasprodukten "Jordarter 1:25 000–1:100 000". I denna produkt ingår jordartskartor framställda med olika metoder och anpassade för olika presentationsskalor. Kortfattad information om karteringsmetod för det aktuella kartutsnittet och lämplig presentationsskala med hänsyn till kartans noggrannhet ges på sidan två av detta dokument. Observera att det som är lämplig skala kan avvika från det valda kartutsnittets skala.

För ytterligare information om jordarter, jordlagerföljder, jorddjup m.m. hänvisas till [www.sgu.se](http://www.sgu.se) eller SGUs kundtjänst.

- |  |   |
|--|---|
| Urberg   | Svåmsediment, ler-silt                  |
| Moränrygg, bredd <30 m                                       | Svåmsediment, sand                      |
| Moränrygg, bredd 30--125 m                                   | Gyttjeler (eller leryttja)              |
| Urberg   | Postglacial lera                        |
| Tunt eller osammanhängande ytlager av torv                   | Postglacial silt                        |
| Tunt eller osammanhängande ytlager av postglacial sand--grus | Postglacial finsand                     |
| Tunt eller osammanhängande ytlager av morän                  | Postglacial sand                        |
| Underliggande lager av torv                                  | Svålsediment, grus                      |
| Underliggande lager av svåmsediment                          | Glacial lera                            |
| Underliggande lager av lera-silt                             | Glacial silt                            |
| Underliggande lager av postglacial sand--grus                | Isälvsediment                           |
| Underliggande lager av morän                                 | Morän omväxlande med sorterade sediment |
| Underliggande lager av urberg                                | Sandig morän                            |
| Mossetorv  | Urberg                                  |
| Kärrtorv   | Fyllning                                |

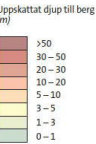




Jorddjupskarta

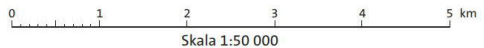


Kartans syfte är att ge en generell bild av jordtäckets mäktighet. Kartan grundas på analys av jorddjupsinformation från brunnborringar, undersökningsborringar, schakter och seismiska undersökningar. För att identifiera områden där jordtäckets tjlekhet är mycket tunn eller saknas helt har information om berg från SGUs jordartskartor använts. Jorddjupet har beräknats genom att interpolera kända jorddjupsdata. Eftersom vissa jordarter uppvisar betydligt större jorddjup än andra har jordartskartan använts som stöd vid denna interpolering. Information om sprickzoner i berggrunden har använts för att ta fram områden med speciellt stora jorddjup. Osäkerheten i beräkningarna ökar med avståndet till punkter med uppmätta jorddjup. Om avståndet exempelvis är flera hundra meter till närmaste observation är osäkerheten i det beräknade jorddjupet betydande. Ny information om jorddjup tillkommer hela tiden vilket gör att kartan successivt kan förbättras. Kartan kommer därför att uppdateras ungefär en gång per år.



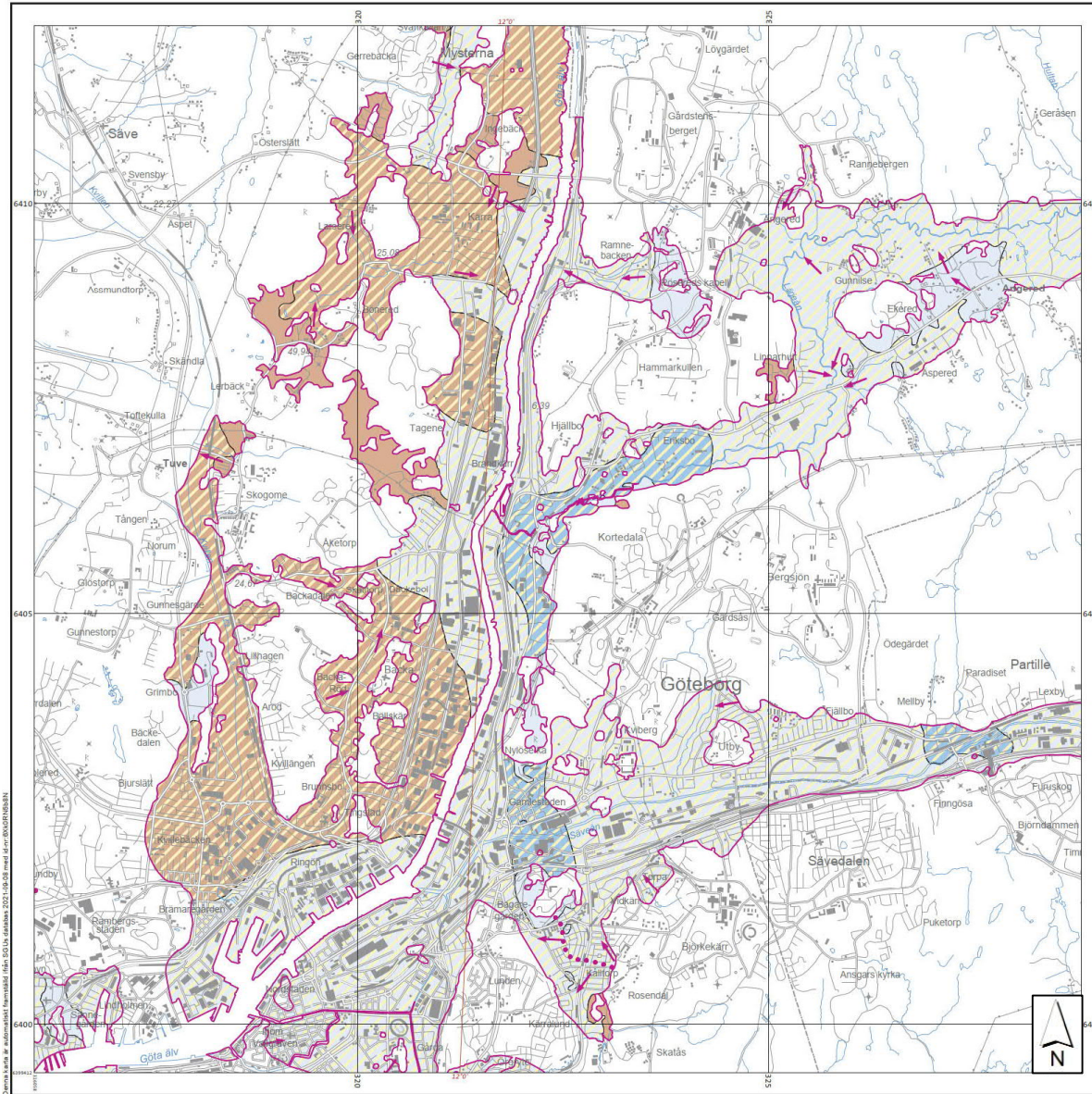
• Uppmätt djup

© Sveriges geologiska undersökning (SGU)  
 Huvudkontor:  
 Box 670  
 751 28 Uppsala  
 Tel: 018-17 90 00  
 E-post: kundservice@sgu.se  
 www.sgu.se



Topografiskt underlag: Ur CSD-Terrängkartan  
 ©Lantmäteriet  
 Rutnät i svart anger koordinater i SWEREF 99 TM.  
 Gradnät i brunt anger latitud och longitud i referenssystemet SWEREF99.





### Grundvattenmagasin i jordlager

J1: Grundvattenmagasin i jordlager

SGU  
Sveriges geologiska undersökning

Det kan finnas flera grundvattenmagasin i olika nivåer från markytan sett. Den översta nivån benämns J1 eller S1 och den eller de underliggande benämns J2, J3, respektive S2, S3. J står för magasin i jordlager och S står för magasin i sedimentär berggrund.

SGUs data innehåller framför allt information om grundvatten i större magasin längs grusåsar och i sedimentär berggrund. Vid kartläggningen bestäms bl.a. riktningar för grundvattenströmmar, grundvattendelarens lägen och grundvattenmagasinet storlek och uttagsmöjligheter.

Vid kartering i detaljerad skala bestäms även tillrinningsområden till magasinet, ytvattenkontakter m.m. Databasen innehåller både översiktlig, regional information (skala 1:250 000) och mer detaljerad, lokal information (skala 1:50 000). Där detaljerad information finns framtagen har den översiktliga informationen ersatts av den detaljerade informationen. Vilka objekt som tillhör vilken karteringstyp syns på sidan "Karteringsmetoder". Den regionala informationen har sitt ursprung i SGUs länkartor som finns publicerade i SGUs serie Ah.

- ↑ Grundvattens strömningsriktning
  - Fast vattendelare
  - Spec. vattendelare
  - |••• Rörlig vattendelare
  - - - Tillrinningsområde per grundvattenmagasin J1
  - Grundvattenmagasinet avgränsning J1
  - Tätande lager ovanpå magasin J1
- Magasindelområden, uttagsmöjligheter
- <1 l/s
  - 1–5 l/s
  - 5–25 l/s
  - 25–125 l/s
  - >125 l/s
  - Okända uttagsmöjligheter

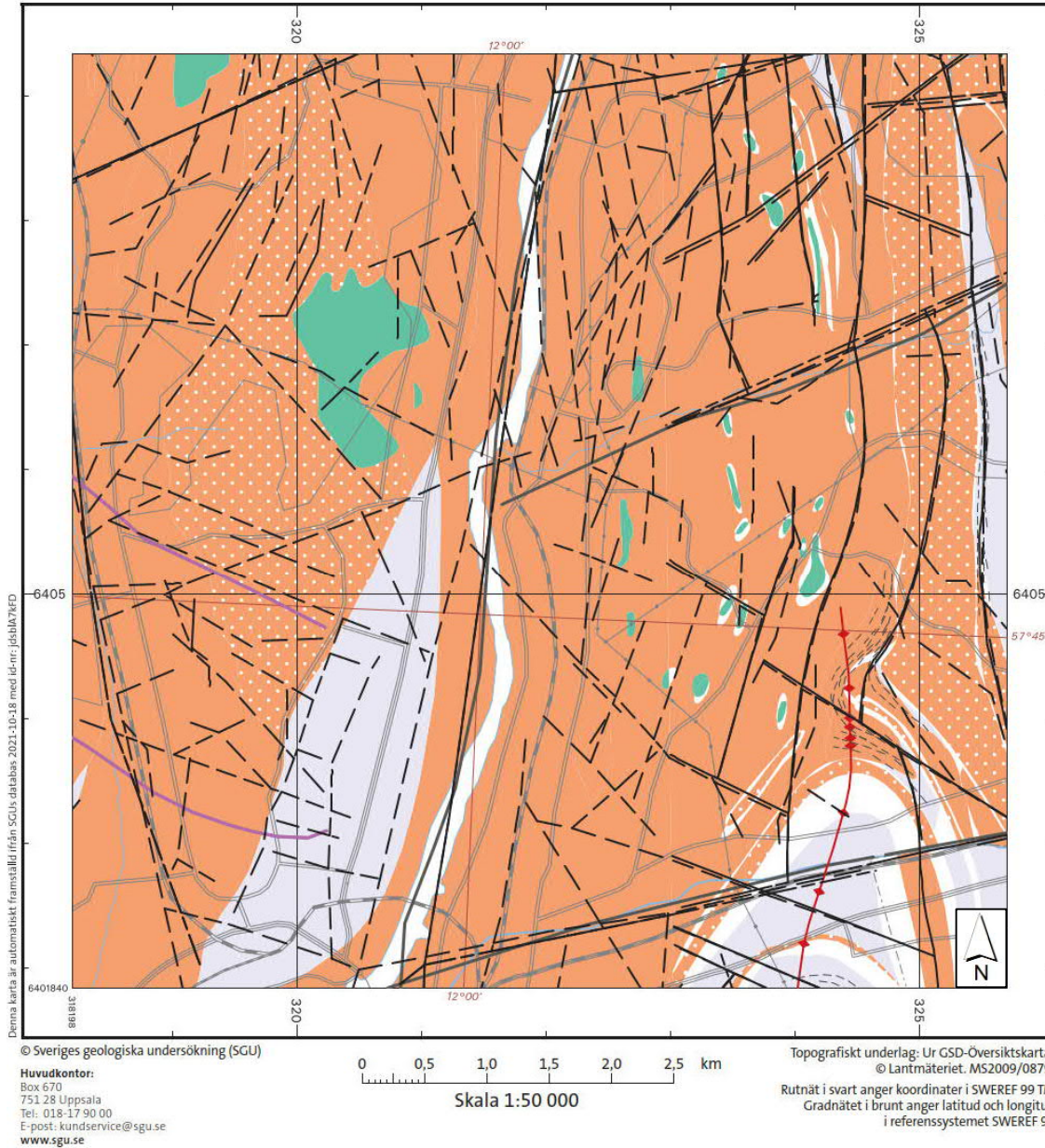
© Sveriges geologiska undersökning (SGU)

Huvudkontor:  
Box 670  
751 23 Uppsala  
Tel: 018-17 90 00  
E-post: kundservice@sgu.se  
www.sgu.se

0 1 2 3 4 5 km  
Skala 1:50 000

Topografiskt underlag: Ur GSD-Terrängkartan  
©Lantmäteriet  
Rutnät i svart anger koordinater i SWEREF 99 TM.  
Gradnät i brunt anger latitud och longitud  
i referenssystemet SWEREF99.





**Berggrundskarta**  
 1:50 000

**SGU**  
 Sveriges geologiska undersökning  
 Geological Survey of Sweden

Kartan ger en generaliserad bild av berggrundens utbredning. Observationer av bergarter och inbördes ålder har gjorts på hällar. Sammansättningen av den berggrund som är täckt av lösa jordarter har tolkats från observationer på närliggande hällar, geofysiska mätningar och, där sådana finns, från borrhörsanalyser eller grävningar.

Ytor som är för små för att visa på kartan representeras som linjer. Lägesnoggrannheten är normalt bättre än 50 m för observationer. För tolkningar, exempelvis vissa bergartsgränser, kan noggrannheten vara mycket lägre.

Ytterligare information finns lagrad i SGUs databas, exempelvis detaljerad information om mineraliseringar eller berggrundens mineralsammansättning, kemiska sammansättning, petrofysiska egenskaper eller naturligt förekommande radioaktiv strålning, och kan beställas från SGU. I de få fall ospecificerade ytor förekommer så hänvisar vi till våra tryckta kartor för mer information.

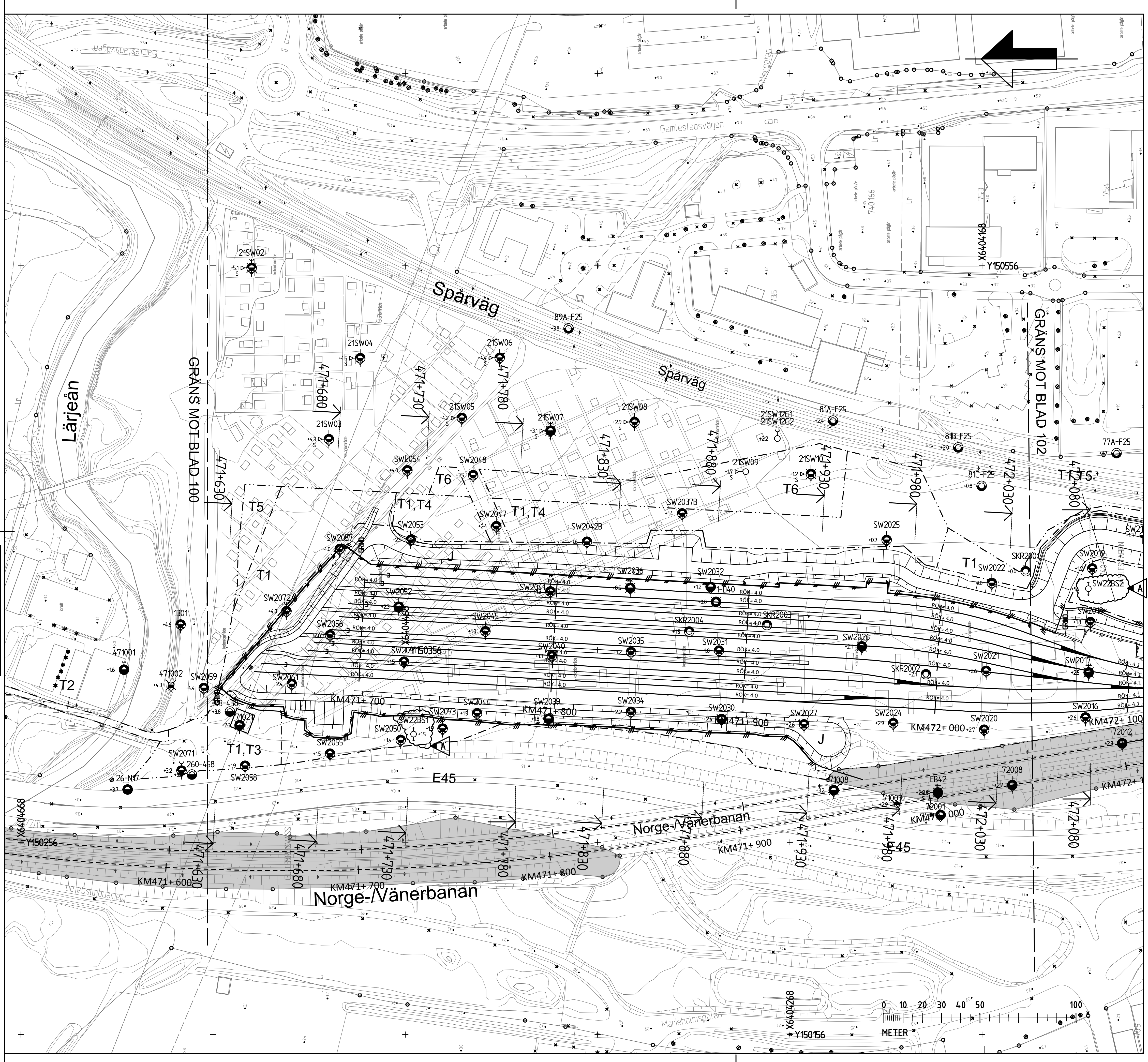
- Strukturell formlinje, plastisk deformation
- Spröd till plastisk deformationszon
- Spröd deformationszon (förkastning, spricka, sprickzon)
- Deformationszon, ospecificerad
- Antiform
- Ultrabasisk, basisk och intermediär intrusivbergart (gabbro, diorit, diabas m.m.)
- Ospecificerad bergart

Gnejsiga och ställvis skiffriiga bergarter i svekonorvegiska orogena (1660-1000 miljoner år)

- Sur intrusivbergart (granit, granodiorit, monzonit m.m.)
- Sur intrusivbergart (granit, granodiorit, monzonit m.m.), Porfyrisk eller ögonförande
- Ultrabasisk, basisk och intermediär intrusivbergart (gabbro, diorit, diabas m.m.)
- Kvarts-fältspatrik sedimentär bergart (sandsten, gråvacka m.m.)

# Bilaga 2





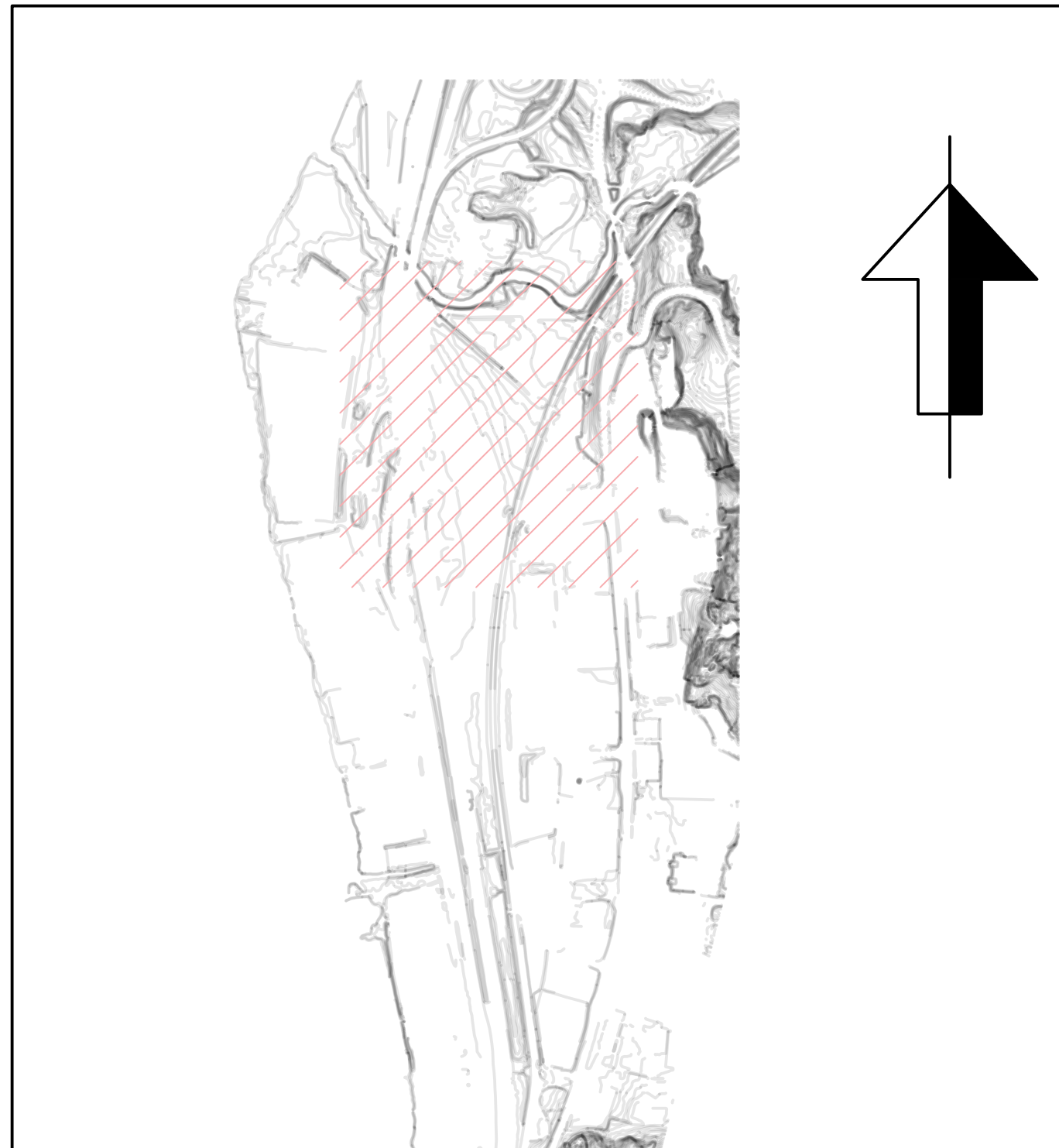
**TECKENFÖRKLARING**  
**KOORDINATSYSTEM**  
 SYSTEM I PLAN: SWEREF 99 12 00  
 SYSTEM I HÖJD: RH 2000

**BETECKNINGAR**  
 GEOTEKNISK REDOVISNING ENLIGT SGF BETECKNINGSSYSTEM,  
 VERSION 2001:2  
 (FÖR DETALJERAD BESKRIVNING HÄNVISAS TILL WWW.SGF.NET)

**TIDIGARE UTFÖRDA GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR**  
 SE MUR 16606-12-25-003

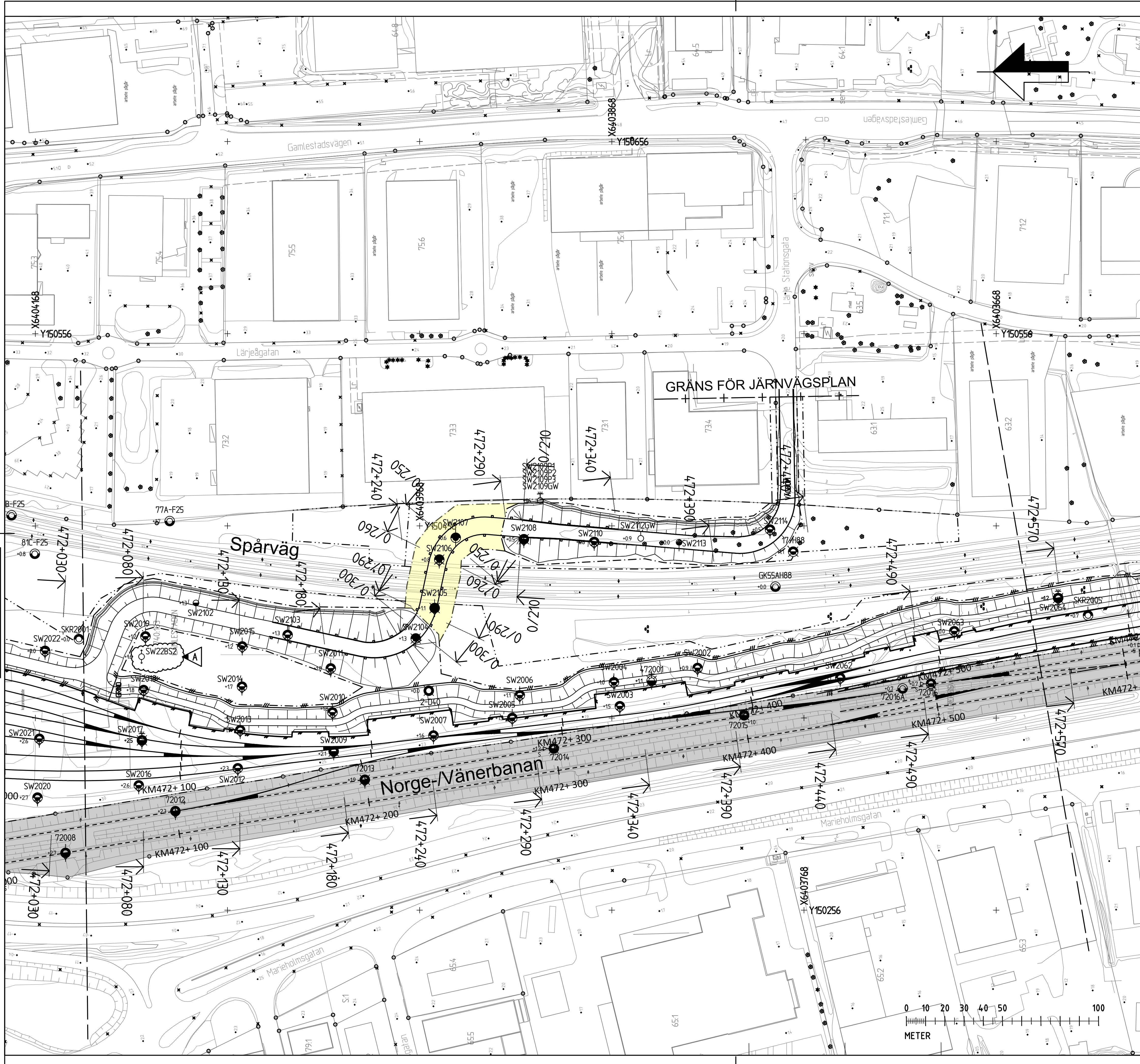
**NU UTFÖRDA GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR**  
 UNDERSÖKNINGAR BETECKNADE SW20XX OCH SW21XX ÄR UTFÖRDA  
 AV SWECO UNDER ÅR 2020 SAMT 2021

Dessa ritningar är Trafikverkets egendom. Allt innehåll  
 åsidoskrivet är rättighetsbehållare enligt lag.  
 TRAFIKVERKET



A ENLIGT SYSTEMHANDLING REV-PM 001		SWECO/SEMOCCL 2022-06-10	
ANVÄNARE INVESTERINGEN AVSÄR	LEVERANS/ÄNDRINGS-PM	TEKNIKGRUPP GEOTEKNIK	ANVÄNARE DATUM
LEVERANTÖR <b>SWECO</b>	ANVÄNDNING JÄRNVÄG	KONSTRUKTIONSGRUPP	GRANSKINGSSTATUS / SYFTE GÖDKÄND
GRANSKAD AV SWECO/SEVERO, SECHAG	UPPDRAGSGRUPP 30012095-040	PROJEKT LÄRJE	SYSTEMHANDLING
GRANSKAD AV SWECO/SEPOJA	DATUM 2022-01-21	PROJEKT LÄRJE	ANVÄNDNING GEOTEKNIK
GRANSKAD AV SWECO/SEPROD	SKALA 1:1000	PROJEKT LÄRJE	PROJEKT 166006-12-10-101
	PLÅN PLAN	PROJEKT LÄRJE	PROJEKT 166006-12-10-101
	PLÅN BLAD 101	PROJEKT LÄRJE	PROJEKT 166006-12-10-101
	PLÅN BLAD 102	PROJEKT LÄRJE	PROJEKT 166006-12-10-101





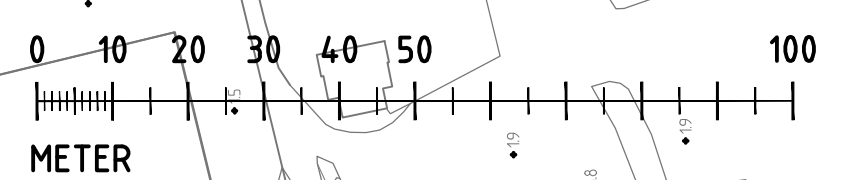
**TECKENFÖRKLARING**  
**KOORDINATSYSTEM**  
 SYSTEM I PLAN: SWEREF 99 12 00  
 SYSTEM I HÖJD: RH 2000

**BETECKNINGAR**  
 GEOTEKNISK REDOVISNING ENLIGT SGF BETECKNINGSSYSTEM, VERSION 2001:2  
 (FÖR DETALJERAD BESKRIVNING HÄNVISAS TILL WWW.SGF.NET)

**TIDIGARE UTFÖRDA GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR**  
 SE MUR 16606-12-25-003

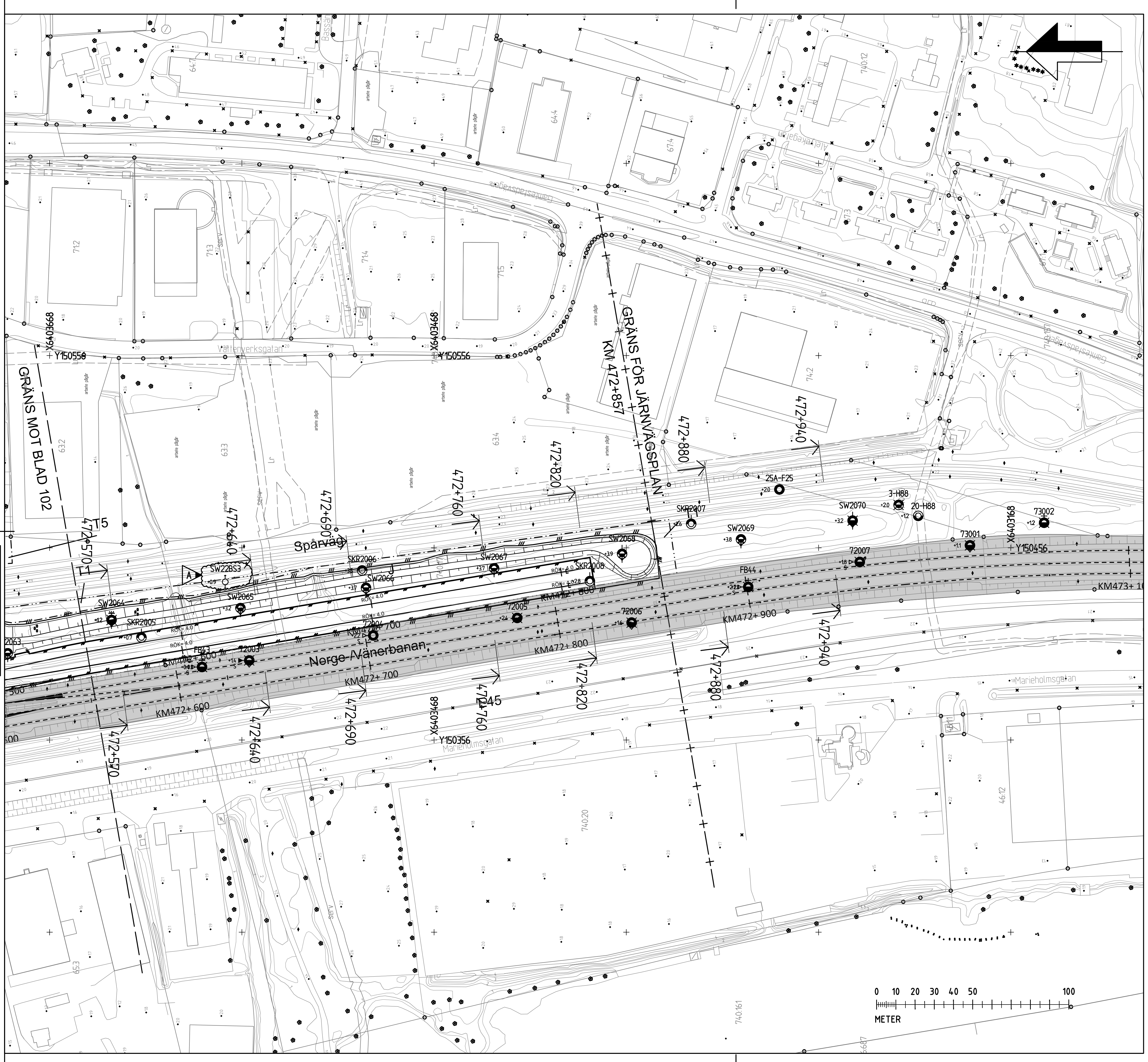
**NU UTFÖRDA GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR**  
 UNDERSÖKNINGAR BETECKNADE SW20XX OCH SW21XX ÄR UTFÖRDA AV SWECO UNDER ÅR 2020 SAMT 2021

Detta ritning är Trafikverkets egendom. Allt obehörigt  
 besvär ska riktas till Trafikverket.  
 Trafikverket



A ENLIGT SYSTEMHANDLING REV-PM 001		SWECO/SEMOC/2022-06-10	
ÄREN: ANDERSSON AVEN		SÖKORD AV: ANDERSSON AVEN	
LEVERANTÖR: SWECO		TERMINER: GEOTEKNIK	
AVDELNING: JÄRNVÄG		INSTRUKTIONSGRUPP: GEOTEKNIK	
UPPDRAGSGRUPP: 30012095-040		GRANSNINGSTATUS / SYFTE: GÖDKÄND	
TRAFIKVERKET		SYSTEMHANDLING	
SKOPAD AV: SWECO/SERVO, SED-MAG		ANLÄGGNINGSTYP: GEOTEKNIK	
GRANSKAD AV: SWECO/SEPOLJA		FÖLJERITERMETER: 472+050 -472+550/634	
UTGÅVA: 2022-01-21		RITNINGSGRUPP PROJEKT: 166006-12-110-102	
SKALA: 1:1000		RITNINGSGRUPP FÖRVALTNING: 102	
FÖRHÅLL: A1		RITNINGSGRUPP: 103	
MÅTTAVEL: A		MÅTTAVEL: A	





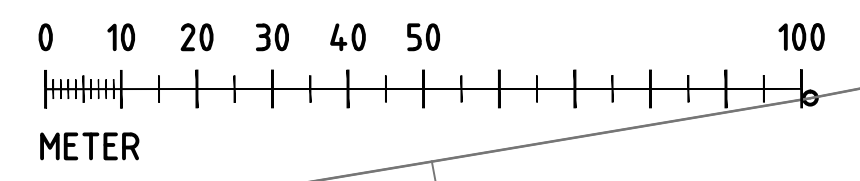
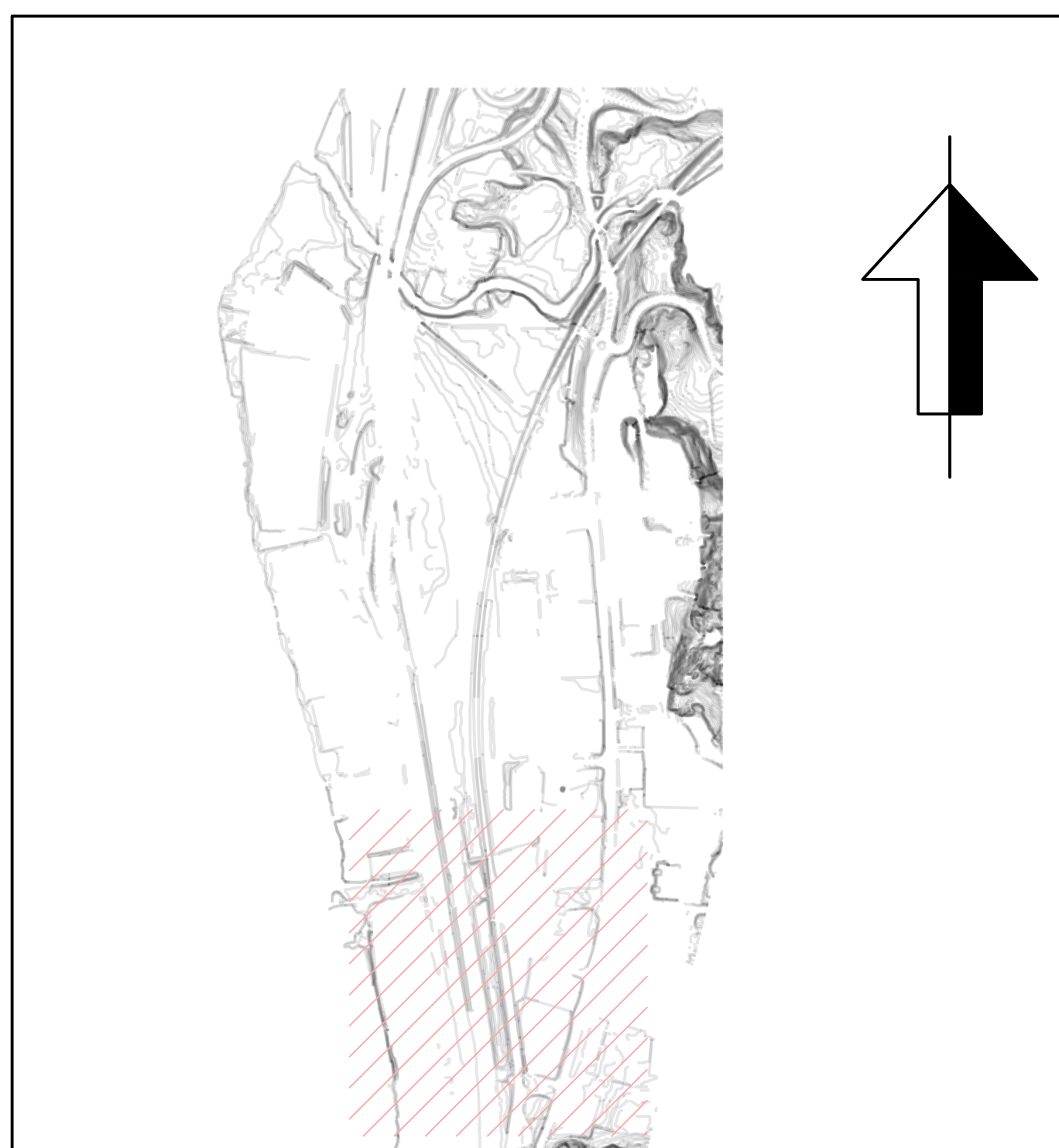
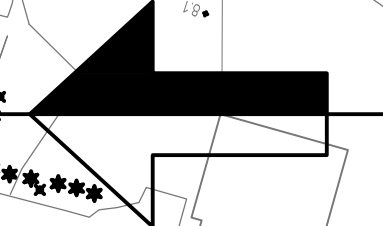
Detta ritning är Trafikverkets egendom. Allt obehörigt  
 besöksadresser av riktningen beivras enligt lag.  
 TRAFIKVERKET

**TECKENFÖRKLARING**  
**KOORDINATSYSTEM**  
 SYSTEM I PLAN: SWEREF 99 12 00  
 SYSTEM I HÖJD: RH 2000

**BETECKNINGAR**  
 GEOTEKNISK REDOVISNING ENLIGT SGF BETECKNINGSSYSTEM,  
 VERSION 2001:2  
 (FÖR DETALJERAD BESKRIVNING HÄNVISAS TILL WWW.SGF.NET)

**TIDIGARE UTFÖRDA GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR**  
 SE MUR 16606-12-25-003

**NU UTFÖRDA GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR**  
 UNDERSÖKNINGAR BETECKNADE SW20XX OCH SW21XX ÄR UTFÖRDA  
 AV SWECO UNDER ÅR 2020 SAMT 2021



A ENLIGT SYSTEMHANDLING REV-PM 001		SWECO/SEMOCU 2022-06-10	
ANFÖR: ANDESSON AVSÄR	LEVERANS/ANFÖR-PM	TECKENFÖRKLARING	ANFÖR DATUM
<b>SWECO</b>	JÄRNVÄG UPPSTÄLLNINGSPÅR 30012095-040	KONSTRUKTIONSGUPPER	GRANSKINGSSTATUS / SYFTE GÖDKÄND
<b>TRAFIKVERKET</b>	LÄRJE UPPSTÄLLNINGSPÅR GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR	ANFÖR	SYSTEMHANDLING ANFÖRNINGSPÅR GEOTEKNIK FLÖKTERMETER 472+550 -473+025/634
SKAPAD AV SWECO/SEREVO, SECHAG	PLAN	UTRÄSKNING	ANFÖRNINGSPÅR 166006-12-110-103
REDAKERAD AV SWECO/SEMPROD	DATUM 2022-01-21	SKALA 1:1000	BLAD 103
	FÖRHÅLL A1	UTRÄSKNINGSPÅR FÖRVALTNING	NÄSTA BLAD A
			ANFÖRNINGSPÅR

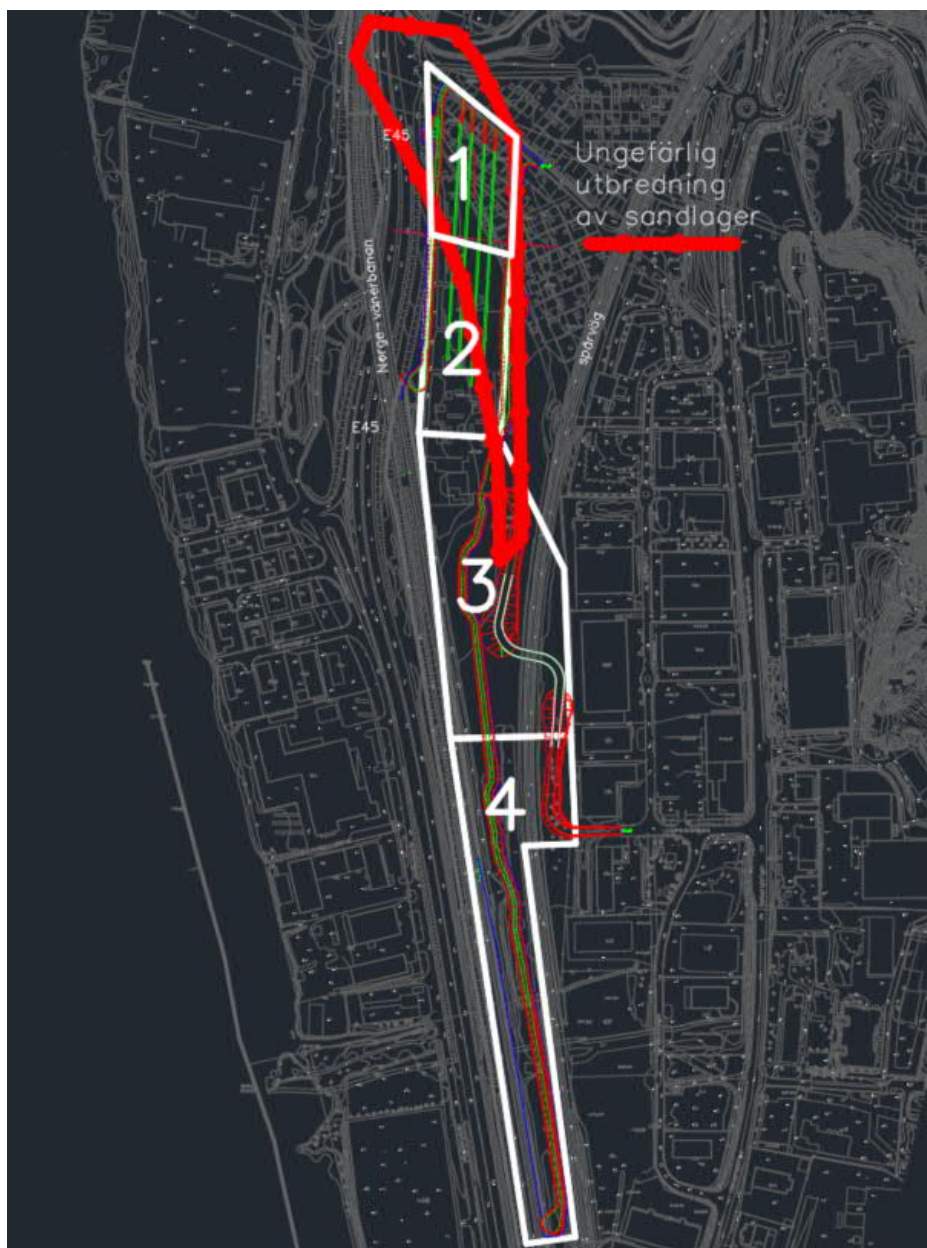


# Bilaga 3

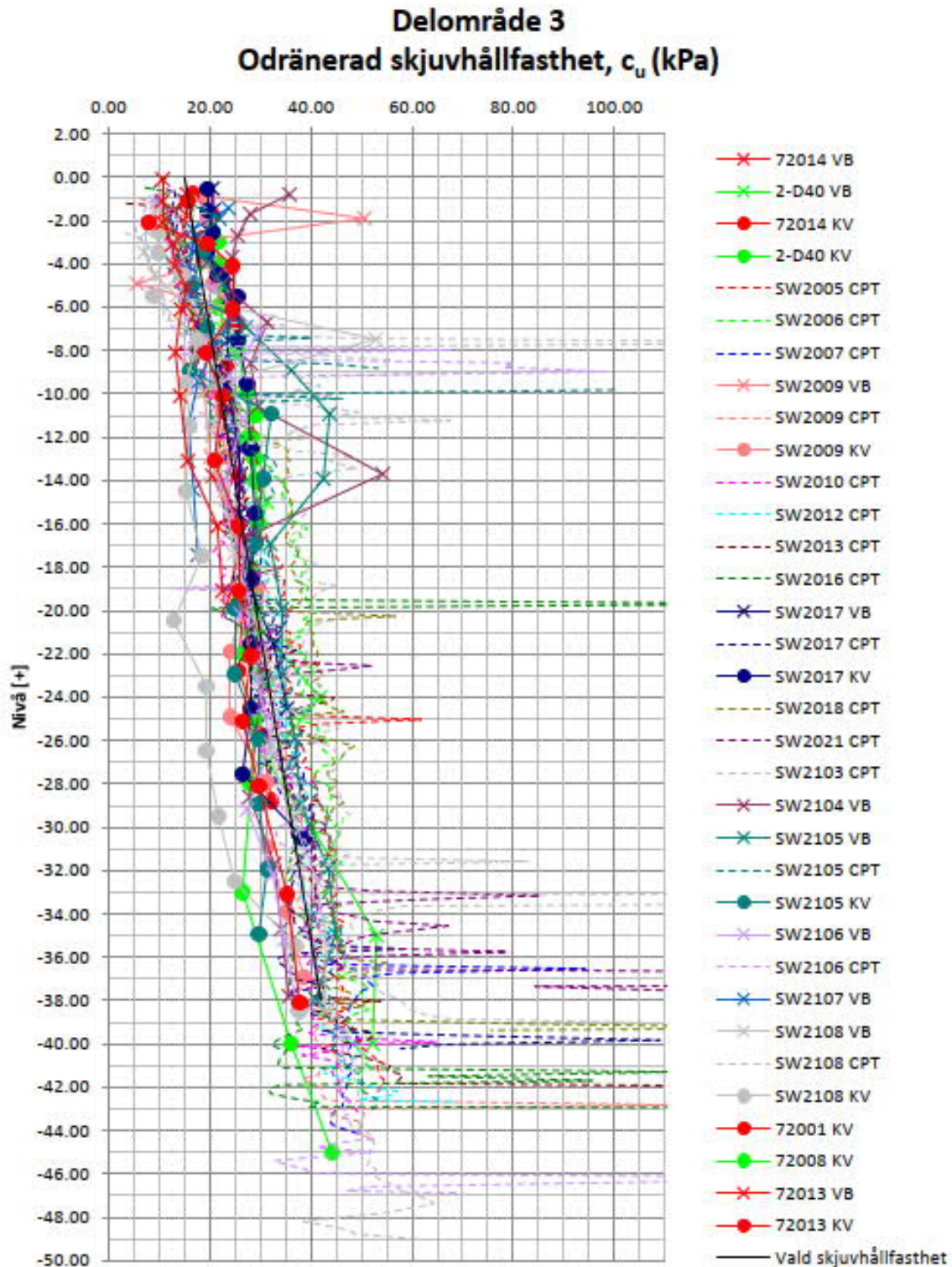
PM Geoteknik och hydrogeologi - Lärje: UR61 Utredningar för KoV detaljplan, Sweco daterat 2022-02-18, handlingsnummer 166006-12-025-501. [1]

Tekniskt PM, Bandel 634, Lärje uppställningsspår, Sweco daterat 2022-01-21 (reviderat 2022-06-10), handlingsnummer 166006-12-025-005. [2]

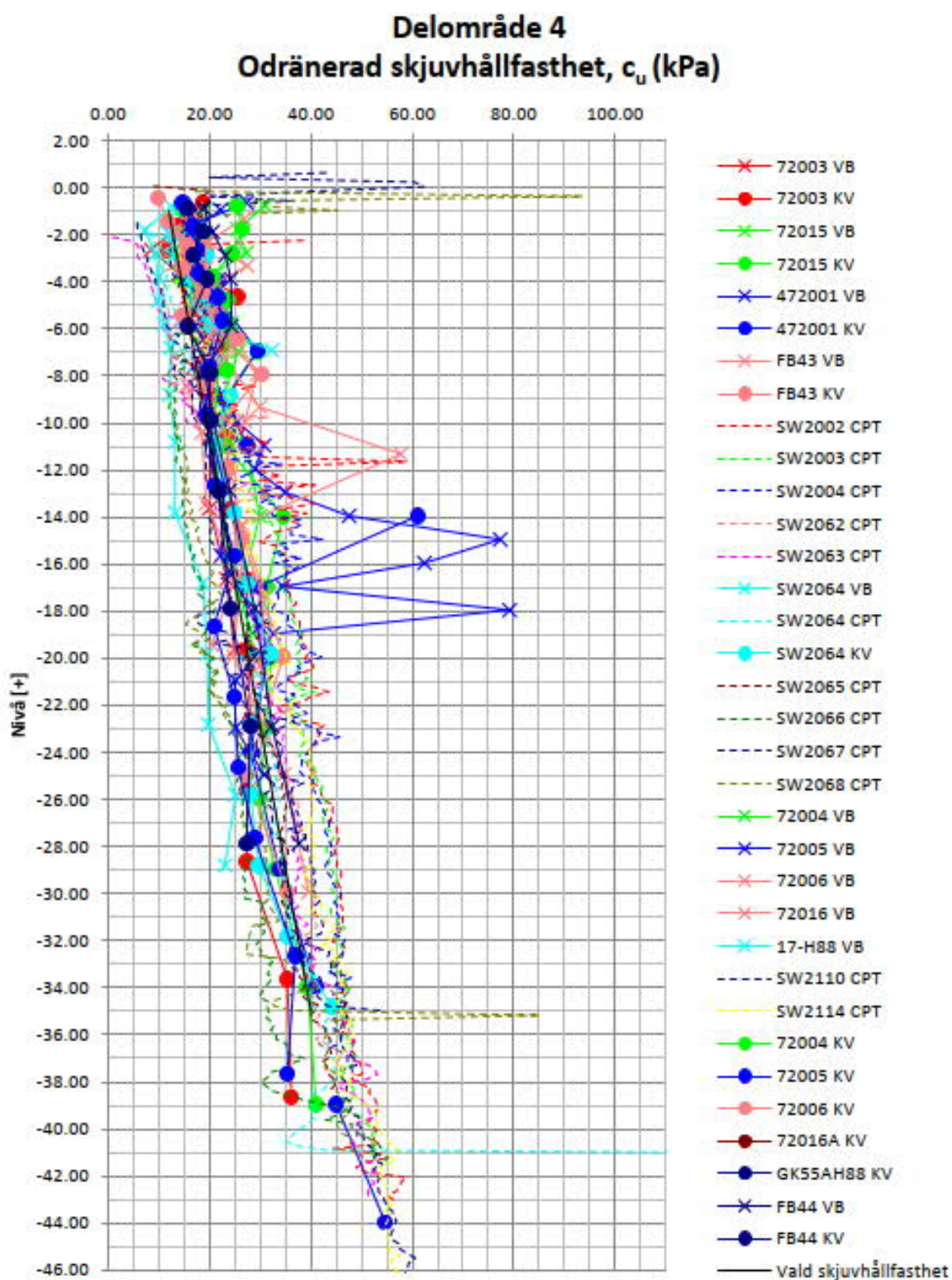
Områdesindelning markerat med vita linjer i utredning [2].



Vald odränerad skjuvhållfasthet för delområde 3 hämtat från [2].

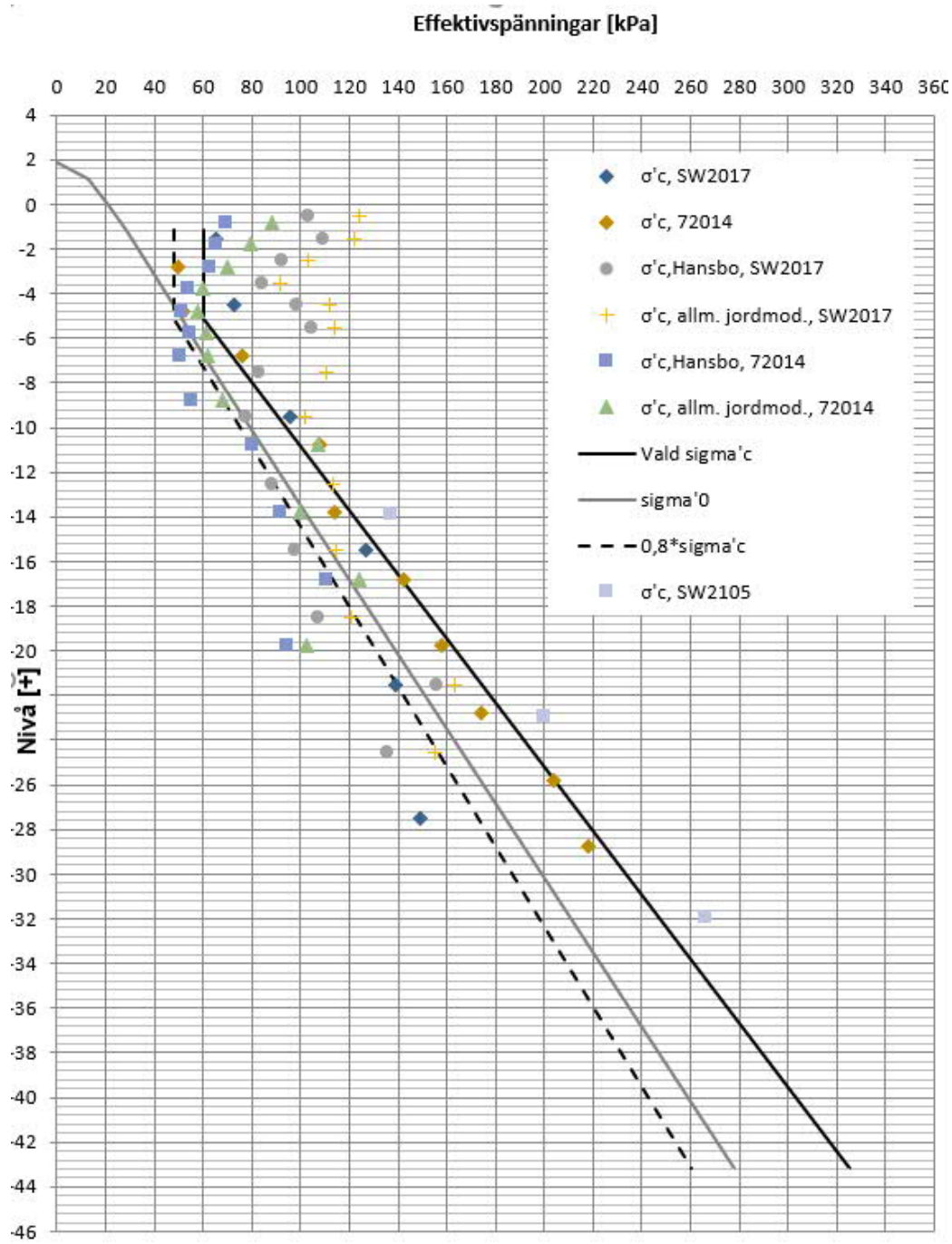


Vald odränerad skjuvhållfasthet för delområde 4 hämtat från [2].

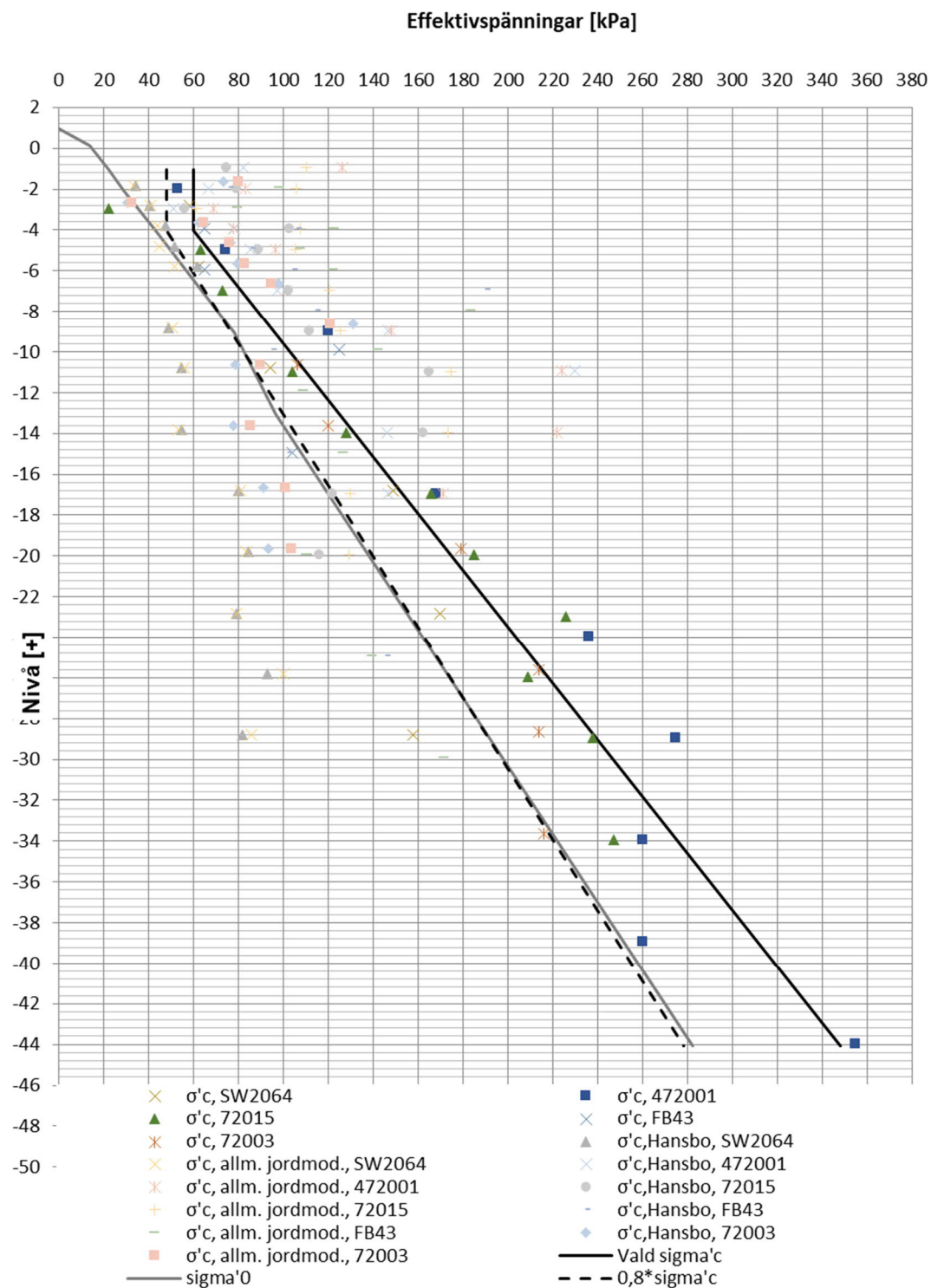




Spänningsdiagram med empiri för delområde 3 hämtat från [2].

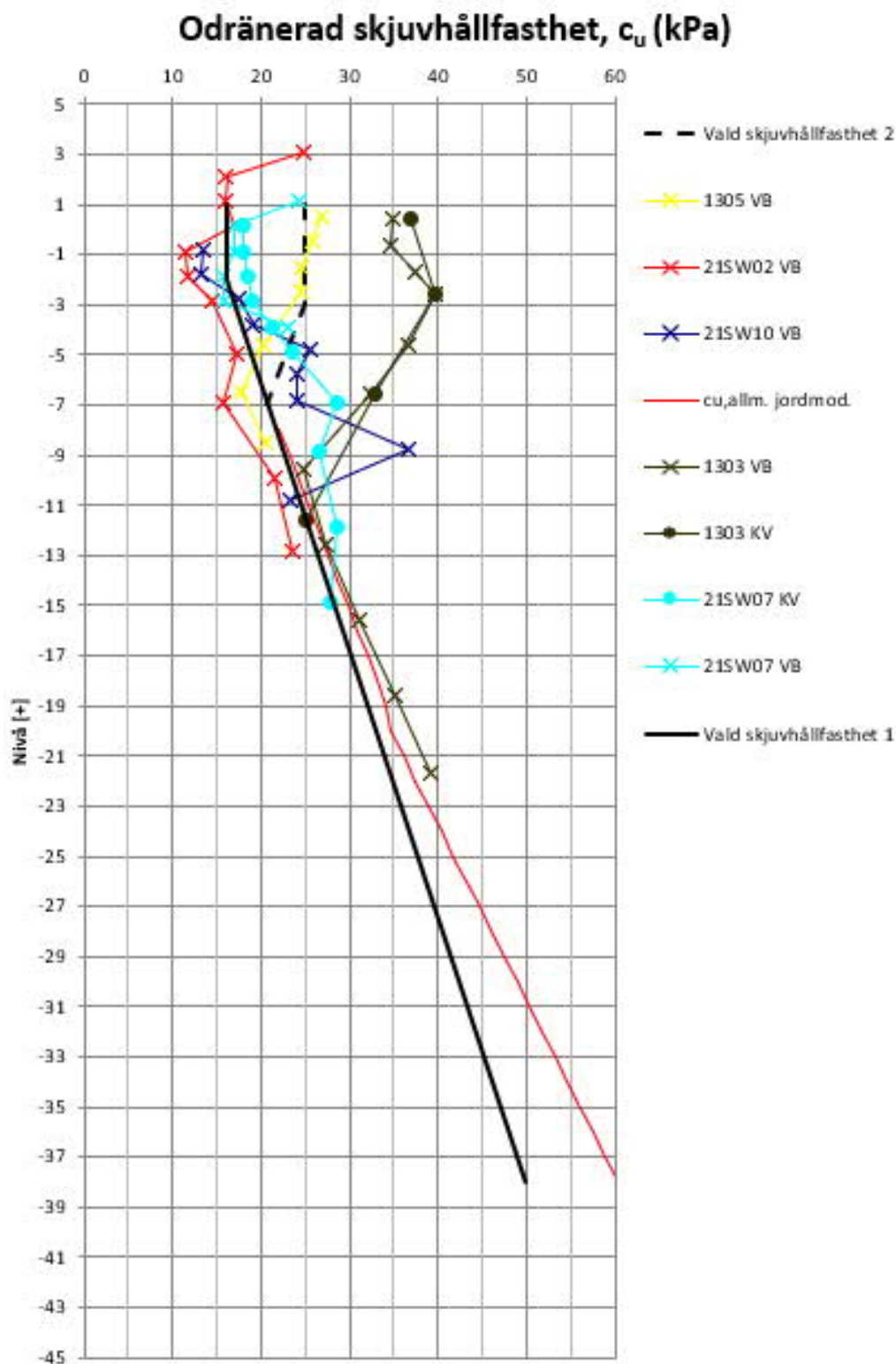


Spänningsdiagram med empiri för delområde 4 hämtat från [2].

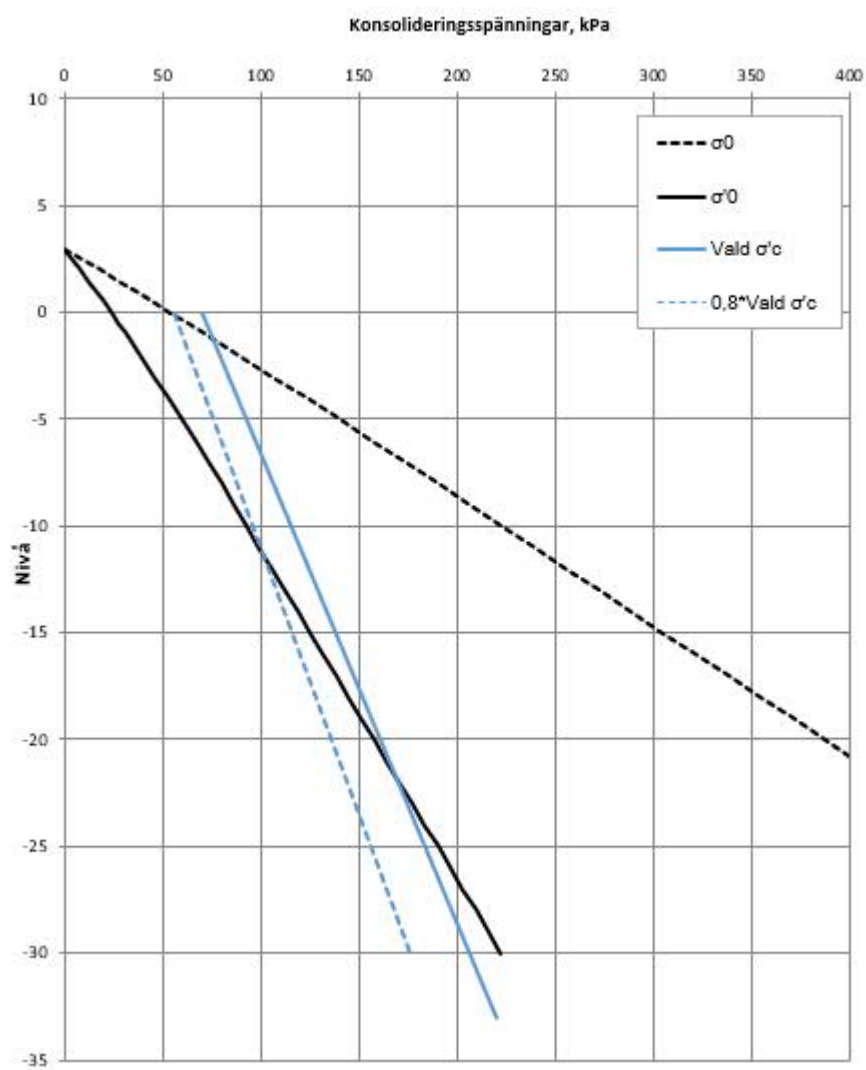




Vald odränerad skjuvhållfasthet för delområde KoV där skjuvhållfasthet 1 är vald enligt diagram nedan inom aktuellt projekt. Skjuvhållfasthet 2 gäller endast i anlutning till Lärjeån i norr. Diagrammet är hämtat från [1].



Spänningsdiagram för delområde KoV hämtat från [1]



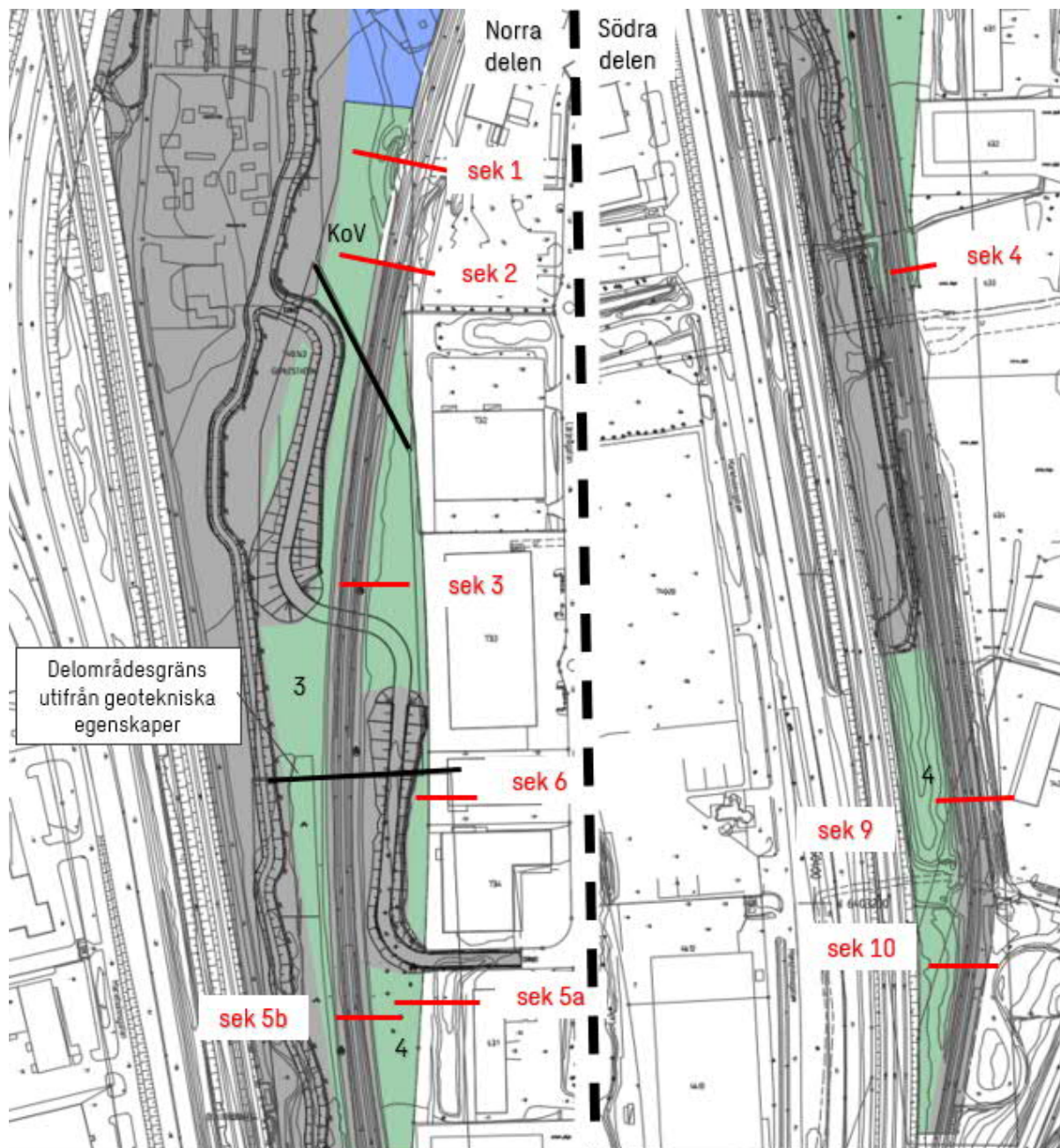
# Bilaga 4

## 1 Stabilitet

Stabilitetberäkningar har utförts med Slope/W Geostudio 2021 R2. Redovisade säkerhetsfaktorer avser Morgenstern-Price metod för cirkulära glidytor.

Beräkningar har utförts för befintliga förhållanden samt med skyddsytor. Där stabiliteten inte uppfyller erforderlig säkerhetsfaktor inom planområdet presenteras en åtgärdslösning i form av tryckbank.

Beräknade sektioner visas i Figur 1. Sektionerna är valda utifrån de geotekniska förutsättningarna i de olika delområdena, geometrier för spårvägen, befintliga marknivåer och de Anvisade skyddsytornas lägen.



Figur 1. Beräknade stabilitetssektioner.

## 1.1 Beräkningsförutsättningar

### Erforderlig säkerhetsfaktor

Stabilitetsberäkningarna har utförts med partialkoefficienter enligt de riktlinjer som ges i IEG Rapport 6:2008, Rev 1, Tillämpningsdokument, Slänter och bankar. Följande gäller i utförda beräkningar:

- Geoteknisk Kategori 2 (GK2)
- Säkerhetsklass 2 (SK2)
- Dimensionerings sätt DA3

där erforderlig säkerhetsfaktor,  $F_{EN} > 1,0$  i SK2 för nybyggnation.

### Materialparametrar

Härledda värden på lerans materialegenskaper ( $X_{\text{härlett värde}}$ ) för de olika delområdena redovisas i Tabell 1.

$X_{\text{härlett värde}}$  ska sedan multipliceras med en partialkoefficient enligt tabell 3.2 i IEG:s rapport 6:2008, Rev 1, Tillämpningsdokument, Slänter och bankar.

Tabell 1. Valda härledda värden för leran inom respektive delområde enligt handling [1] och [2].

Delområde	Jordlager	Materialegenskaper	$X_{\text{härlett värde}}$
KoV	Lera 1	Tunghet, $\gamma$	17,5 kN/m <sup>3</sup>
		Effektiv tunghet under GW, $\gamma'$	7,5 kN/m <sup>3</sup>
		Friktionsvinkel, $\phi'$	30°
		Odränerad skjuvhållfasthet, $c_u$	16 kPa
	Lera 2	Tunghet, $\gamma$	16,5 kN/m <sup>3</sup>
		Effektiv tunghet under GW, $\gamma'$	6,5 kN/m <sup>3</sup>
		Friktionsvinkel, $\phi'$	30°
		Odränerad skjuvhållfasthet, $c_u$	16+0,94*z kPa
3	Lera 1	Tunghet, $\gamma$	16,5 kN/m <sup>3</sup>
		Effektiv tunghet under GW, $\gamma'$	6,5 kN/m <sup>3</sup>
		Friktionsvinkel, $\phi'$	30°
		Odränerad skjuvhållfasthet, $c_u$	15+0,7*z kPa
4	Lera 1	Tunghet, $\gamma$	17 kN/m <sup>3</sup>
		Effektiv tunghet under GW, $\gamma'$	7 kN/m <sup>3</sup>
		Friktionsvinkel, $\phi'$	30°
		Odränerad skjuvhållfasthet, $c_u$	12+0,8*z kPa

Kohesions-interceptet  $c'$  har antagits vara 10 % av karakteristisk skjuvhållfasthet.

I stabilitetsberäkningar har det antagits att lerlagret går hela vägen upp till markytan i samtliga sektioner. Inom området överlagras dock den lösa leran ställvis av ett lager av silt/sand/gyttja/Let etc (cirka 1 meter). Beräkningarna är på säker sida med att det har antagits lera hela vägen upp till markytan.

Övriga material och jordlager har valts med stöd av tabellvärden i TK Geo 13.

- Inom områden för skyddsytor består det översta 20 centimetrarna av uppblandad jord med tunghet 15 kN/m<sup>3</sup> och karakteristisk friktionsvinkel på 28°.
- Inom planområdet finns område som fungerat som en deponi, belägen väster om spårvägen i den södra delen av området. Fyllningsjorden inom deponin har antagits ha en tunghet på 18 kN/m<sup>3</sup> och karakteristisk friktionsvinkel på 30°.
- Tryckbanken/åtgärdsförslag har antagits ha en tunghet på 17 kN/m<sup>3</sup>.

- Spårvägsbanken har antagits ha en tunghet på 20 kN/m<sup>3</sup> över GVV och karakteristisk friktionsvinkel på 35°.
- Materialparametrar för lättklinker är enligt TK Geo 13 för stabilitetsberäkningar; tunghet 4,5 kN/m<sup>3</sup> över GVV och karakteristisk friktionsvinkel på 35°.

### Geometrier

- Marknivåer är utifrån markmodell "Markmodell-NH-data-CV3D" och digital grundkarta.
- Plankarta i dwg-format från SBK "Plankarta 220323" med föreslagen planområdesgräns och skyddsytor.

### Laster

Dimensionerande laster i SK2 beräknas enligt:

$$\text{Geo.last} = 0,91 \cdot 1,1 \cdot G_{KJ} + 0,91 \cdot 1,4 \cdot Q_{KJ} = 1,00 \cdot G_{KJ} + 1,27 \cdot Q_{KJ}$$

Där:

$G_{KJ}$  = permanent last

$Q_{KJ}$  = variabel last

Variabla laster har endast använts i odränerade analyser. Permanenta laster har använts i både odränerade och kombinerade analyser.

Karakteristisk variabel last för spårvägen har valts enligt Göteborgs tekniska handbok för en spårvagnslast SPV2. Med en last utspridd på en bredd av 5,5 meter (dubbelspår), en faktor  $\alpha=1,33$  och en vald dynamikfaktor på 1,5 blir den karakteristiska lasten 23,1 kPa, vilket motsvarar 27 kPa som dimensionerande. Dynamikfaktorn är hämtad från Eurocode 1: Laster på bärverk – trafiklast på broar.

### Portryck

I delområde KoV råder ett hydrostatiskt portryck från +3,0. Eftersom marknivån är lägre råder ett litet porövertryck i den övre profilen ner till cirka -15 för att därunder vara hydrostatisk portrycksfördelning.

I delområde 3 ökar portrycket med 10,5 kPa/meter cirka 1 meter under markytan.

I delområde 4 råder hydrostatisk portrycksfördelning från cirka 1 meter under markytan ner till 10 meters djup och därunder ökar portrycket med 11 kPa/meter.

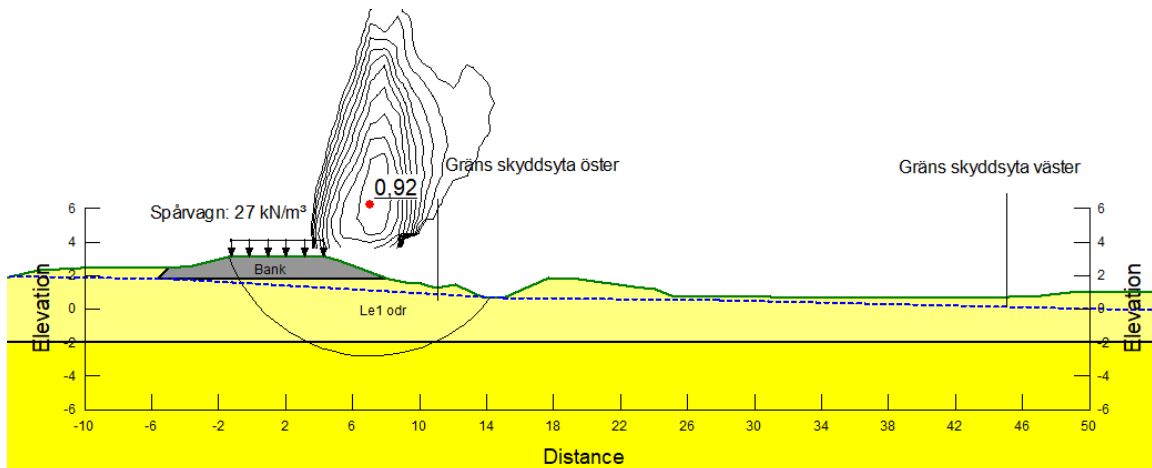
## 1.2 Resultat stabilitetsberäkningar

Stabilitetssektionerna har kontrollerats för både odränerad och kombinerad analys. Det värsta fallet redovisas i resultatet.

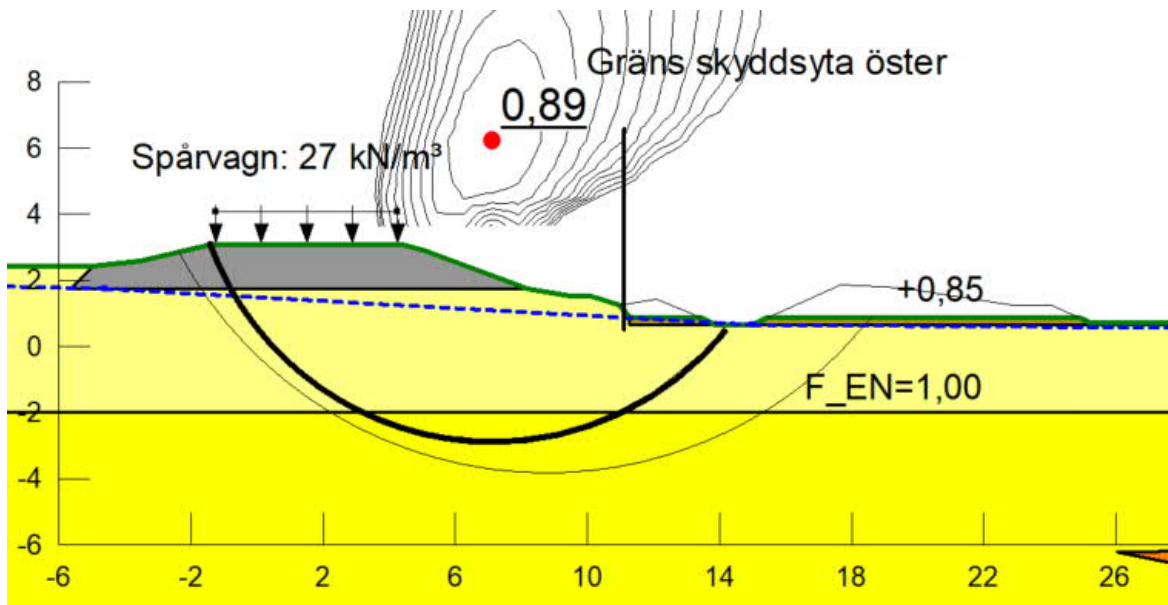
Anvisade lägen för skyddsytor redovisas.

### Sektion 1

Stabiliteten är inte tillfredsställande för varken befintliga förhållanden eller med en avschaktning till +0,85 inom skyddsytan närmast spåret. Med en uppfyllnad till cirka +1,4 närmast spåret inom planområdet är stabiliteten tillfredsställande.

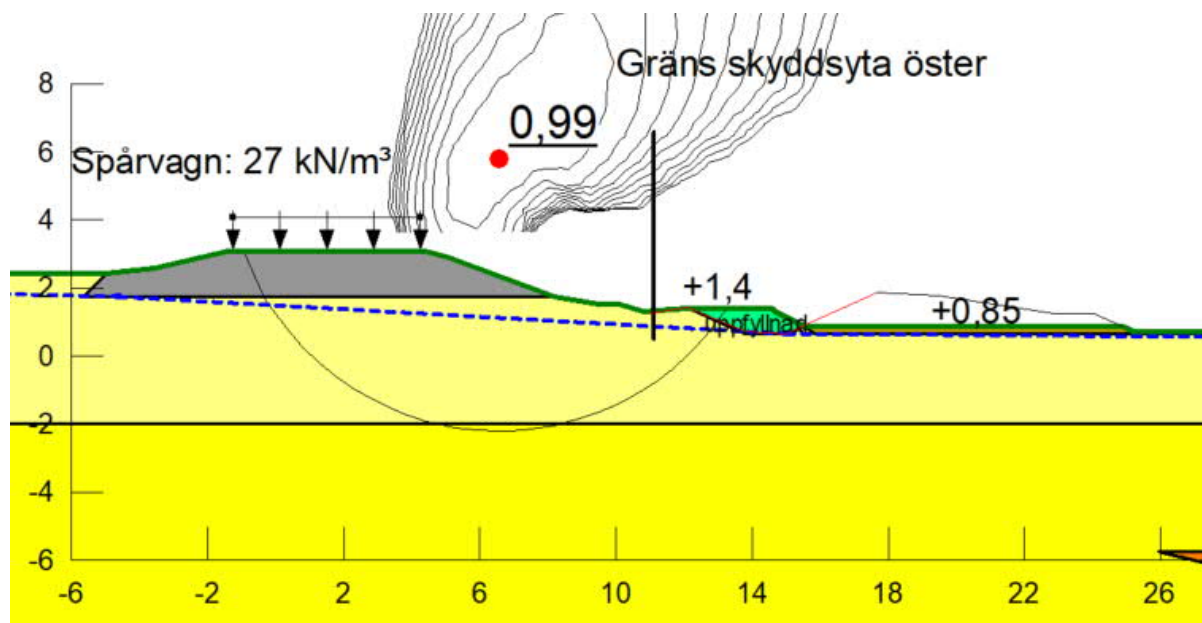


Figur 2. Sektion 1. Odränerad analys i partialkoefficientmetoden för befintliga förhållanden. Stabiliteten är inte uppfylld inom planområdet. Anvisade lägen för skyddsytor redovisas



Figur 3. Sektion 1. Odränerad analys i partialkoefficientmetoden. Avschaktat till +0,85 inom skyddsytta. Stabiliteten är inte tillfredsställande inom planområdet. Skyddsytornas lägen är förslag som har utretts i utredningen. Anvisade lägen för skyddsytor redovisas.

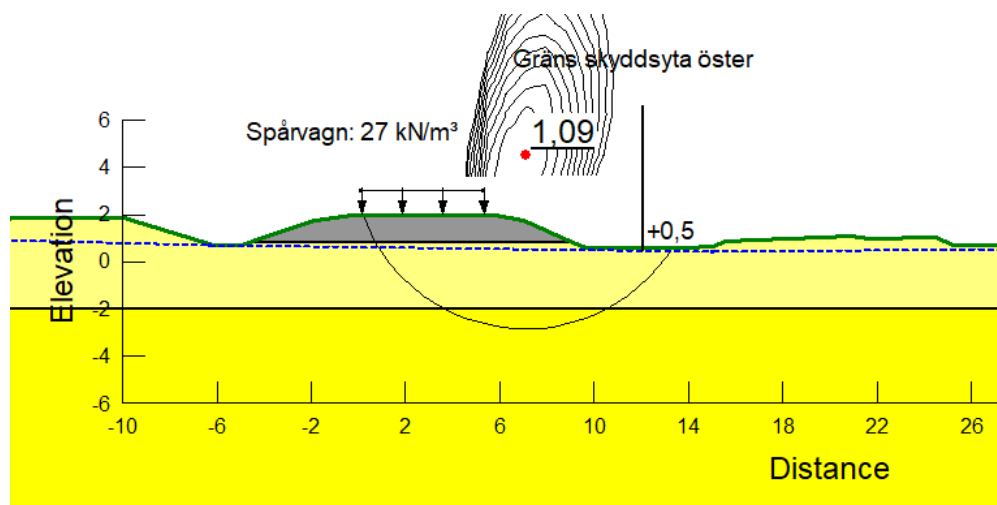




Figur 4. Sektion 1. Odränerad analys i partialkoefficientmetoden. Med en uppfyllnad närmast spåret inom planområdet till +1,4 samt avschaktat till +0,85 därutöver är stabiliteten tillfredsställande. Anvisade lägen för skyddsytter redovisas.

### Sektion 2

Stabiliteten är tillfredsställande i befintliga förhållanden samt för en avschaktning till +0,85 inom skyddsytan.

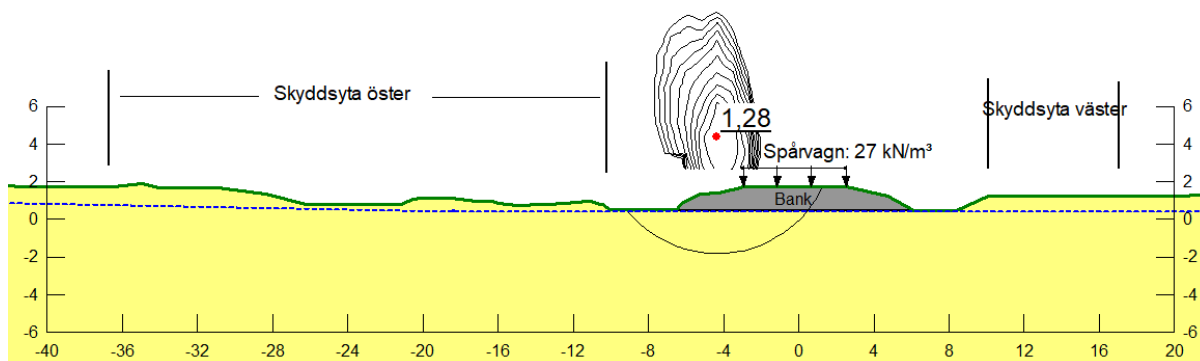


Figur 5. Sektion 2. Odränerad analys i partialkoefficientmetoden för befintliga förhållanden. Stabiliteten är tillfredsställande för befintliga förhållanden och kommer vara det även med ett schakt på +0,85 inom planområdet, då befintlig markyta är på en lägre nivå än +0,85. Anvisade lägen för skyddsytter redovisas.

### Sektion 3

Stabiliteten är tillfredsställande i befintliga förhållanden samt för en avschaktning till +0,85 inom skyddsytan.



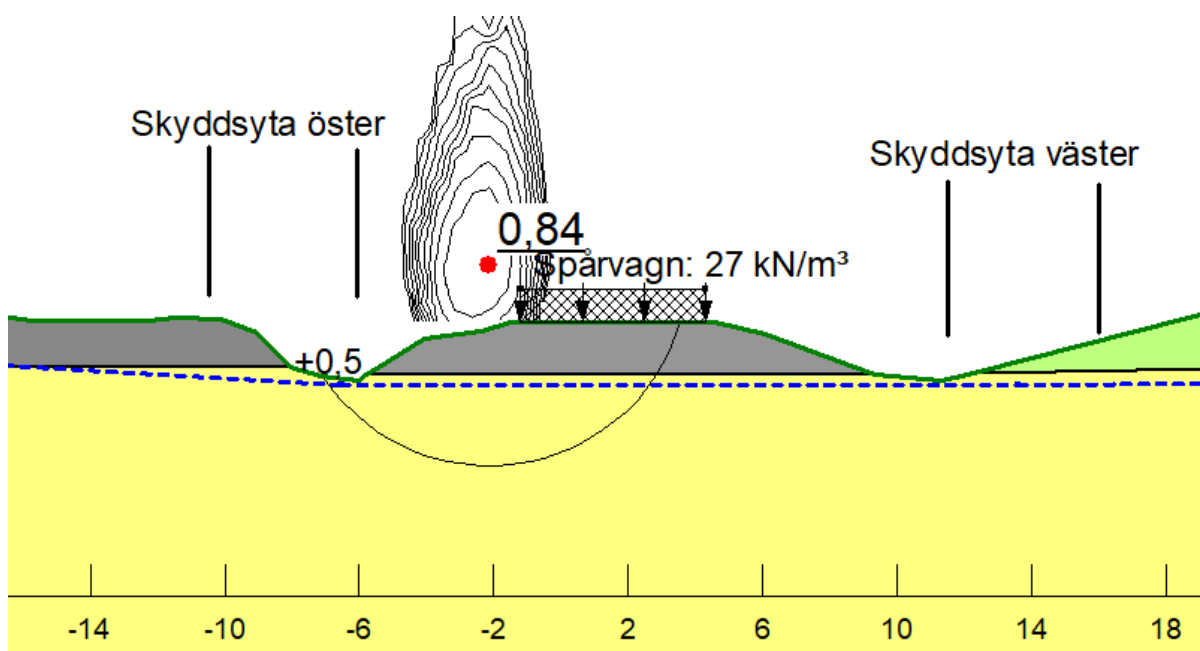


Figur 6. Sektion 3. Odränerad analys i partialkoefficientmetoden för befintliga förhållanden. Stabiliteten är tillfredsställande och kommer vara det även med ett schakt på +0,85 inom planområdet, då befintlig markyta är på en lägre nivå än +0,85. Anvisade lägen för skyddsytan redovisas.

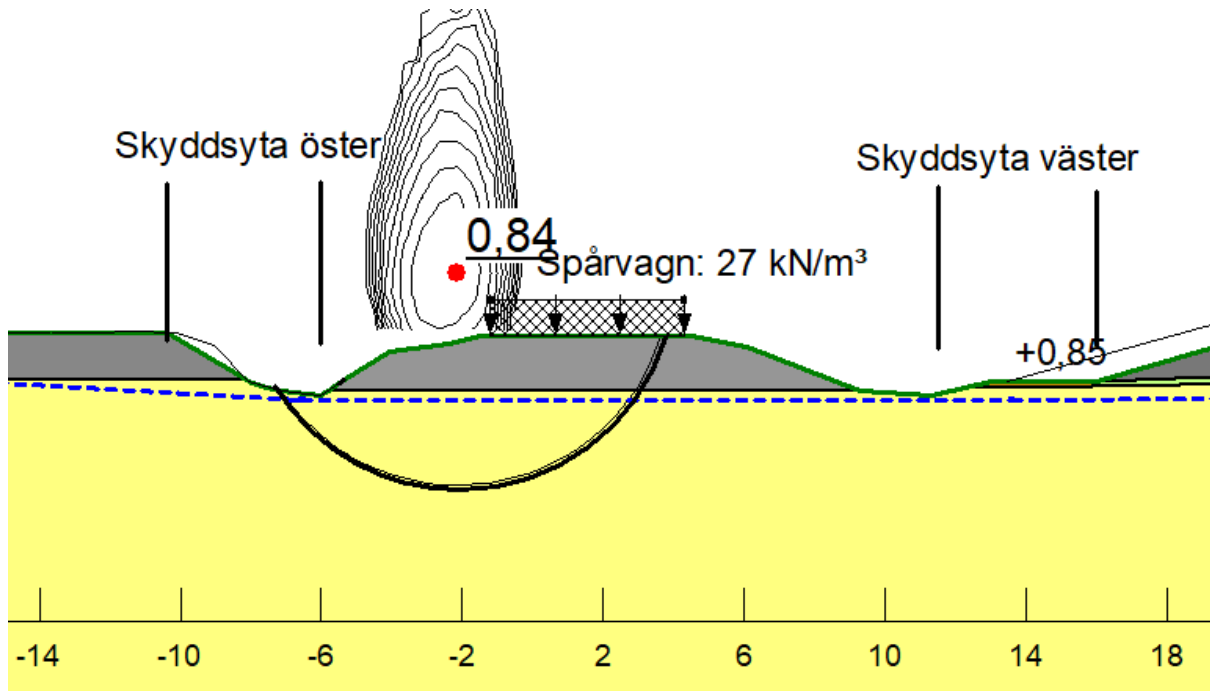
#### Sektion 4

Stabiliteten är inte tillfredsställande för varken befintliga förhållanden eller med en avschaktning till +0,85 inom skyddsytan. Då diket bredvid spårvägen har samma marknivå på ömse sidor om spårvägen gäller beräkningen för både öster respektive väster om spårvägen. Med en uppfyllnad till cirka +1,2 närmast spåret inom planområdet är stabiliteten tillfredsställande.

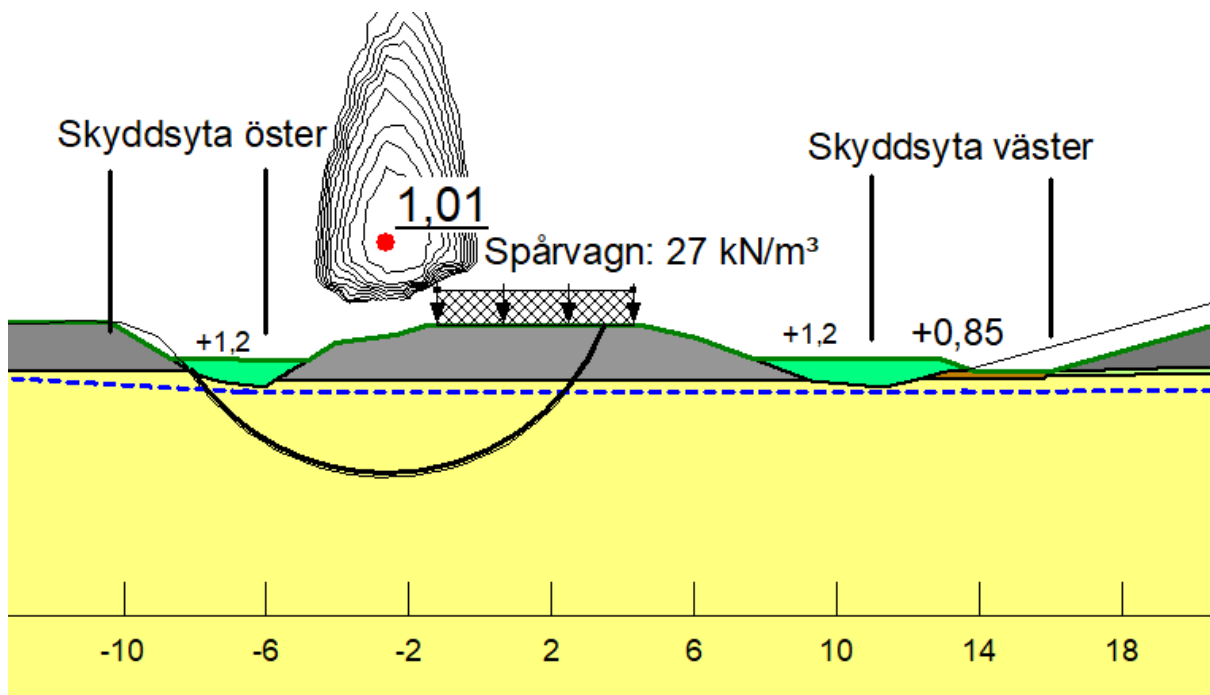
Närheten till planområdesgränsen i öster med högre marknivå gör att det inom planområdet måste ges plats åt att utföra skyddsytan med en släntlutning som uppfyller stabilitetskraven. Det här medför att ytan som kan schaktas ner till +0,85 minskar enligt förslaget.



Figur 7. Sektion 4. Odränerad analys i partialkoefficientmetoden för befintliga förhållanden. Stabiliteten är inte tillfredsställande inom planområdet vare sig öster eller väster om spåret. Anvisade lägen för skyddsytan redovisas.



Figur 8. Sektion 4. Odränerad analys i partialkoefficientmetoden. Avschaktat till +0,85 i skyddsytta. Stabiliteten är inte tillfredsställande inom planområdet vare sig öster eller väster om spåret. Anvisade lägen för skyddsytter redovisas.

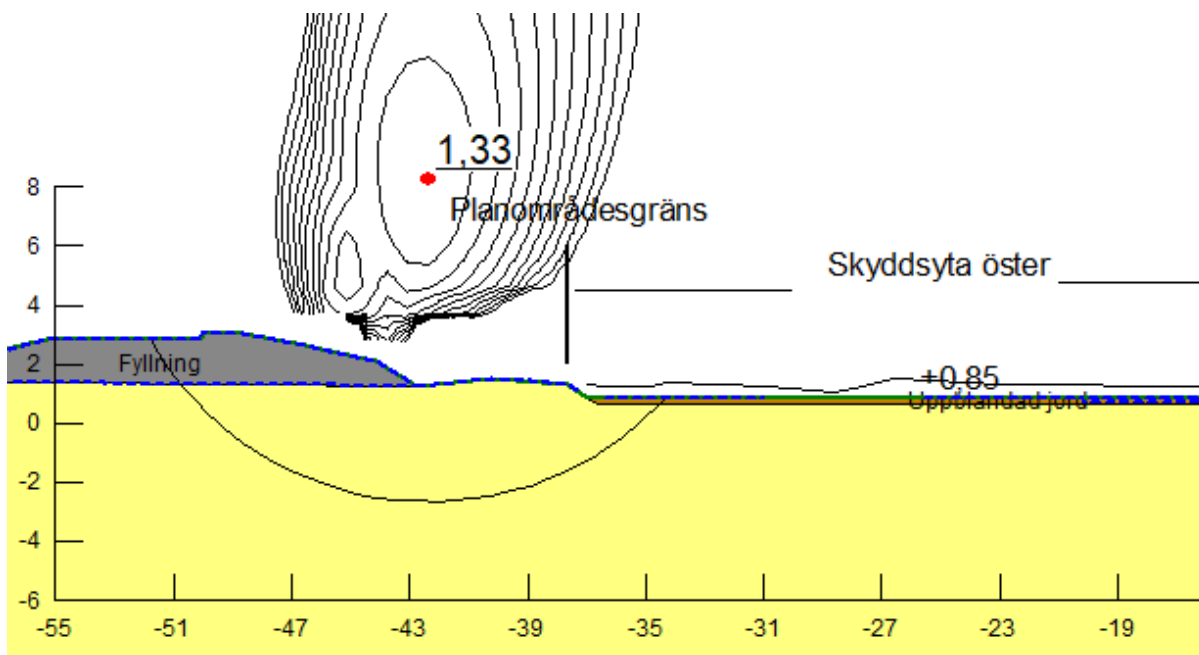


Figur 9. Sektion 4. Odränerad analys i partialkoefficientmetoden. Med en tryckbank till +1,2 närmast spåret inom planområde är stabiliteten tillfredsställande. Anvisade lägen för skyddsytter redovisas.

### Sektion 5a

Stabiliteten är tillfredsställande inom planområdet med en avschaktning till +0,85 inom skyddsytan. Stabiliteten är tillfredsställande i befintliga förhållanden då markytan ligger på en högre nivå än +0,85.

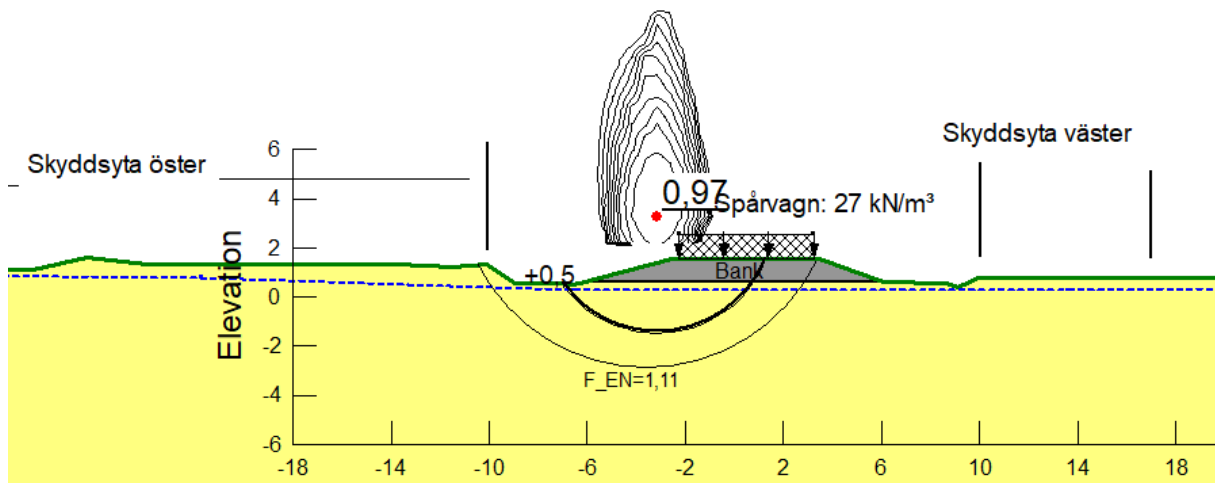
Närheten till planområdesgränsen i öster med högre marknivå göra att det inom planområdet måste ges plats åt att utföra skyddsytor med en släntlutning som uppfyller stabilitetskraven. Det här medför att ytan som kan schaktas ner till +0,85 minskar enligt förslaget.



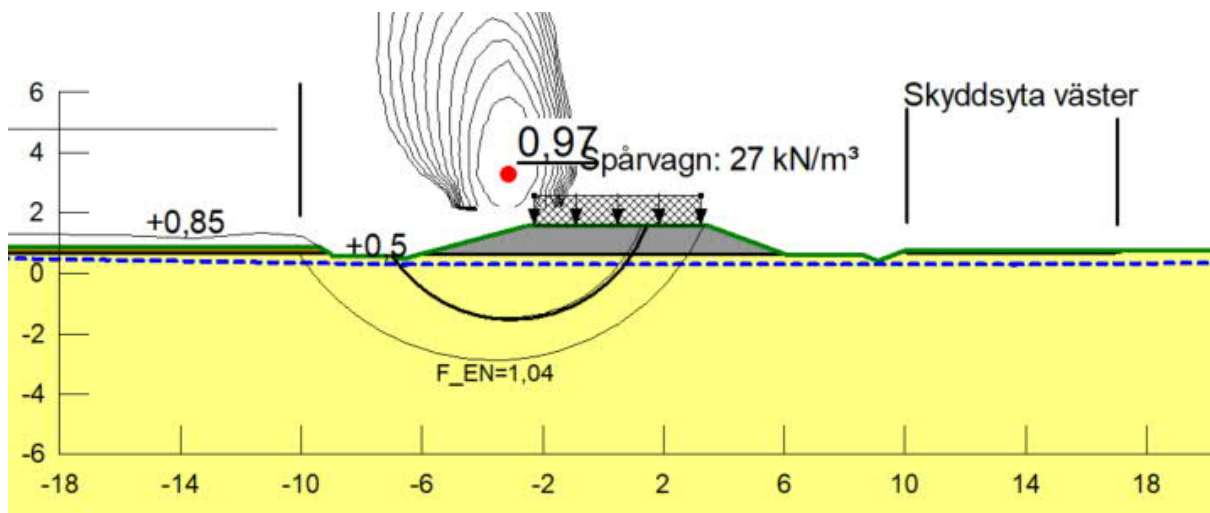
Figur 10. Sektion 5a. Kombinerad analys i partialkoefficientmetoden med en avschaktning inom skyddsytan. Stabiliteten är tillfredsställande inom planområdet både med skyddsytan enligt plankarta och i befintliga förhållanden. Anvisade lägen för skyddsytor redovisas.

### Sektion 5b

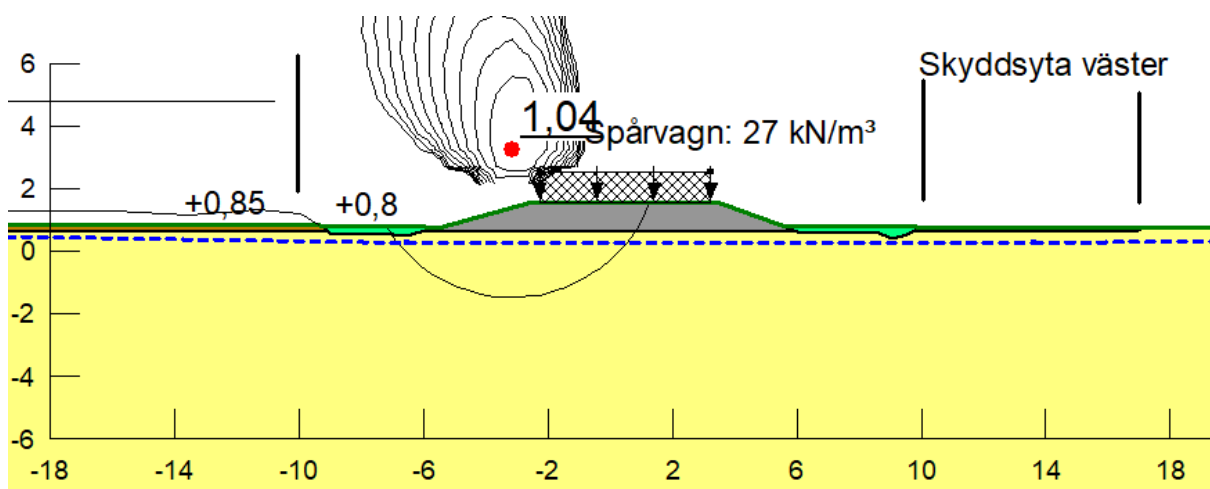
Stabiliteten är inte tillfredsställande för befintliga förhållanden närmst spåret. Då diket bredvid spårvägen har samma marknivå på ömse sidor om spårvägen gäller beräkningen för både öster respektive väster om spårvägen. Med en tryckbank till +0,8 närmst spåret inom planområdet är stabiliteten tillfredsställande inom planområdet.



Figur 11. Sektion 5b. Odränerad analys i partialkoefficientmetoden för befintliga förhållanden. Stabiliteten är inte tillfredsställande närmast spårvägen i diket (inom planområdet). Anvisade lägen för skyddsytor redovisas.



Figur 12. Sektion 5b. Odränerad analys i partialkoefficientmetoden. Stabiliteten är tillfredsställande för en avschaktning till +0,85 inom skyddsytan. Stabiliteten är däremot inte tillfredsställande närmast spårvägen i diket (inom planområdet). Anvisade lägen för skyddsytor redovisas.

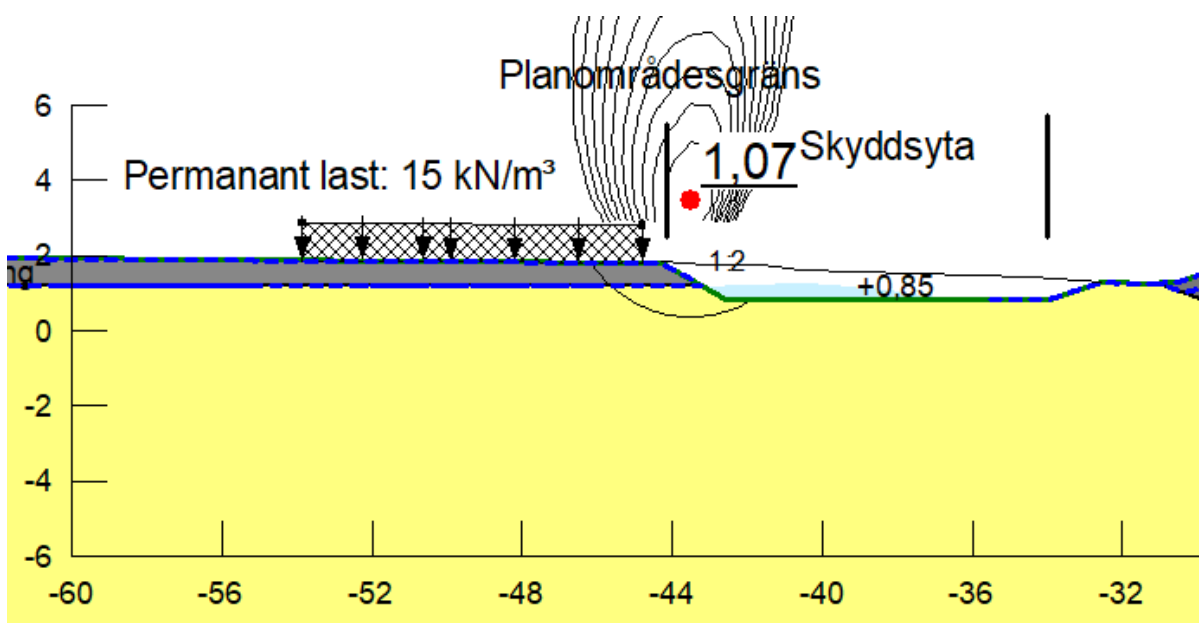


Figur 13. Sektion 5a. Odränerad analys i partialkoefficientmetoden. Med en tryckbank närmast spår inom planområdet till +0,8 samt avschaktat till +0,85 inom skyddsytan är stabiliteten tillfredsställande inom planområdet. Anvisade lägen för skyddsytor redovisas.

### Sektion 6

Stabiliteten är tillfredsställande i befintliga förhållanden samt för skyddsytan. En permanent last på 15 kPa har antagits för marken i industriområdet.

Närheten till planområdesgränsen i öster med högre marknivå gör att det inom planområdet måste ges plats åt att utföra skyddsytor med en släntlutning som uppfyller stabilitetskraven. Det här medför att ytan som kan schaktas ner till +0,85 minskar enligt förslaget.

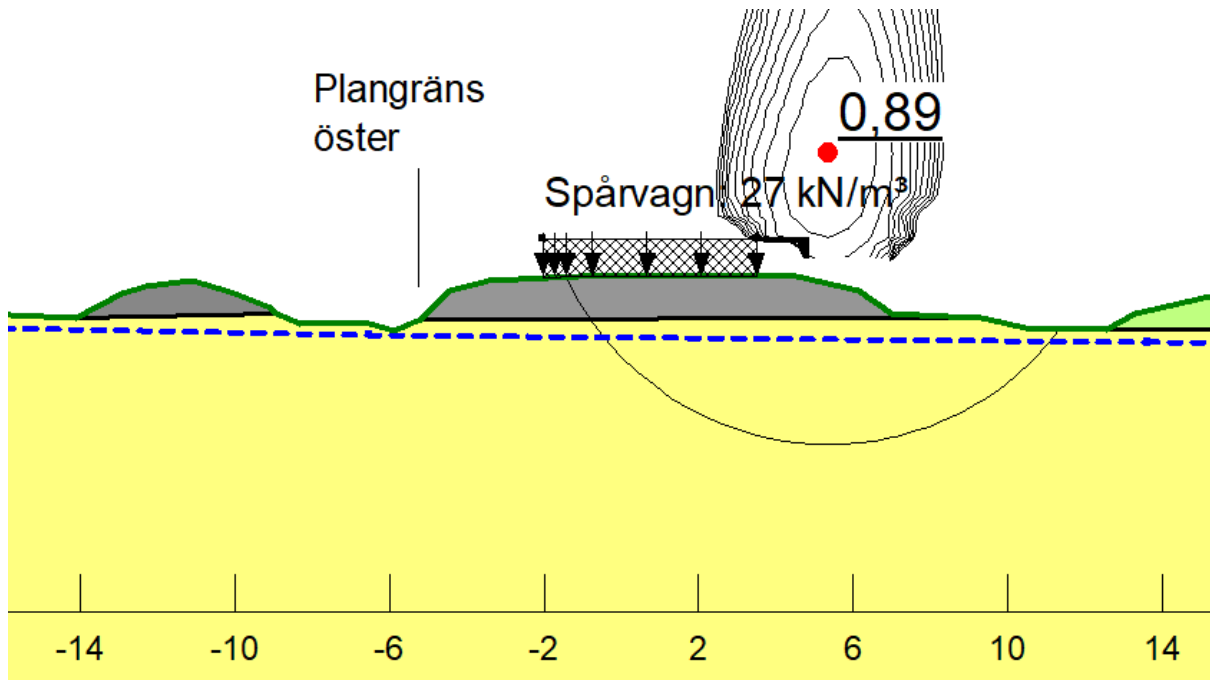


Figur 14. Sektion 6. Kombinerad analys i partialkoefficientmetoden. Stabiliteten är tillfredsställande inom planområdet med en avschaktning till +0,85 inom skyddsytan. Stabiliteten är tillfredsställande i befintliga förhållanden då markytan ligger på en högre nivå än +0,85. Anvisade lägen för skyddsytor redovisas.

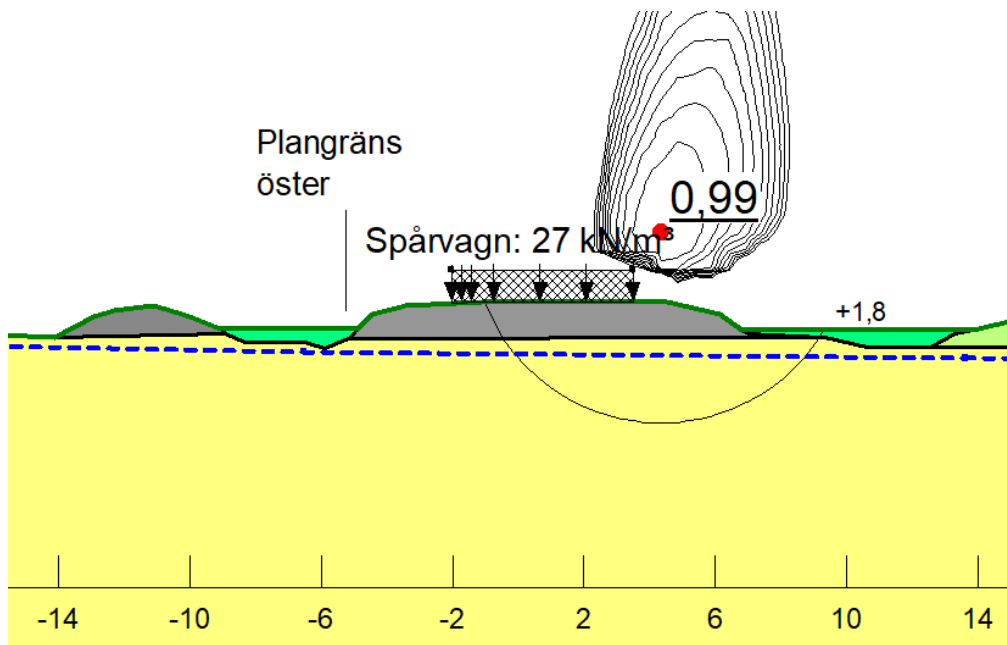
### Sektion 9

Stabiliteten är inte tillfredsställande för befintliga förhållanden. Då diket har samma marknivå på ömse sidor om spårvägen gäller beräkningen för både öster respektive väster om spårvägen.

Med en uppfyllnad till +1,8 närmast spåret inom planområdet väster om spårväg respektive öster om spårväg utanför planområdet uppfylls stabiliteten. Öster om spårväg behöver befintlig mark fyllas upp cirka 4 meter utanför planområde.



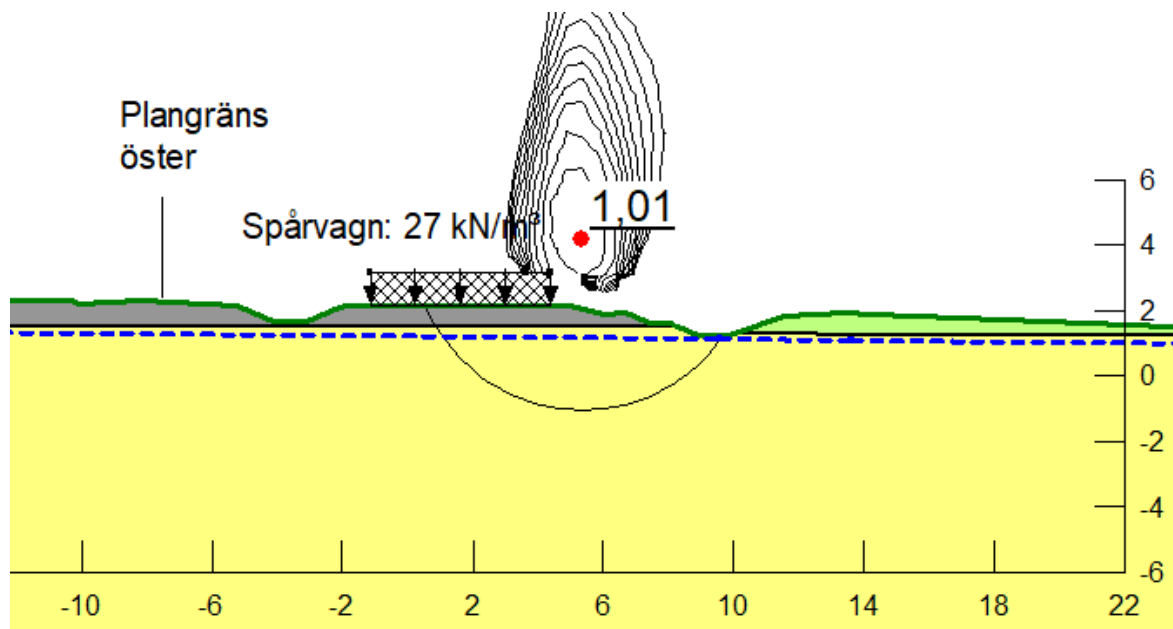
Figur 15. Sektion 9. Odränerad analys i partialkoefficientmetoden för befintliga förhållanden. Stabiliteten är inte tillfredsställande inom planområdet.



Figur 16. Sektion 9. Odränerad analys i partialkoefficientmetoden. Tryckbank närmast spår +1,8 både öster och väster om spårväg. Öster om spårväg behöver befintlig mark fyllas upp cirka 4 meter utanför planområdet.

### Sektion 10

Stabiliteten är tillfredsställande för befintliga förhållanden. Då skyddsytan längst i söder i planområdet ska utgå sker inga förändringar av befintliga marknivåer. Eftersom breddvid spårvägen har samma marknivå på ömse sidor om spårvägen gäller beräkningen för både öster respektive väster om spårvägen.



Figur 17. Sektion 10. Odränerad analys i partialkoefficientmetoden för befintliga förhållanden. Stabiliteten är uppfylld inom planområdet för befintliga förhållanden och för detaljplan.

### 1.3 Sammanfattning resultat stabilitetsberäkningar

- Den befintliga stabiliteten kring spårvägen är inte tillfredsställande inom delar av planområdet.
- För att få tillfredsställande stabilitet kan en tryckbank närmast spårvägen användas som förstärkningsåtgärd.
- På en delsträcka öster om planområdet kommer tryckbanken behöva göras utanför planområdet, se sektion 6.
- På grund av stabilitetsförhållandena och föreslagen åtgärd kan inte marken närmast spårvägen inom en del av planområdet användas som skyddsytta enligt anvisade skyddsytor.
- Närheten till planområdesgränsen i öster med högre marknivå göra att det inom planområdet måste ges plats åt att utföra skyddsytor med en släntlutning som uppfyller stabilitetskraven.

Tabell 1. Sammanfattning resultat stabilitetsberäkningar.

Sektion	Befintliga förhållande		Enligt plankartan utan åtgärd		Enligt plankartan med åtgärd		Erforderlig säkerhetsfaktor F <sub>EN</sub> , odränerad F <sub>EN</sub> , kombinerad
	F <sub>EN</sub> , odränerad	F <sub>EN</sub> , kombinerad	F <sub>EN</sub> , odränerad	F <sub>EN</sub> , kombinerad	F <sub>EN</sub> , odränerad	Kommentar	
1	0,92	-	0,89		0,99	Fylla upp befintlig markyta närmast spårväg inom planområde till + 1,4.	1,0
2	1,09	-	1,09		-*		
3	1,28	-	1,28		-*		
4	0,84	-	0,84		1,01	Fylla upp befintlig markyta närmast spårväg inom planområde till + 1,2	
5a	-**	-		1,33			
5b	0,97	-	0,97		1,04	Fylla upp befintlig markyta närmast spårväg inom planområde till + 0,8.	
6	-*	-	1,21	1,07			
9	0,89	-	-		0,99	Fylla upp befintlig markyta närmast spårvägbåde inom och <b>utanför</b> planområde till +1,8. (utanför planområde öster om spårväg)	
10	1,01	-	-***	-	-		

\* Stabiliteten bedöms vara tillfredsställande för en avschaktning då befintliga marknivåer är lägre än +0,85.

\*\*Stabiliteten bedöms vara tillfredsställande för befintliga förhållanden.

\*\*\* Stabiliteten är tillfredsställande då inga förändringar i marknivåer ska ske inom planområdet.





Lärje -  
UR90 Skyddsytta

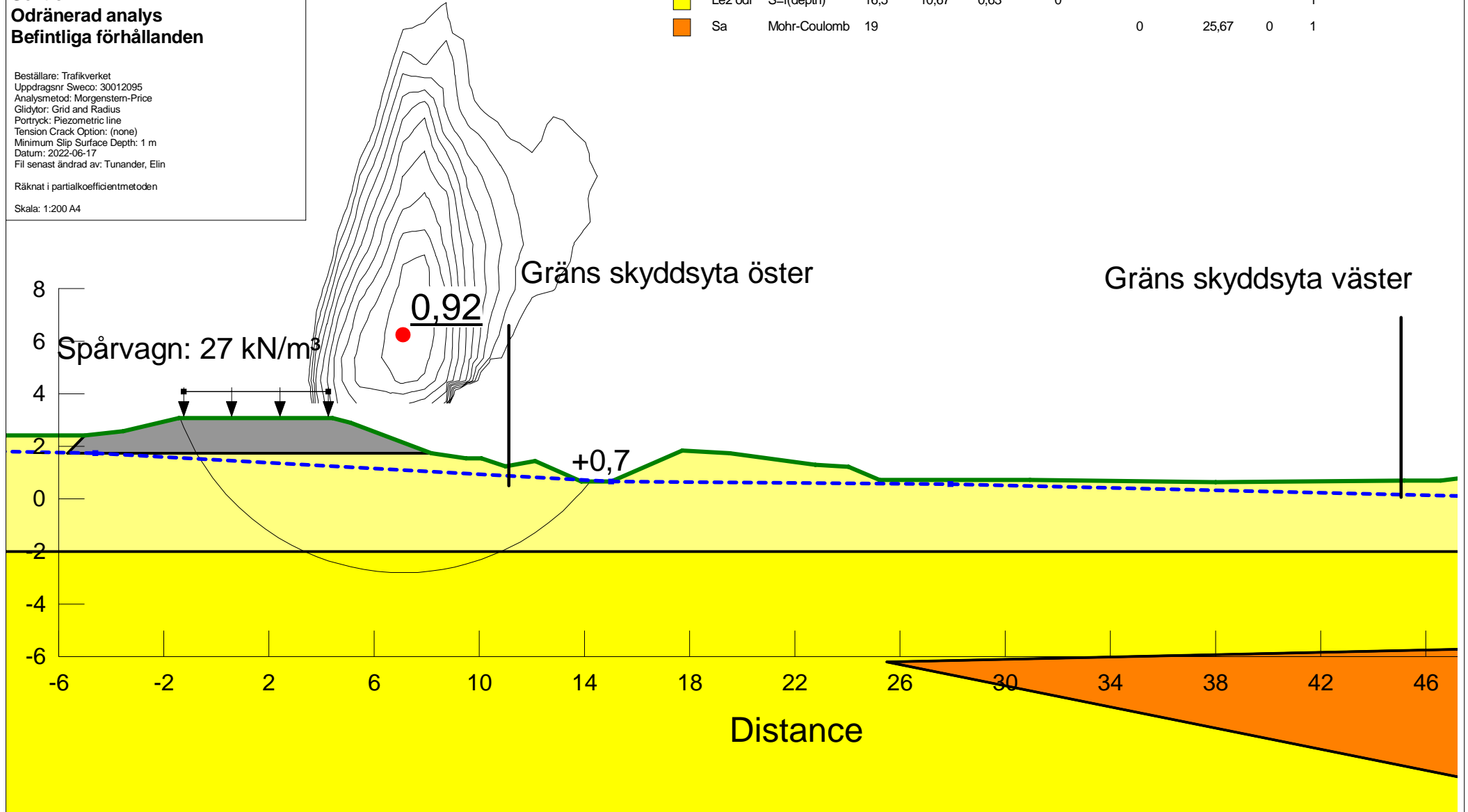
Sektion 1  
Odränerad analys  
Befintliga förhållanden

Beställare: Trafikverket  
Uppdragsnr Sweco: 30012095  
Analysmetod: Morgenstern-Price  
Gridtyor: Grid and Radius  
Portryck: Piezometric line  
Tension Crack Option: (none)  
Minimum Slip Surface Depth: 1 m  
Datum: 2022-06-17  
Fil senast ändrad av: Tunander, Elin

Räknat i partialkoefficientmetoden

Skala: 1:200 A4

Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C-Maximum (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Piezometric Line
Grey	Bank	Mohr-Coulomb	20				0	28,3	0	1
Light Yellow	Le1 odr	S=f(depth)	17,5	10,67	0	0				1
Yellow	Le2 odr	S=f(depth)	16,5	10,67	0,63	0				1
Orange	Sa	Mohr-Coulomb	19				0	25,67	0	1





Lärje -  
UR90 Skyddsytta

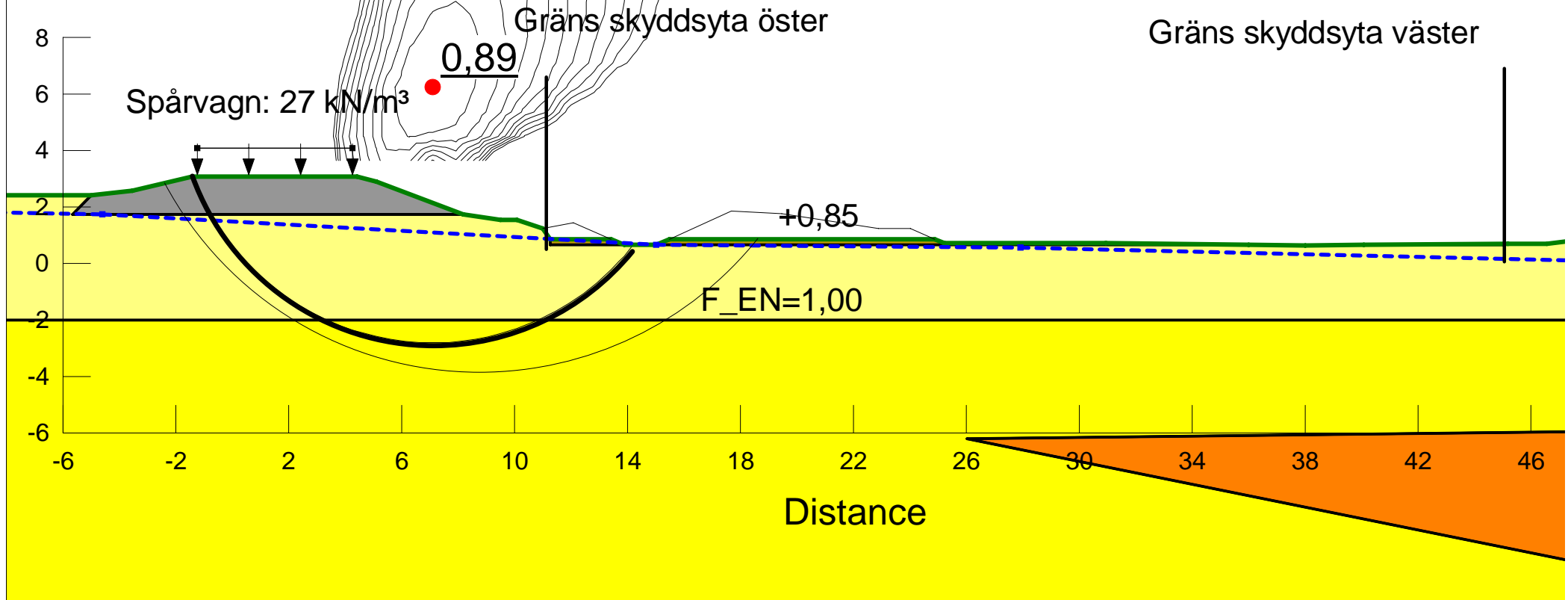
Sektion 1  
Odränerad analys  
Avschaktat till +0,85

Beställare: Trafikverket  
Uppdragsnr Sweco: 30012095  
Analysmetod: Morgenstern-Price  
Gridtyor: Grid and Radius  
Portryck: Piezometric line  
Tension Crack Option: (none)  
Minimum Slip Surface Depth: 1 m  
Datum: 2022-06-17  
Fil senast ändrad av: Tunander, Elin

Räknat i partialkoefficientmetoden

Skala: 1:200 A4

Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C-Maximum (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Piezometric Line
Grey	Bank	Mohr-Coulomb	20				0	28,3	0	1
Light Yellow	Le1 odr	S=f(depth)	17,5	10,67	0	0				1
Yellow	Le2 odr	S=f(depth)	16,5	10,67	0,63	0				1
Orange	Sa	Mohr-Coulomb	19				0	25,67	0	1
Brown	Uppblandad jord	Mohr-Coulomb	15				0	22,2	0	1





Lärje -  
UR90 Skyddsytta

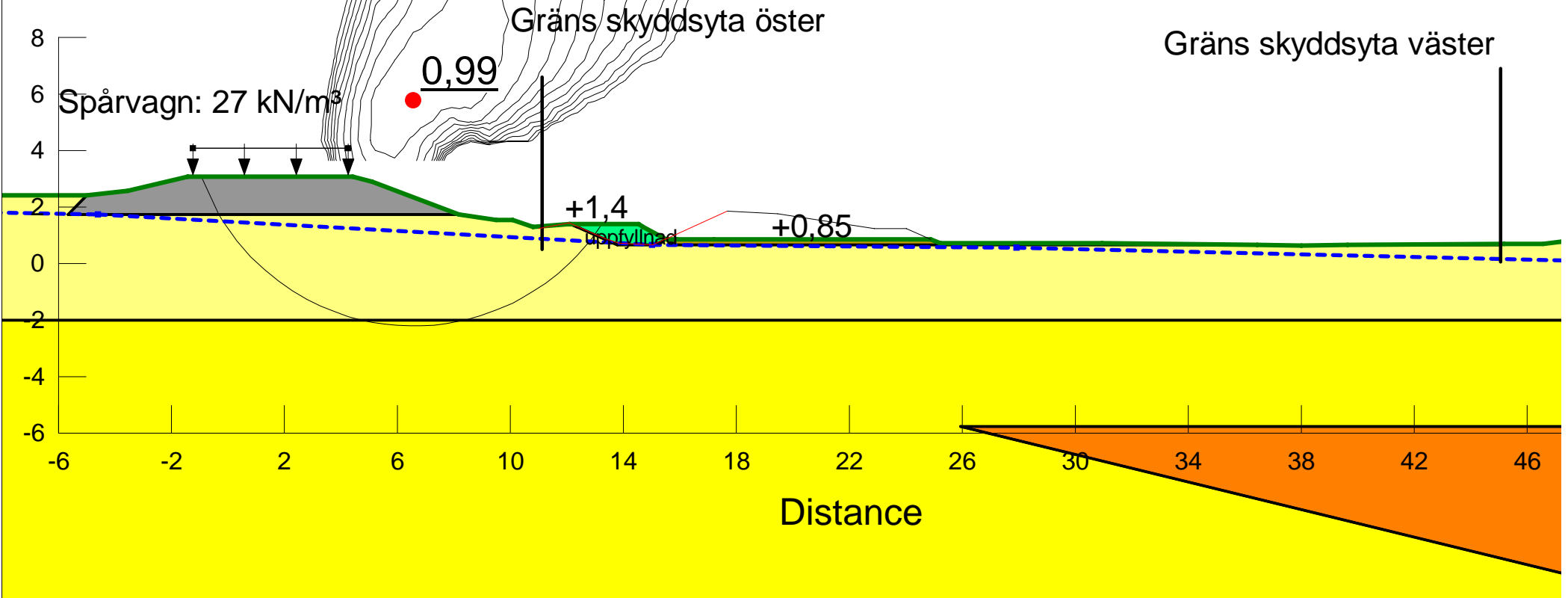
Sektion 1  
Odränerad analys  
Avschaktat till +0,85 + uppfyllnad närmst spår

Beställare: Trafikverket  
Uppdragsnr Sweco: 30012095  
Analysmetod: Morgenstern-Price  
Gridtyor: Grid and Radius  
Portryck: Piezometric line  
Tension Crack Option: (none)  
Minimum Slip Surface Depth: 1 m  
Datum: 2022-06-17  
Fil senast ändrad av: Tunander, Elin

Räknat i partialkoefficientmetoden

Skala: 1:200 A4

Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C-Maximum (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Piezometric Line
Grey	Bank	Mohr-Coulomb	20				0	28,3	0	1
Light Yellow	Le1 odr	S=f(depth)	17,5	10,67	0	0				1
Yellow	Le2 odr	S=f(depth)	16,5	10,67	0,63	0				1
Orange	Sa	Mohr-Coulomb	19				0	25,67	0	1
Brown	Uppblandad jord	Mohr-Coulomb	15				0	22,2	0	1
Green	Uppfyllnad	Mohr-Coulomb	17				0	23,9	0	1





Lärje -  
UR90 Skyddsytta

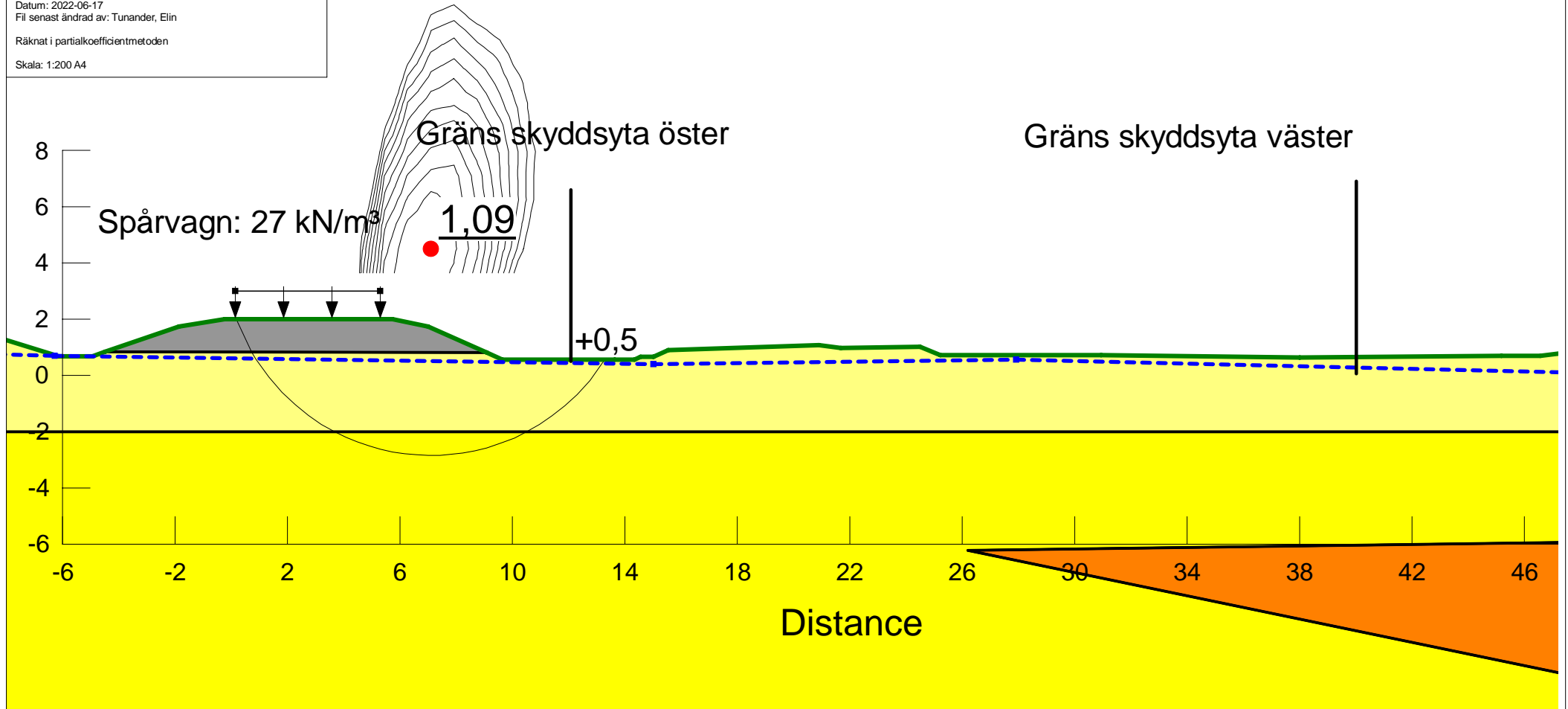
Sektion 2  
Odränerad analys  
Befintliga förhållanden

Beställare: Trafikverket  
Uppdragsnr Sweco: 30012095  
Analysmetod: Morgenstern-Price  
Gridtyor: Grid and Radius  
Portryck: Piezometric line  
Tension Crack Option: (none)  
Minimum Slip Surface Depth: 1 m  
Datum: 2022-06-17  
Fil senast ändrad av: Tunander, Elin

Räknat i partialkoefficientmetoden

Skala: 1:200 A4

Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C-Maximum (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Piezometric Line
Grey	Bank	Mohr-Coulomb	20				0	28,3	0	1
Light Yellow	Le1 odr	S=f(depth)	17,5	10,67	0	0				1
Yellow	Le2 odr	S=f(depth)	16,5	10,67	0,63	0				1
Orange	Sa	Mohr-Coulomb	19				0	25,67	0	1





Lärje -  
UR90 Skyddsytta

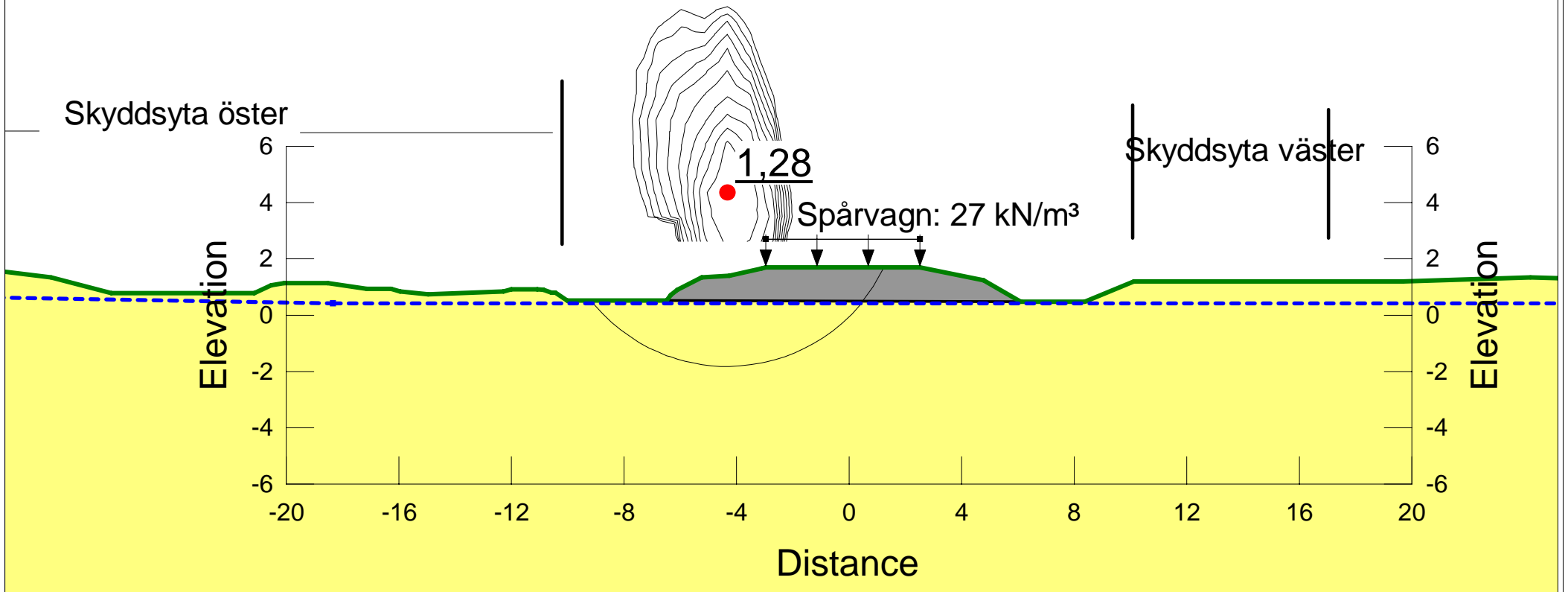
Sektion 3  
Odränerad analys  
Befintliga förhållanden väster - öster

Beställare: Trafikverket  
Uppdragsnr Sweco: 30012095  
Analysmetod: Morgenstern-Price  
Gridtyr: Grid and Radius  
Portryck: Piezometric line  
Tension Crack Option: (none)  
Minimum Slip Surface Depth: 1 m  
Datum: 2022-04-07  
Fil senast ändrad av: Tunander, Elin

Räknat i partialkoefficientmetoden

Skala: 1:200 A4

Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C-Maximum (kPa)	Datum (Elevation) (m)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Piezometric Line
■	Bank	Mohr-Coulomb	20					0	28,3	0	1
■	Le1 odr	S=f(datum)	16,5	10	0,47	0	2				1





Lärje -  
UR90 Skyddsytor

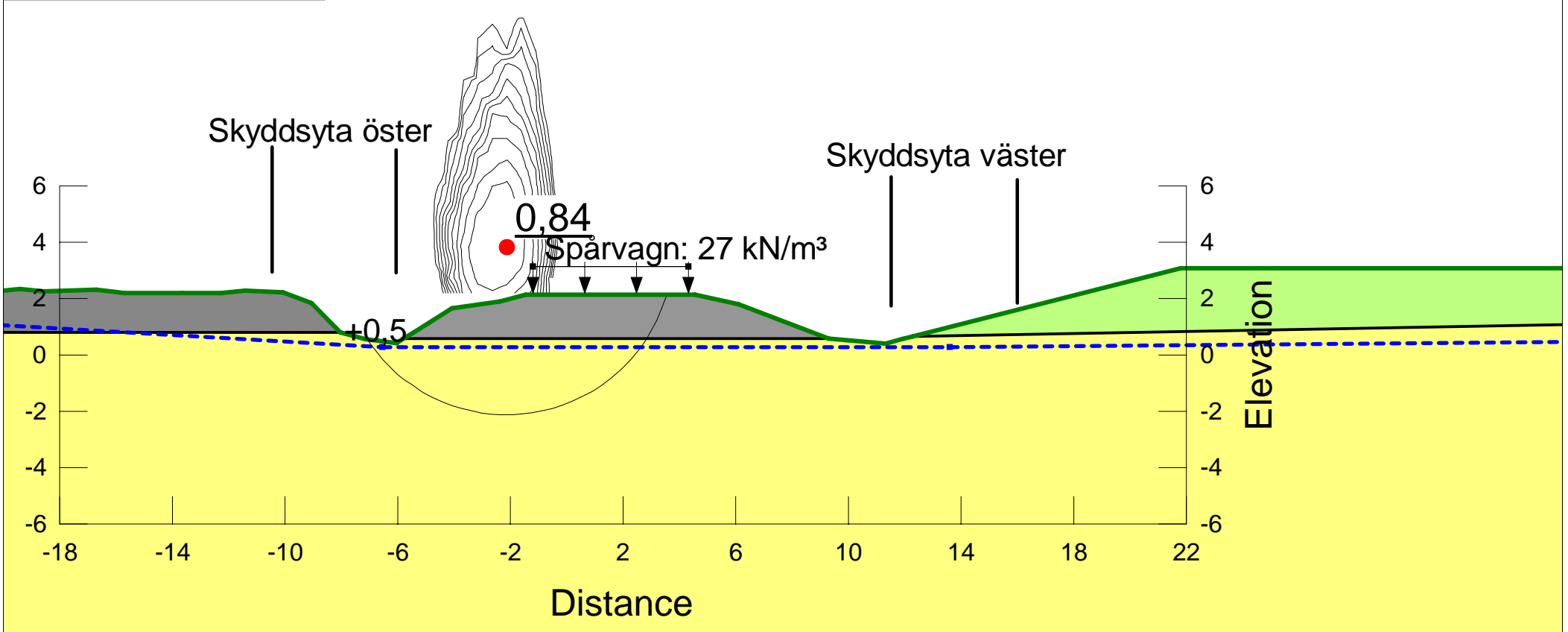
Sektion 4  
Odränerad analys  
Befintliga förhållanden  
väster - öster

Beställare: Trafikverket  
Uppdragsnr Sweco: 30012095  
Analysmetod: Morgenstern-Price  
Gridtytor: Grid and Radius  
Portryck: Piezometric line  
Tension Crack Option: (none)  
Minimum Slip Surface Depth: 1 m  
Datum: 2022-06-03  
Fil senast ändrad av: Tunander, Elin

Räknat i partialkoefficientmetoden

Skala: 1:200 A4

Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C-Maximum (kPa)	Datum (Elevation) (m)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Piezometric Line
Grey	Bank	Mohr-Coulomb	20					0	28,3	0	1
Dark Grey	Fyllning	Mohr-Coulomb	19					0	23,9	0	1
Light Green	Fyllning (deponi)	Mohr-Coulomb	18					0	23,9	0	1
Yellow	Le1 odr	S=f(datum)	17	8	0,53	0	-1				1





Lärje -  
UR90 Skyddsytor

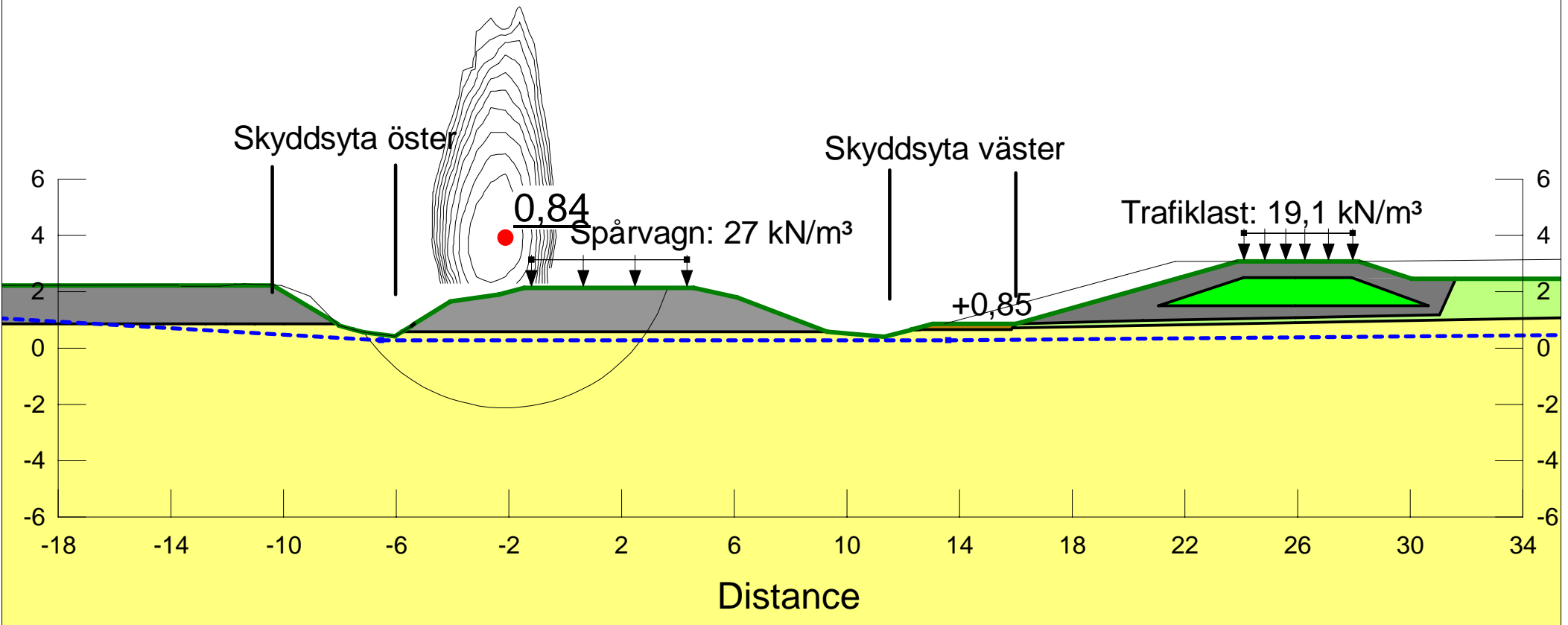
Sektion 4a  
Odränerad analys  
Avschaktning till +0,85  
väster - öster

Beställare: Trafikverket  
Uppdragsnr Sweco: 30012095  
Analysmetod: Morgenstern-Price  
Glidytor: Grid and Radius  
Portryck: Piezometric line  
Tension Crack Option: (none)  
Minimum Slip Surface Depth: 1 m  
Datum: 2022-06-03  
Fil senast ändrad av: Tunander, Elin

Räknat i partialkoefficientmetoden

Skala: 1:200 A4

Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C-Maximum (kPa)	Datum (Elevation) (m)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³)	Piezometric Line
Grey	Bank	Mohr-Coulomb	20					0	28,3	0		1
Dark Grey	Bank väg	Mohr-Coulomb	20					0	37,6	0	20	1
Light Grey	Fyllning	Mohr-Coulomb	19					0	23,9	0		1
Light Green	Fyllning (deponi)	Mohr-Coulomb	18					0	23,9	0		1
Yellow	Le1 odr	S=f(datum)	17	8	0,53	0	-1					1
Bright Green	Lättklinker	Mohr-Coulomb	4,5					0	28,3	0		1
Brown	Uppblandad jord	Mohr-Coulomb	15					0	22,2	0		1







Lärje -  
UR90 Skyddsytor

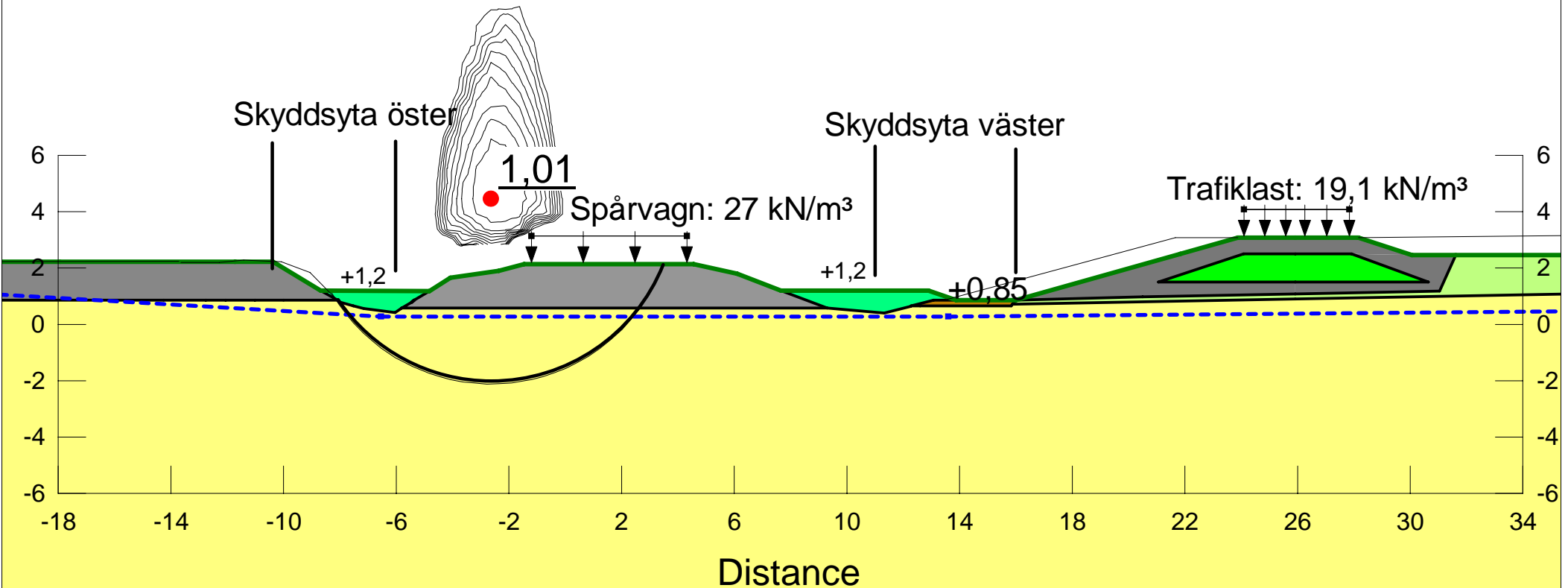
Sektion 4  
Odränerad analys  
Avschaktning till +0,85 tryckbank  
väster - öster

Beställare: Trafikverket  
Uppdragsnr Sweco: 30012095  
Analysmetod: Morgenstern-Price  
Gridtyor: Grid and Radius  
Portryck: Piezometric line  
Tension Crack Option: (none)  
Minimum Slip Surface Depth: 1 m  
Datum: 2022-06-03  
Fil senast ändrad av: Tunander, Elin

Räknat i partialkoefficientmetoden

Skala: 1:200 A4

Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C-Maximum (kPa)	Datum (Elevation) (m)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m <sup>3</sup> )	Piezometric Line
Grey	Bank	Mohr-Coulomb	20					0	28,3	0		1
Dark Grey	Bank väg	Mohr-Coulomb	20					0	37,6	0	20	1
Light Grey	Fyllning	Mohr-Coulomb	19					0	23,9	0		1
Light Green	Fyllning (deponi)	Mohr-Coulomb	18					0	23,9	0		1
Yellow	Le1 odr	S=f(datum)	17	8	0,53	0	-1					1
Bright Green	Lättklinker	Mohr-Coulomb	4,5					0	28,3	0		1
Brown	Uppblandad jord	Mohr-Coulomb	15					0	22,2	0		1
Dark Green	Uppfyllnad (tunghet 17)	Mohr-Coulomb	17					0	23,9	0		1





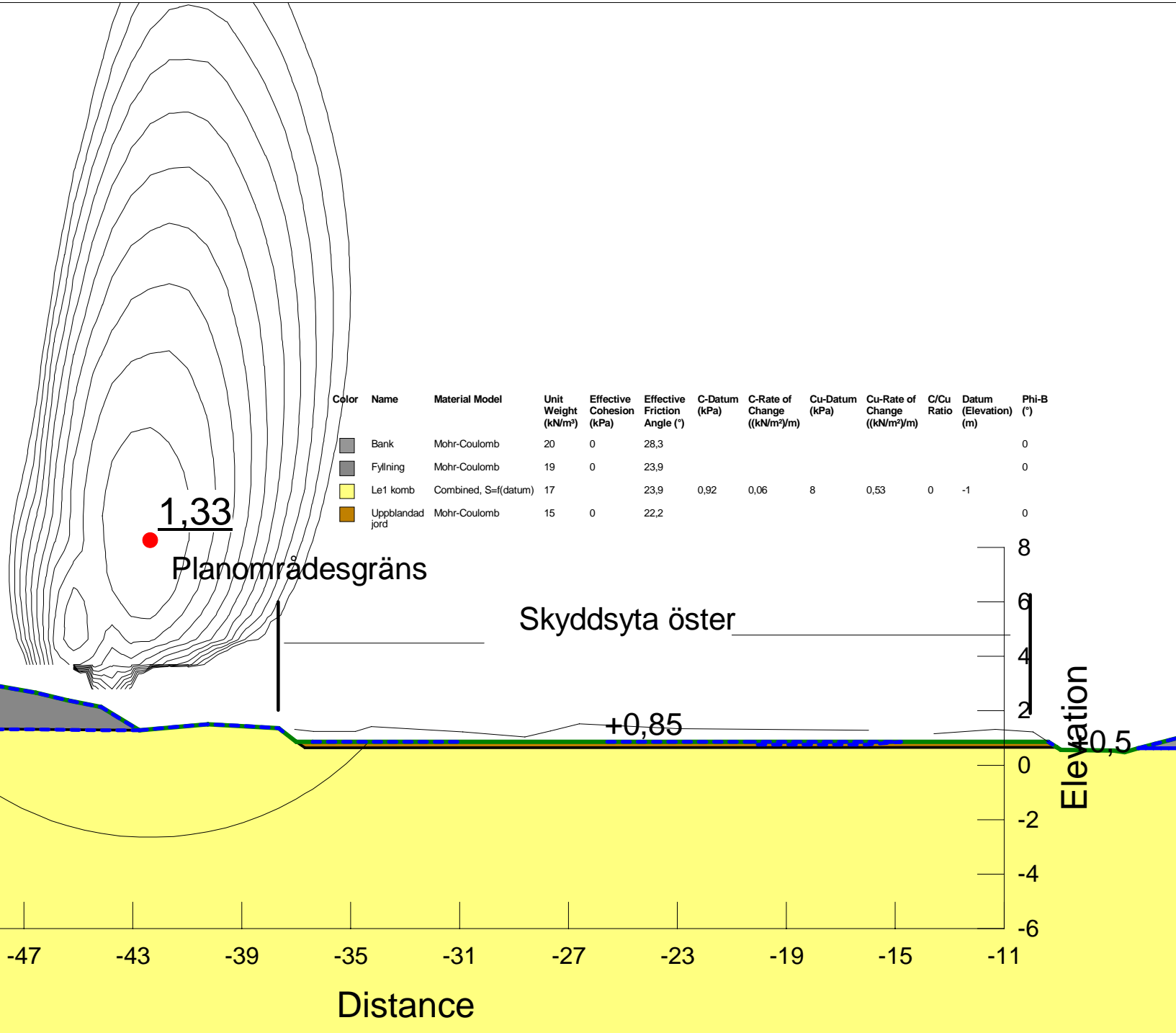
Lärje -  
UR90 Skyddsytor

Sektion 5a  
Kombinerad analys  
Avschaktning +0,85  
öster - väster

Beställare: Trafikverket  
Uppdragsnr Sweco: 30012095  
Analysmetod: Morgenstern-Price  
Gridtyor: Grid and Radius  
Portryck: Piezometric line  
Tension Crack Option: (none)  
Minimum Slip Surface Depth: 1 m  
Datum: 2022-06-13  
Fil senast ändrad av: Tunander, Elin

Räknat i partialkoefficientmetoden

Skala: 1:200 A4





Lärje -  
UR90 Skyddsytor

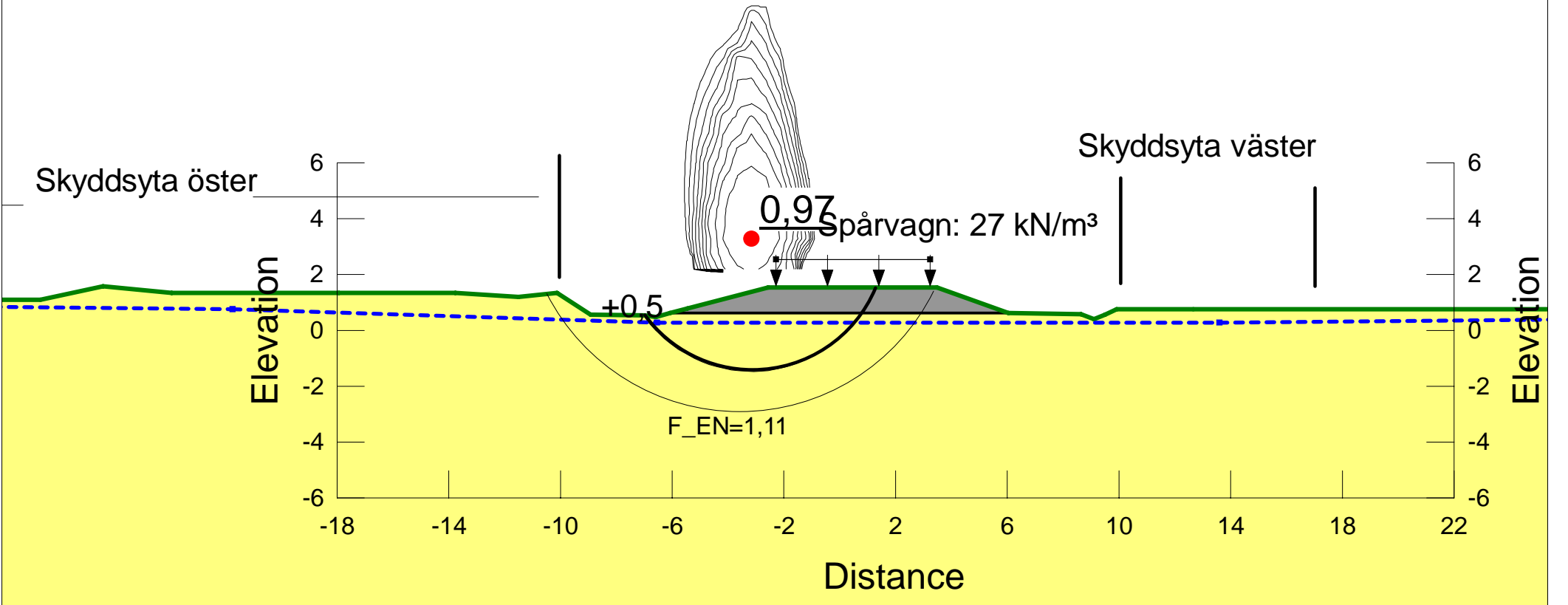
Sektion 5b  
Odränerad analys  
Befintliga förhållanden  
väster - öster

Beställare: Trafikverket  
Uppdragsnr Sweco: 30012095  
Analysmetod: Morgenstern-Price  
Gridtyor: Grid and Radius  
Portryck: Piezometric line  
Tension Crack Option: (none)  
Minimum Slip Surface Depth: 1 m  
Datum: 2022-05-31  
Fil senast ändrad av: Tunander, Elin

Räknat i partialkoefficientmetoden

Skala: 1:200 A4

Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C-Maximum (kPa)	Datum (Elevation) (m)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Piezometric Line
■	Bank	Mohr-Coulomb	20					0	28,3	0	1
■	Le1 odr	S=f(datum)	17	8	0,53	0	-1				1





Lärje -  
UR90 Skyddsytor

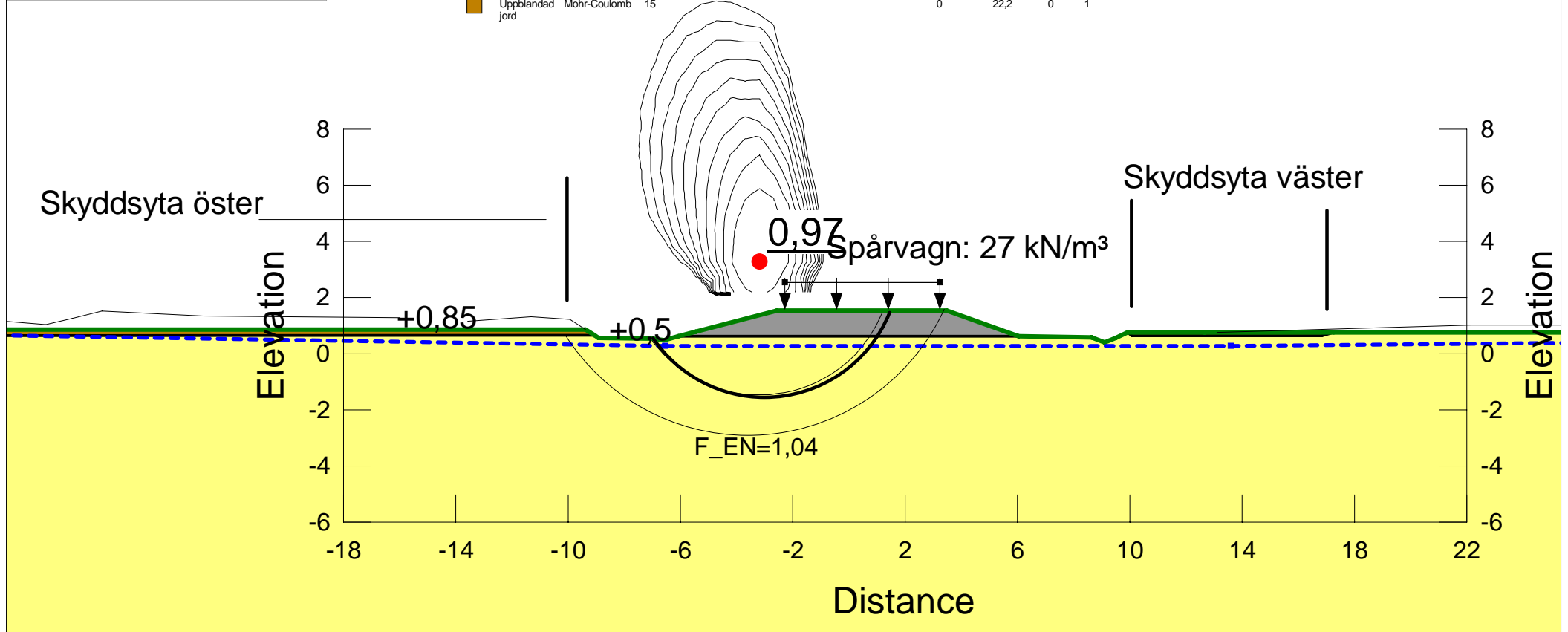
Sektion 5b  
Odränerad analys  
Avschaktning +0,85  
väster - öster från spårväg

Beställare: Trafikverket  
Uppdragsnr Sweco: 30012095  
Analysmetod: Morgenstern-Price  
Glidtytor: Grid and Radius  
Portryck: Piezometric line  
Tension Crack Option: (none)  
Minimum Slip Surface Depth: 1 m  
Datum: 2022-05-31  
Fil senast ändrad av: Tunander, Elin

Räknat i partialkoefficientmetoden

Skala: 1:200 A4

Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C-Maximum (kPa)	Datum (Elevation) (m)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Piezometric Line
■	Bank	Mohr-Coulomb	20					0	28,3	0	1
■	Fyllning	Mohr-Coulomb	19					0	23,9	0	1
■	Le1 odr	S=f(datum)	17	8	0,53	0	-1				1
■	Uppblandad jord	Mohr-Coulomb	15					0	22,2	0	1





Lärje -  
UR90 Skyddsytor

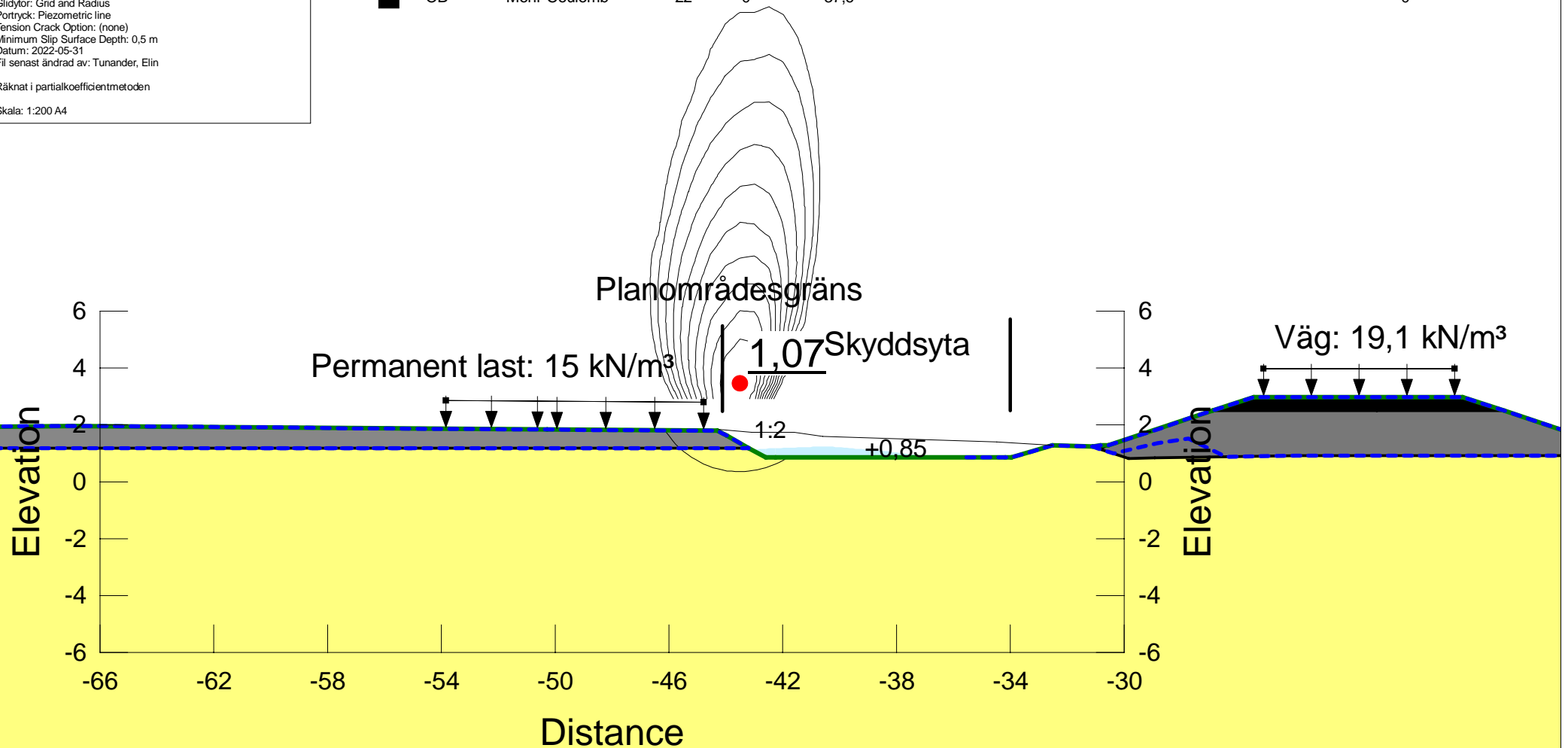
Sektion 6  
Kombinerad analys  
Avschaktat till +0,85  
öster-väster

Beställare: Trafikverket  
Uppdragsnr Sweco: 30012095  
Analysmetod: Morgenstern-Price  
Glidtyr: Grid and Radius  
Portryck: Piezometric line  
Tension Crack Option: (none)  
Minimum Slip Surface Depth: 0,5 m  
Datum: 2022-05-31  
Fil senast ändrad av: Tunander, Elin

Räknat i partialkoefficientmetoden

Skala: 1:200 A4

Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	Cu-Datum (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C/Cu Ratio	Datum (Elevation) (m)	Phi-B (°)	Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m <sup>3</sup> )
■	Bank	Mohr-Coulomb	20	0	28,3							0	
■	Bank väg	Mohr-Coulomb	20	0	37,6							0	20
■	Fyllning	Mohr-Coulomb	19	0	23,9							0	
■	Le1 komb	Combined, S=f(datum)	17		23,9	0,92	0,06	8	0,53	0	-1		
■	ÖB	Mohr-Coulomb	22	0	37,6							0	





Lärje -  
UR90 Skyddsytor

Sektion 9  
Odränerad analys  
Befintliga förhållanden  
öster - väster

Beställare: Trafikverket  
Uppdragsnr Sweco: 30012095  
Analysmetod: Morgenstern-Price  
Glidtyor: Grid and Radius  
Portryck: Piezometric line  
Tension Crack Option: (none)  
Minimum Slip Surface Depth: 1 m  
Datum: 2022-06-13  
Fil senast ändrad av: Tunander, Elin

Räknat i partialkoefficientmetoden

Skala: 1:200 A4

Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C-Maximum (kPa)	Datum (Elevation) (m)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Piezometric Line
Grey	Bank	Mohr-Coulomb	20					0	28,3	0	1
Dark Grey	Fyllning	Mohr-Coulomb	19					0	23,9	0	1
Light Green	Fyllning (deponi)	Mohr-Coulomb	18					0	23,9	0	1
Yellow	Le1 odr	S=f(datum)	17	8	0,53	0	-1				1

