

Centrala Kanalterrassen, Åkersberga

PM Geoteknik



PM Geoteknik

| | | |
|--|---|--|
| Uppdragsnamn Centrala Kanalterrassen, Åkersberga | Uppdragsgivare Reif Konsult AB Österåkers kommun | |
| Vår handläggare Benjamin Charbit | Datum 2023-04-05 | Senast rev. datum 2023-05-16 |

Innehåll

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Uppdrag | 3 |
| | 1.1 Inledning | 3 |
| | 1.2 Ändamål | 3 |
| 2 | Topografi, mark- och geotekniska förhållanden | 4 |
| 3 | Stabilitetsförhållanden | 6 |
| | 3.1 Val av erforderlig säkerhetsfaktor | 7 |
| | 3.2 Beräkningssektioner | 7 |
| | 3.3 Härledda och valda värden | 7 |
| | 3.3.1 Laster | 7 |
| | 3.3.2 Vattenstånd i Åkers kanal | 8 |
| | 3.3.3 Materialparametrar för jord | 9 |
| | 3.4 Resultat | 10 |
| 4 | Bedömning av erosionsrisk | 11 |
| | 4.1 Skrivbordsstudie | 11 |
| | 4.2 Okulärbesiktning/platsbesök | 12 |
| | 4.3 Detaljerad analys erosionsförhållanden | 18 |
| | 4.4 Konsekvenser av klimatförändringar på erosionsförutsättningar | 20 |
| | 4.4.1 Nederbörd | 20 |
| | 4.4.2 Vattenföring | 21 |
| | 4.4.3 Slutsats | 23 |
| 5 | Sammanfattning | 23 |
| 6 | Referenser | 24 |
| 7 | Bilagor | 25 |

1 Uppdrag

1.1 Inledning

Föreliggande PM kompletterar och ersätter delar av Projekterings PM Geoteknik för Centrala Kanalterrassen, framtagen av Bjerking AB och daterad 2019-02-09. Bland annat har hänsyn tagits till synpunkter som har erhållits från Länsstyrelsen Stockholm och Statens Geotekniska Institut (SGI). Nya geotekniska sonderingar har utförts med syfte att motsvara nivå för en fördjupad utredning.

1.2 Ändamål

Syftet med föreliggande PM är att besvara synpunkter som har tillkommit från Länsstyrelse Stockholm och SGI, med fokus på att detaljplanen följer plan- och bygglagen med hänsyn till geotekniska frågeställningar.

Följande text är tagen ur Statens Geotekniska Instituts beskrivning av detaljplan:

”Vid detaljplaneläggning är det plan- och bygglagen (PBL) som styr de krav som ställs på en detaljplan. PBL föreskriver att mark- och vattenområden ska användas för det eller de ändamål för vilka områdena är mest lämpade, PBL 2 kap 2§. Detta innebär att mark som tas i anspråk ska från allmän synpunkt, det vill säga med hänsyn till hälsa och säkerhet samt risken för olyckor, översvämning och erosion, vara lämplig för ändamålet.”

[\(https://www.sgi.se/sv/samhallsplanering--sakerhet/granskning-och-remisser/planarenden/detaljplan/\)](https://www.sgi.se/sv/samhallsplanering--sakerhet/granskning-och-remisser/planarenden/detaljplan/)

Vid detaljplaneläggning ska således följande förutsättningar klargöras:

- Markförhållanden.
- Risk för skred och ras.
- Bergslänters stabilitet och risk för blocknedfall.
- Behovet av restriktioner och/eller säkerhetshöjande åtgärder.
- Erosionsförhållanden och eventuella behov av erosionskyddande åtgärder.
- Åtgärder mot översvämningsrisker, särskilt med hänsyn till klimatförändringen, och geotekniska konsekvenser av dessa.

Kompletterande undersökningar har utförts i planområdets södra del och redovisas i reviderad Markteknisk Undersökningsrapport (MUR) Geoteknik, upprättad av Bjerking AB och daterad 2023-05-16.

Markförhållandena är beskrivna i tidigare PM Geoteknik (Bjerking, 2019-02-09) men för enkelhetens skull beskrivs de även i föreliggande PM, tillsammans med de nya sonderingarna.

Bergslänters stabilitet är inte aktuell här.

Översvämningsrisker har studerats av Structor Miljöbyrå Stockholm AB (2019).

Risk för skred och ras samt bedömning av erosionsförhållandena beskrivs i föreliggande PM.

2 Topografi, mark- och geotekniska förhållanden

Markytans nivå varierar mellan +0,8 och +5,3 i undersökta punkter och utgörs av grönområden, grusad gångväg samt berghällar i östra delen av undersökningsområdet. De högsta uppmätta marknivåerna ligger i östra delen av området, marknivån faller i riktning mot Åkers kanal där de lägsta marknivåerna är uppmätta.

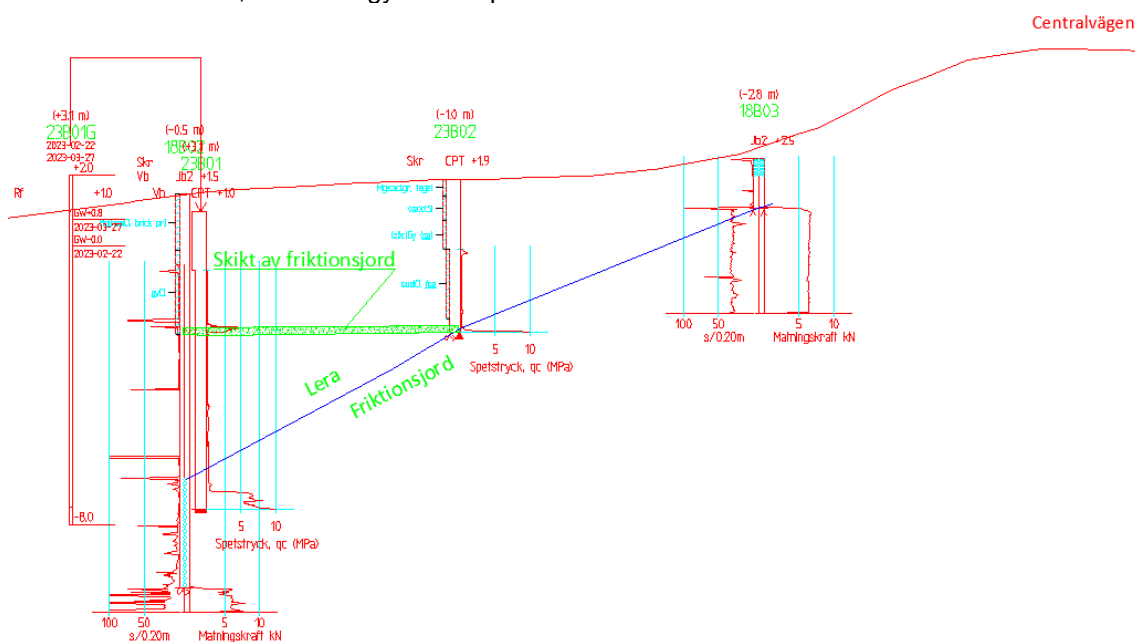
Åkers kanal byggdes mellan 1820 och 1825 och den nuvarande slussen byggdes på 1880-talet. Anledningen var att återskapa den vattenfarled till Östersjön som försvann som en följd av landhöjningen.

Fyllning

Fyllningens sammansättning varierar mellan samtliga provtagningar där den benämns som mullhaltig siltig lera, grusig lerig sand respektive finsandig siltig torrskorpelera och tillhör materialtyp 5B, 4A respektive 5A där tjälfarlighetsklassen är 4, 3 respektive 4. Även fyllning av mestadels sand, silt och grus förekommer och denna tillhör material typ 3B och tjälfarlighetsklass 2.

Lera/kohesionsjord

Lerans karaktär varierar men är företrädesvis gyttjig, i huvudsak ned till 2–3 m djup. I undersökningspunkt 18B01 på djup 7,5 m har skredtecken och sulfidfläckar noterats, skruvprovtagning i tidigare undersökningar av Geoveta AB 2017 uppvisar att leran ställvis är sulfidhaltig. Ett skikt av fastare material (sand och/eller silt) har påträffats i leran i ett flertal borrhöjningar, nämligen M2 (på nivå -3,7), 18B02 (på nivå -2,2), 23B01 (på nivå -2,4), 23B07 (på nivå -3,9) och 23B08 (på nivå +0,6). Det är möjligt att detta skikt är i kontakt med den underliggande friktionsjorden mot fastmark österut (Figur 1). Höga vattentryck kan eventuellt förekomma i skiktet, vilket är ogynnsamt på stabilitetsförhållandena.



Figur 1: Skikt av friktionsjord i leran, eventuellt i kontakt med den underliggande friktionsjorden (Sektion 8).

Skrymdensiteten har uppmätts mellan ca 1,4 t/m³ och 1,8 t/m³. De lägsta värdena motsvarar gyttja och gyttjig lera och de högsta motsvarar sandig siltig varvig lera. Densiteten ökar i huvudsak med djupet.

Lerans vattenkvot w_N varierar mellan ca 34 och 100 %. Leran och gyttjan är mellan- till mycket högplastiska med uppmätta konflytgränser w_L mellan ca 30 och 113 %. Flytgränsen minskar i huvudsak med djupet.

Lerans odränerade skjuvhållfasthet har härletts från CPT-sondering, ving- och fallkonförsök och varierar mellan ca 3 och 20 kPa och benämns därmed extremt låg (0 – 10 kPa) till mycket låg (10 – 20 kPa). De lägsta värdena är dock tveksamma eftersom proverna förmodligen var störda.

Sensitiviteten har mätts genom fallkonförsök mellan ca 15 och 31, dvs. kohesionsjorden klassificeras som mellan- till högsensitiv. Tveksamma värden från störda prover har inte tagits med. Sensitiviteten ökar något med djupet. I några prover har den omrörda skjuvhållfastheten mätts till mindre än 0,36 kPa, vilket är gränsvärdet för att leran ska klassificeras som kvick.

Kvasifytindexet w_N/w_L ökar med djupet från ca 0,65 till ca 2. Enligt tidigare svenska undersökningar av sensitivitet bör kvasifytindexet vara högre än 1,1 för att leran ska vara kvick (SGI Publikation 46, 2018).

Gyttja och lera är mycket tjälfarliga och tillhör tjälfarlighetsklass 3 till 4.

Friktionsjord

Friktionsjorden har inte provtagits inom ramen för föreliggande utredning.

Berg

Bergets överyta har registrerats på nivåer mellan -10,0 och +2,9 vilket motsvarar 1,4 till 11,3 m under befintlig marknivå. De högsta nivåerna av bergets överyta förekommer i områdets östra del och de lägre nivåerna i områdets västra del, detta sammanfaller också i stort med större jorddjup i väst och mindre jorddjup i öst. Direkt öst om Centralvägen kommer berget i dagen.

Stopp i friktionsjord mot berg eller block på nivå -11 (ca 12,5 till 13 m under befintlig mark) har dock erhållits i några punkter i områdets södra del (23B10 och 23B12). Berget ligger alltså möjligtvis ännu djupare.

Berget utgörs enligt SGU:s berggrundskarta av en sur granitoid intrusivbergart.

Grundvatten

Grundvattnets trycknivå har uppmätts i grundvattenrör installerade mellan 2018 och 2023 av Geoveta AB och Bjerking AB. Grundvattennivån har uppmätts mellan ca -0,3 och +1,6. Grundvattnets trycknivå minskar i huvudsak från de höglänta partierna i öst (Centralvägen) mot de lägre partierna i väst (Åkers kanal).

Grundvattnets trycknivå i den underliggande friktionsjorden är ställvis och tidvis artesisk, som mest ca 0,2 m över markytan.

Grundvattennivåerna varierar med årstid och nederbörd och kommer troligtvis stiga under våren. Grundvattenbildningen i området sker sannolikt i höjdparter öst och väst om kanalen där berget och morän går i dagen samt där lerlagret är tunt och uppsprucket.

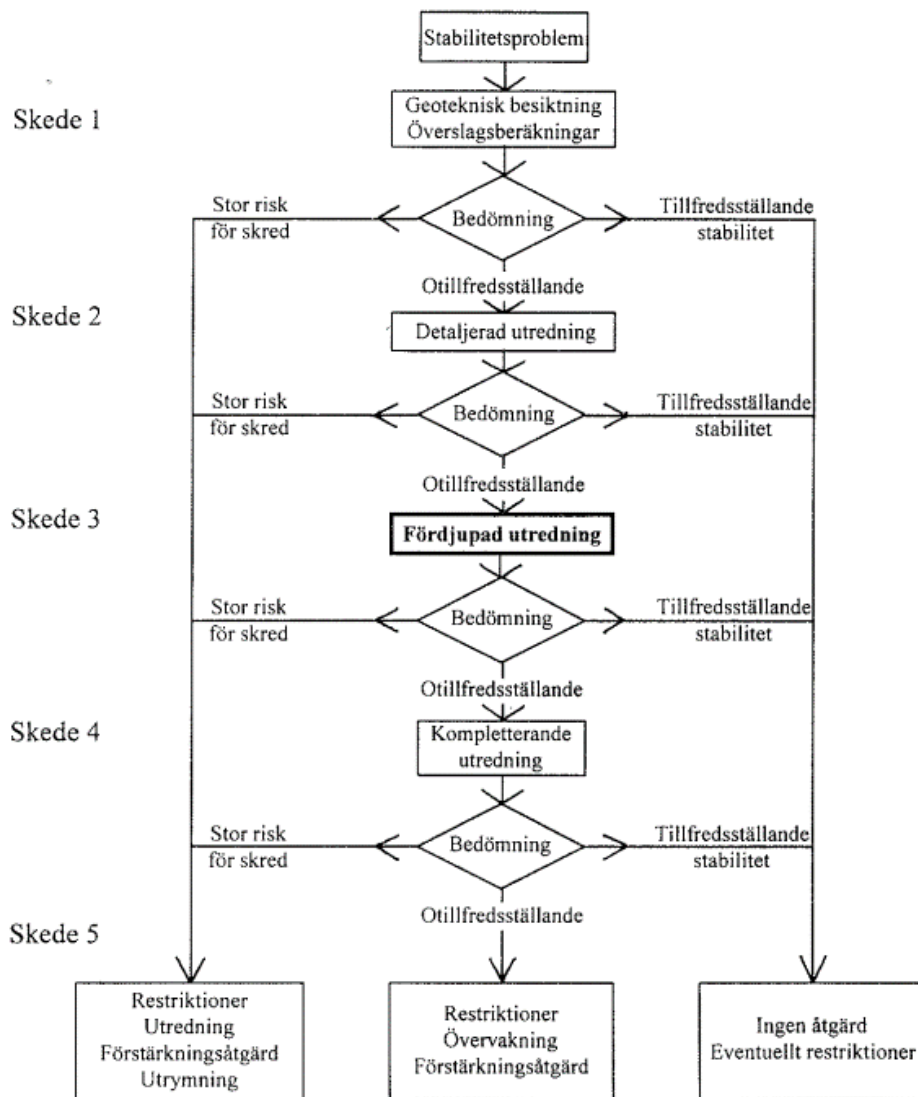
Grundvattennivåerna bedöms även delvis styras av vattenståndet i kanalen, vilken i sin tur motsvarar ungefär havsvattenståndet. Saltsjöns medelvattenstånd för 2022 är +0,081 (se avsnitt 3.3.2).

3 Stabilitetsförhållanden

Utredningen av stabilitetsförhållandena för planläggning har utförts som fördjupad utredning för befintliga förhållanden (Figur 2).

Stabilitetsberäkningarna har utförts enligt Skredkommissionens Rapport 3:95 och IEG Rapport 4:2010 med totalsäkerhetsmetoden, dvs. karakteristiska värden för laster och härledda värden på materialparametrar används.

Stabilitetsberäkningar utförts med GS Stability Version 24.0.6.0 (Trimble, 2022) med beräkningsmetoden Beast 2003.



Figur 2. Arbetsgång vid utredning av en slänts stabilitet (Skredkommissionens Rapport 3:95).

3.1 Val av erforderlig säkerhetsfaktor

Erforderlig säkerhetsfaktor väljs enligt IEG Rapport 4:2010 (Figur 3). Efter bedömning av gynnsamma och ogynnsamma faktorer (såsom konsekvenser av skred, jordens egenskaper, omfattning av undersökningen och ytvattenförhållanden) väljs erforderliga säkerhetsfaktorer:

- $F_c \geq 1,46$
- $F_{komb} \geq 1,36$

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

Figur 3. Val av rekommenderad säkerhetsfaktor (IEG Rapport 4:2010).

3.2 Beräkningssektioner

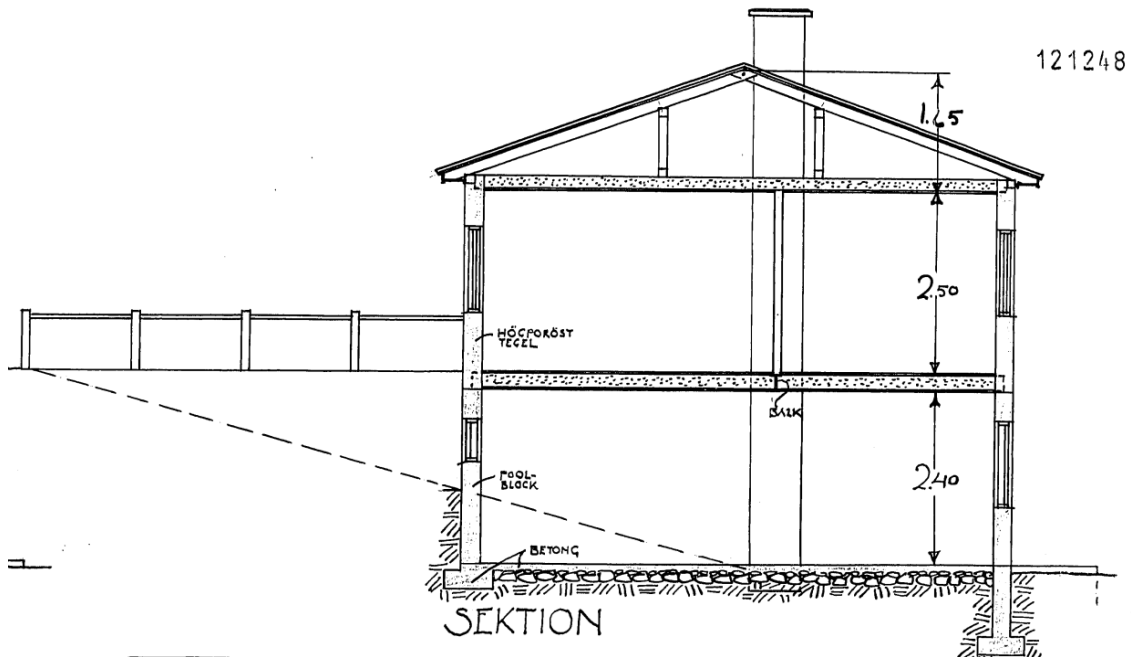
Stabilitetsförhållandena har kontrollerats i sektioner 1, 4, 6, 8, 10, 11 och 13, vilka redovisas på ritningarna G-10-1-001 samt G-10-2-001 till G-10-2-007 tillhörande MUR Geoteknik. Markytan samt kanalbotten i beräkningsmodellen utgörs av en sammanslagning av en bottenskanning av kanalen tillsammans med en topografimodell.

3.3 Härledda och valda värden

3.3.1 Laster

Mellan sektionerna 9 och 10 finns en butiksbyggnad i 2,5 våningar med tillhörande asfalterad parkeringsyta närmare kanalen. Enligt ritningar från Österåkers kommun är huset byggt kring 1937 på en grundplatta av betong på betongsulor 0,4 till 1,2 m under färdig golv (Figur 4).

Ytterligare detaljer om marktryck och grundläggning finns inte. Eftersom huset är gammalt och inte påvisar några sprickor eller sättningsskador är det rimligt att anta att det är grundlagt på fastbotten – möjligtvis efter urgrävning. Det skulle dessutom förklara de olika grundläggningsnivåerna på betongsulorna.



Figur 4: Byggnad inom Berga 11:20.

För parkeringen antas en ytlast på 5 kPa i enlighet med IEG Rapport 4:2010 samt SS-EN 1991-1-1, tabell 6.8.

Den karakteristiska ytlasten för trafik på Centralvägen och Bergavägen antas vara 20 kPa.

Mellan kanalen och Bergavägen finns en gång- och cykelväg (sektioner 11, 12 och 13).

Trafiklasten på GC-vägen antas vara 5 kPa.

Trafiklasterna försummas vid kombinerade analyser.

3.3.2 Vattenstånd i Åkers kanal

Planområdet ligger ca 1200 till 1500 m norr om Åkers kanals mynning i Tunafjärden, dvs. Saltsjön. Vattenståndet i kanalen har mätts med GPS vid enstaka tillfällen och motsvarar som förväntat havsvattenståndet. Därför används Saltsjöns vattenstånd för vattenståndet i kanalen. Extremvattenstånd för Saltsjön har bestämts utifrån SMHI:s mätningar i mätstation 2069 Stockholm – Skeppsholmen.

Medelvattenståndet i Saltsjön sjunker över tid relativt fixa landpunkter på grund av landhöjningen – 0,545 cm/år i Österåker (SMHI, 2023). Havsnivåhöjningen påverkar havsnivån i motsatt riktning. Effekten av havsnivåhöjningen är än så länge mindre än landhöjningen, vilket innebär att havsmedelvattenståndet fortfarande ser ut att sjunka, dock långsammare än förut. Medelvattenståndet för 2022 är +0,081 i höjdsystem RH2000.

För odränerade analyser ska det dimensionerande vattenståndet i Åkers kanal vara det lägsta vattenståndet med återkomsttid 50 år, LLW₅₀. Det lägsta vattenståndet med återkomsttid 50 år beräknas med extremvärdesanalys till LLW₅₀ = -0,6 i höjdsystem RH2000.

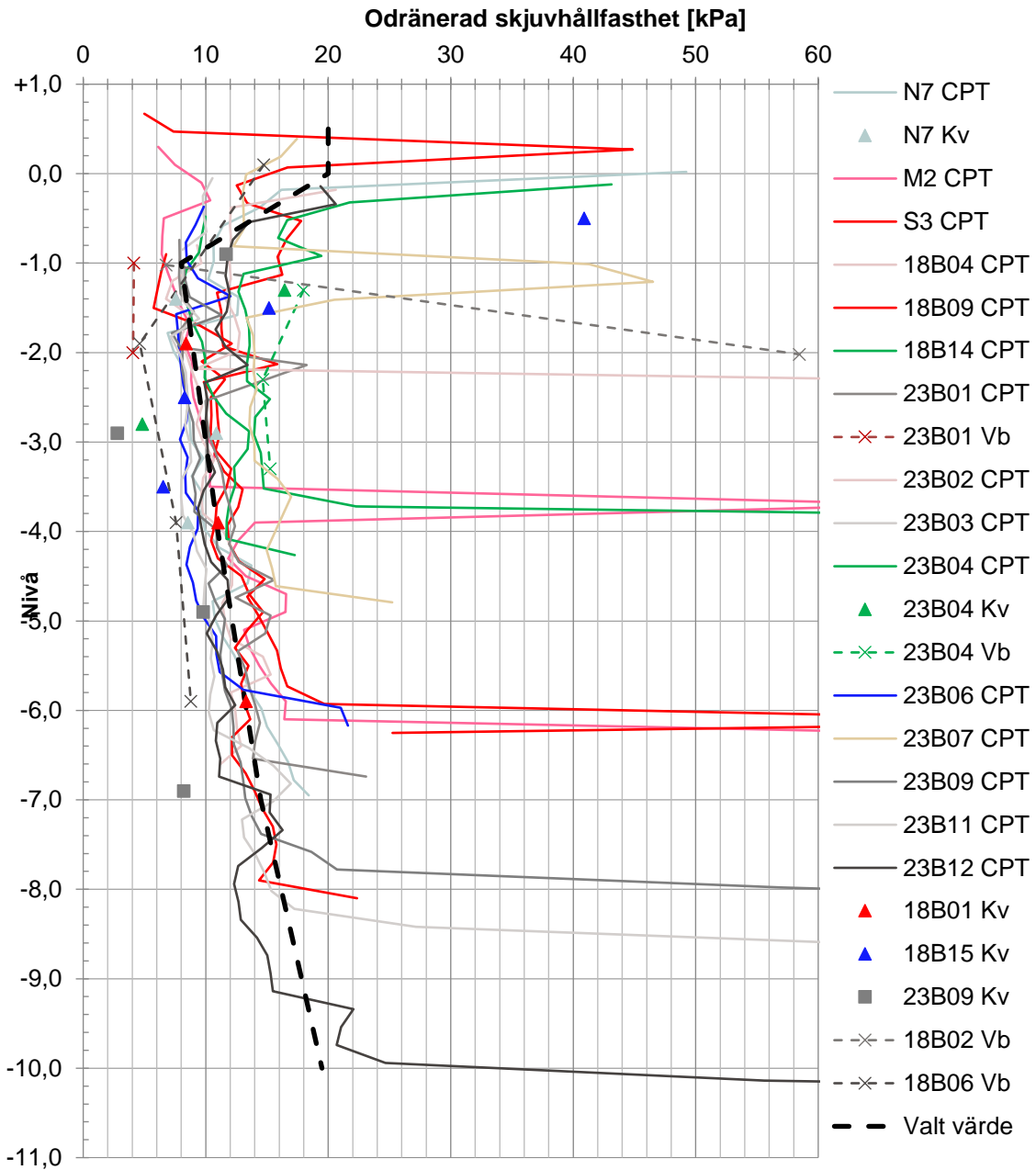
För kombinerade analyser ska MLW (medelvärde av varje års uppmätta lägsta vattenstånd) användas. MLW i Saltsjön beräknas till -0,36 i höjdsystem RH2000.

3.3.3 Materialparametrar för jord

Valda värden redovisas i Tabell 1.

Tabell 1. Härledda värden för jord.

| <u>Materialparameter</u> | <u>Jordlager</u> | <u>Valt värde</u> |
|--|---|------------------------|
| Odränerad skjuvhållfasthet \bar{c}_u | Befintlig fyllning av torrskorpelera med inblandning av friktionsjord | 40 kPa |
| Friktionsvinkel $\bar{\phi}'$ | | 30° |
| Effektiv kohesion c' | | $0,1 * \bar{c}_u$ |
| Tunghet γ över GVY | | 17 kN/m ³ |
| Effektiv tunghet γ' under GVY | | 7 kN/m ³ |
| Odränerad skjuvhållfasthet \bar{c}_u | Gyttig lera | Enligt Figur 5 |
| Friktionsvinkel $\bar{\phi}'$ | | 30° |
| Effektiv kohesion c' | | $0,1 * \bar{c}_u$ |
| Tunghet γ över GVY | | 15,5 kN/m ³ |
| Effektiv tunghet γ' under GVY | | 5,5 kN/m ³ |
| Odränerad skjuvhållfasthet \bar{c}_u | Lera | Enligt Figur 5 |
| Friktionsvinkel $\bar{\phi}'$ | | 30° |
| Effektiv kohesion c' | | $0,1 * \bar{c}_u$ |
| Tunghet γ över GVY | | 17 kN/m ³ |
| Effektiv tunghet γ' under GVY | | 7 kN/m ³ |
| Friktionsvinkel $\bar{\phi}'$ | Naturligt packad friktionsjord av morän | 37° |
| Tunghet γ över GVY | | 20 N/m ³ |
| Effektiv tunghet γ' under GVY | | 12 kN/m ³ |
| Friktionsvinkel $\bar{\phi}'$ | Packad fyllning av sprängsten | 45° |
| Tunghet γ över GVY | | 18 N/m ³ |
| Effektiv tunghet γ' under GVY | | 11 kN/m ³ |



Figur 5: Sammanställning av odränerad skjuvhållfasthet och valt värde.

3.4 Resultat

Resultat från stabilitetsberäkningar redovisas i Tabell 2 (otillfredsställande säkerhetsfaktorer redovisas i fet stil).

Tabell 2: Beräknade säkerhetsfaktorer mot skred.

| Sektion | Odränerad analys F_c | Kombinerad analys F_{komb} |
|---------|---|---|
| 1 | 1,46 | 1,35 |
| 4 | 1,64 | 1,26 |
| 6 | 1,88 | 1,83 |
| 8 | 1,47 | 1,44 |
| 10 | 1,11 (glidyta från parkering) | 1,09 (glidyta från parkering) |
| 11 | 1,63 (glidyta från boulebana) | 1,58 (glidyta från boulebana) |
| | 1,39 (lång cirkulär glidyta från Centralvägen) | 1,47 (lång cirkulär glidyta från GC-väg) |
| | 1,27 (lång plan glidyta från Centralvägen) | 1,33 (lång plan glidyta från Centralvägen) |
| 13 | 1,51 (glidyta närmast kanalkanten) | 1,16 (glidyta närmast kanalkanten) |
| | 1,32 (lång cirkulär glidyta från Bergavägen) | 1,66 (lång cirkulär glidyta från Bergavägen) |

Stabiliteten är således inte tillfredsställande i alla sektioner. Totalsäkerheten är lägst i sektion 10, med både $F_c < 1,2$ och $F_{komb} < 1,1$, vilket är gränsvärdena för akut skredfara (SGI, 2023). Detta beror på ytlasten på parkeringen. Om lasten tas bort blir $F_c = 1,21$ och $F_{komb} = 1,19$. Dessa värden är fortfarande för låga, dock råder det inte akut skredfara.

Husdelarna och kvartermark mot kanalen föreslås förläggas på påldäck, som pålas till fast mark. Konstruktionerna ger då inga tillskottslaster.

Promenadstråket som planeras förläggas utanför påldäck för kvartermark och husen ska grundläggas så att totalstabiliteten blir tillfredsställande efter åtgärder. Det kan exempelvis vara grundläggning på påldäck, eller avlastning av marken och återfyllning med lättare material kring stråket. Lösningen med avlastning och lättfyllning ska dimensioneras för att motverka upplyft, samtidigt som de lägsta grundläggningsnivåerna med hänsyn till översvämning ska respekteras.

Totalstabiliteten under ett eventuellt påldäck mot kanalen måste vara tillfredsställande, vilket innebär att en avlastning av marken under påldäcket krävs.

4 Bedömning av erosionsrisk

En översiktlig utredning av erosionsförhållandena utförs enligt SGI:s vägledning (2020).

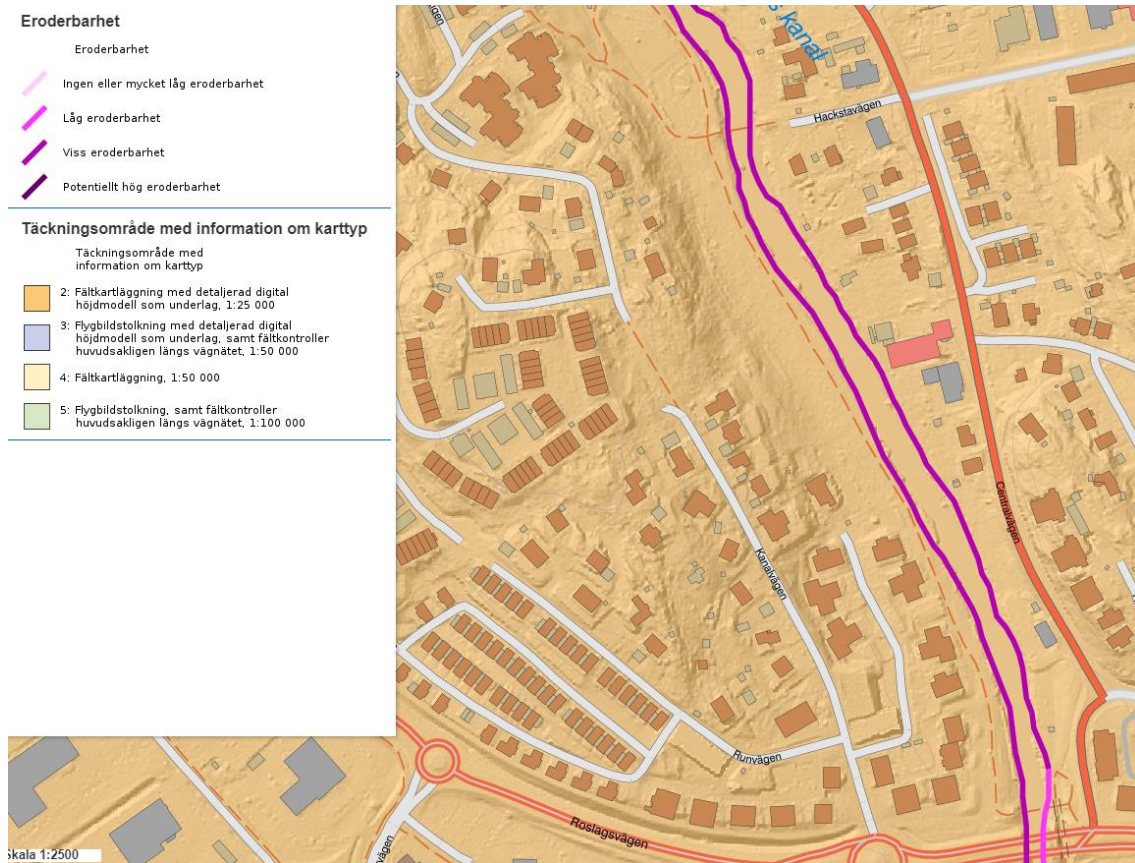
4.1 Skrivbordsstudie

SGU:s kartvisare redovisar stränders eroderbarhet (Figur 6). Enligt denna har kanalkanterna en viss eroderbarhet. Karteringen är dock endast baserad på förekommande jordarter. Faktorer som vattnets strömningshastighet, vågpåverkan och morfologi, vilka är avgörande för de faktiska erosionsförhållandena, beaktas ej.

I MKB för Kanalterrassen (Ekologigruppen, 2022) står det om erosion:

”Stränderna i området har enligt SGU:s kartering viss eroderbarhet. Vid ett fältbesök är det tydligt att strandkanterna längs kanalen på flera platser är eroderade, det syns bland annat genom att trädens rotsystem blottas vid strandkanterna. Erosionen orsakas förmodligen av både svall från båttrafik och av det strömmande vattnet. De träd som växer längs vattnet fyller

en viktig funktion för att stabilisera marken i strandkanten och motverkar erosion. Det finns också vad som ser ut att vara hemmagjorda erosionsskydd i trä på några platser i strandkanten.”



Figur 6: Stränders eroderbarhet (SGU:s kartvisare).

4.2 Okulärbesiktning/platsbesök

En okulärbesiktning gjordes 2022-10-26 med syfte att kartlägga eventuella synliga tecken på pågående erosion, eventuella erosionsskydd och deras tillstånd samt förekomst av träd och vegetation längs strandkanten.

Vegetationen utmed strandkanten utgörs av diverse träd (såsom björk, lönn, pil, al) och vass, Figur 7 till Figur 11.

Ställvis utmed kanalen finns träkonstruktioner (små bryggor och kajer) i ganska dåligt skick (Figur 12 och Figur 13).

Tecken på erosion syns i form av blottade rötter, överhäng, bortforslat material och lutande träd. Även is kan erodera strandkanterna (Figur 14).



Figur 7: Vass.



Figur 8: Lutande al med tecken på erosion (bortforslat material).



Figur 9: Lutande hägg med fyllningsmaterial (stenar, tegelrester, betongrör) i förgrunden.



Figur 10: Överhäng under en al.



Figur 11: Synliga rötter.



Figur 12: Träkaj.



Figur 13: Träkonstruktion.



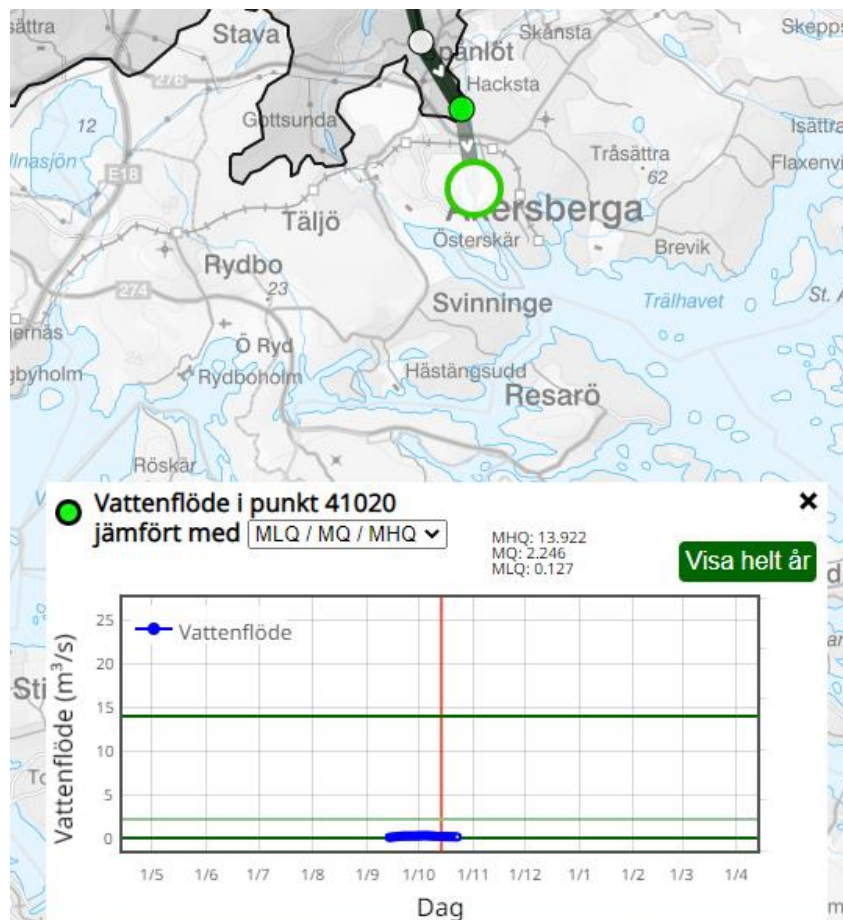
Figur 14: Isflak utmed strandkanten (bild tagen 2023-02-14).

4.3 Detaljerad analys erosionsförhållanden

En mer detaljerad analys utgår från högsta vattenföringen och medelvattenhastigheten i kanalen. Enligt Skredkommissionens rapport 3:95 beräknas medelhastigheten som $v = Q/A$, där Q är högsta vattenföring och A är vattendragets area.

Enligt utförd skanning av kanalbotten är arean i medelsnitt ca 50 m².

I Vattenwebb redovisas vattenflöden i Åkers kanal (Figur 15). Den högsta flöden under perioden 1991 – 2021 är 23 m³/s.



Figur 15: Vattenflöde i Åkers kanal (SMHI, [Vattenwebb](#)).

Högsta flöden med olika återkomsttid redovisas dessutom av SMHI i andra rapporter (Figur 16).

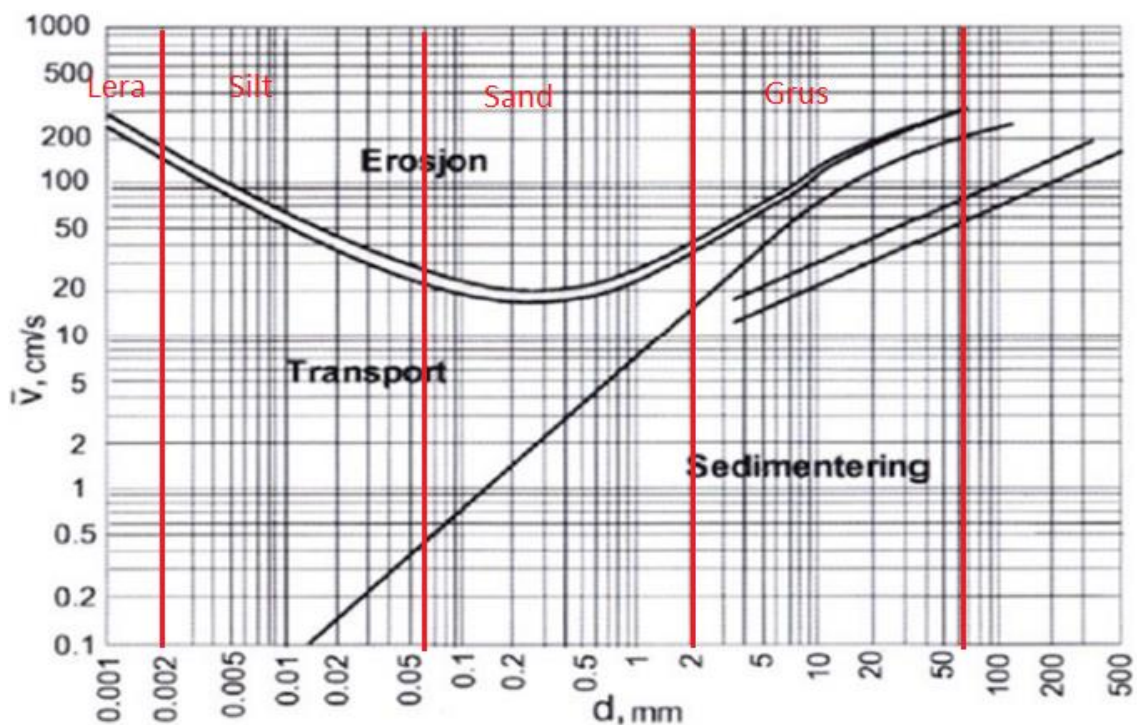
| Flödesfall | Vattenföring i Åkers kanal ¹ (m ³ /s) |
|-------------------|---|
| HQ ₁₀₀ | 38 |
| HQ ₅₀ | 35 |
| MHQ | 18 |
| MQ | 2,8 |

Figur 16: Flöden i Åkers kanal (SMHI, 2015a).

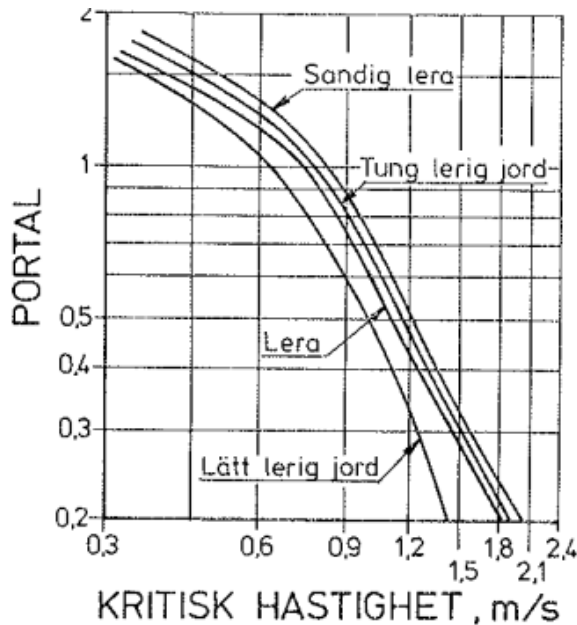
Medelhastigheten kan då beräknas för de olika flödena:

- HQ₁₀₀ = 38 m³/s: v = 0,76 m/s.
- HQ₅₀ = 35 m³/s: v = 0,7 m/s.
- MHQ = 18 m³/s: v = 0,36 m/s.
- MQ = 2,8 m³/s: v = 0,056 m/s.

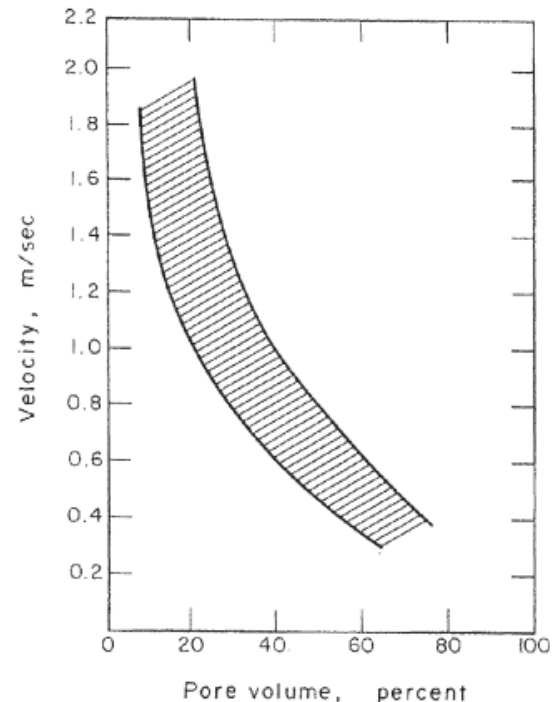
Bedömning av erosionsrisk kan göras med hjälp av Hjulströms diagram (Figur 17), men den är mer lämpad för jordarter grövre än lera. För kohesionsjord kan man använda andra diagram (Figur 18 och Figur 19). Dessa redovisar kritisk hastighet som funktion av portal, alternativt porositet (det är egentligen samma diagram).



Figur 17: Hjulströms diagram, hämtad från SGI Varia 592.



Figur 18: Diagram för bedömning av erosionsrisk i kohesionsjord (hämtad från Skredkommissionens rapport 3:95).



Figur 19: Kritisk vattenhastighet för erosion som funktion av porvolymen (hämtad från SGI Varia 592, 2008).

Leras portal varierar mellan ca 0,9 och 2,3. Alternativt används porositeten, som varierar motsvarande mellan ca 0,47 och 0,7. Detta ger en kritisk hastighet mellan ca 0,3 och 0,8 m/s. Med 3 m vattendjup ökas värdena med 25 %, dvs. den kritiska hastigheten är ca 0,4 till 1 m/s.

Som noteras av SGI/SMHI (2011) är det framför allt vattenföringar som förekommer under längre tider som orsakar erosion men även extrema flöden kan orsaka skador.

Beräkningsmässigt bedöms det alltså föreligga en viss erosionsrisk vid flöden högre än medelhögvattenföring MHQ.

SMHI (2015a) redovisar hur vattennivån i kanalen vid Roslagsvägen (ca 150 m söder om planområdet) varierar beroende på vattenföring i Åkers kanal och det aktuella vattenståndet i Tunafjärden (dvs. Saltsjön). Vattennivån varierar mellan ca +0,1 (vid medelvattenföring och medelvattenstånd) och +1,5 (vid högvattenföring och högvattenstånd med 100 års återkomsttid). Vid höga vattennivåer i kanalen översvämmas marken 10 – 15 m från kanten, vilket innebär att en större del av området exponeras för erosion.

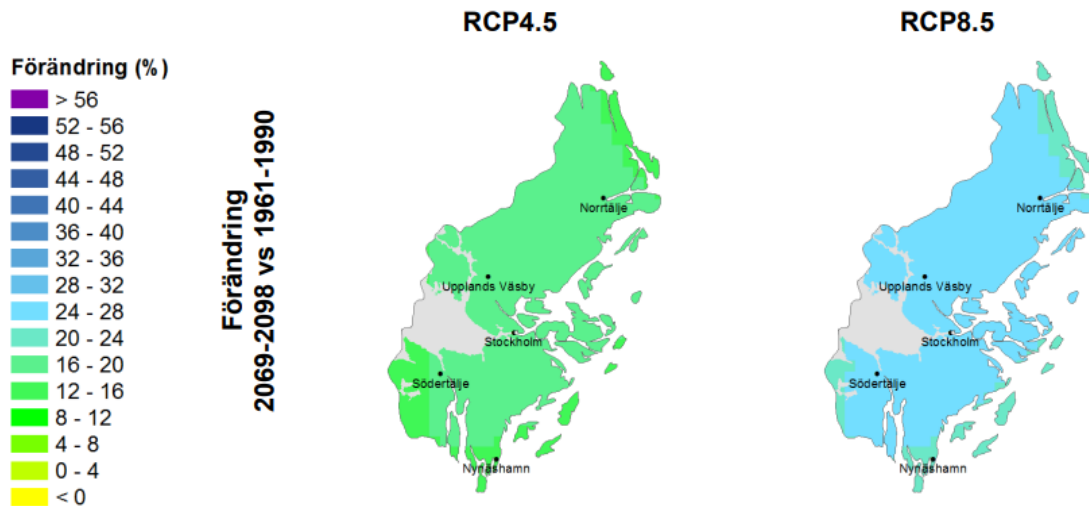
4.4 Konsekvenser av klimatförändringar på erosionsförutsättningar

Ändringar i nederbörd och flöden orsakade av klimatförändringar kommer att påverka erosionsförutsättningar.

4.4.1 Nederbörd

SMHI redovisar i en rapport (SMHI, 2015b) förväntade ändringar i klimatet i Stockholms län baserat på observationer och beräkningar utifrån två olika utsläppsscenarier – RCP4,5 och RCP8,5.

Årsmedelnederbörden ökar med 20 – 30 % (Figur 20). I och med ett varmare klimat kommer nederbörd som regn i stället för snö att bli allt vanligare vintertid. Nederbörden väntas öka mest under vinter och vår, upp till 40 %. Den kraftiga nederbörden ökar också, maximal dygnsnederbörd kan öka med 20 – 30 % och 1-timmesnederbörden upp till 30 %.

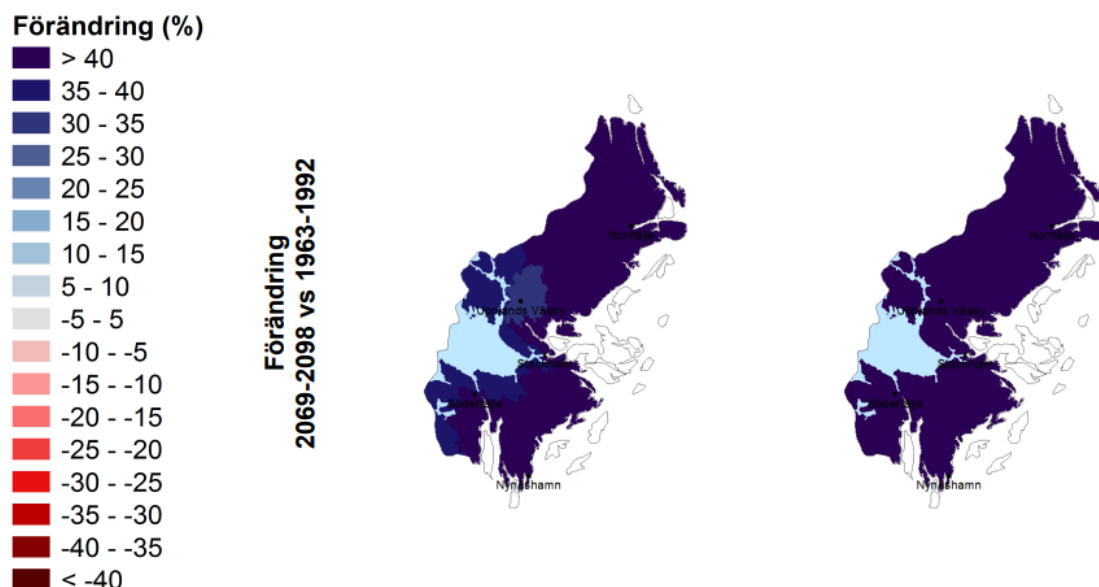


Figur 20: Förändring i årsmedelnederbörd (SMHI, 2015b).

4.4.2 Vattenföring

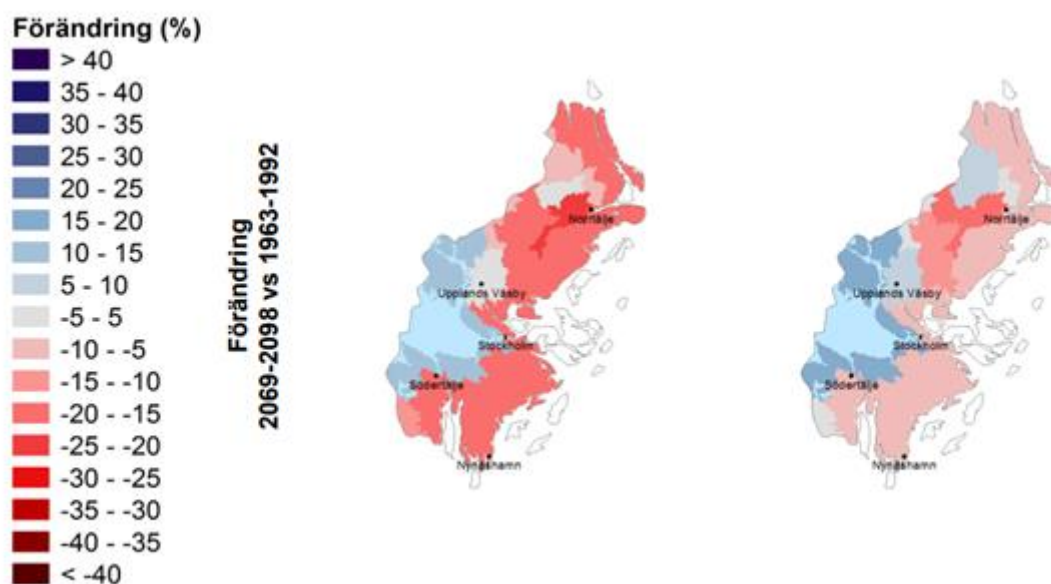
Framtidsberäkningarna av den totala årsmedeltillrinningen visar att det väntas en ökning till mitten av seklet, därefter minskar tillrinningen för att nå samma nivå som under referensperioden (1961 – 1990).

Den största förändringen av totala tillrinningen sker för vinterperioden (Figur 21) eftersom nederbörden väntas öka och vintrarna blir mildare. Mildare vintrar innebär att en större andel av nederbörden faller som regn i stället för snö och direkt bildar tillrinning till vattendragen. Mot mitten av seklet ses en generell ökning över länet men med variationer. Ökningen fortsätter mot slutet av seklet. För vår och sommar ses minskad tillrinning för vattendragen.



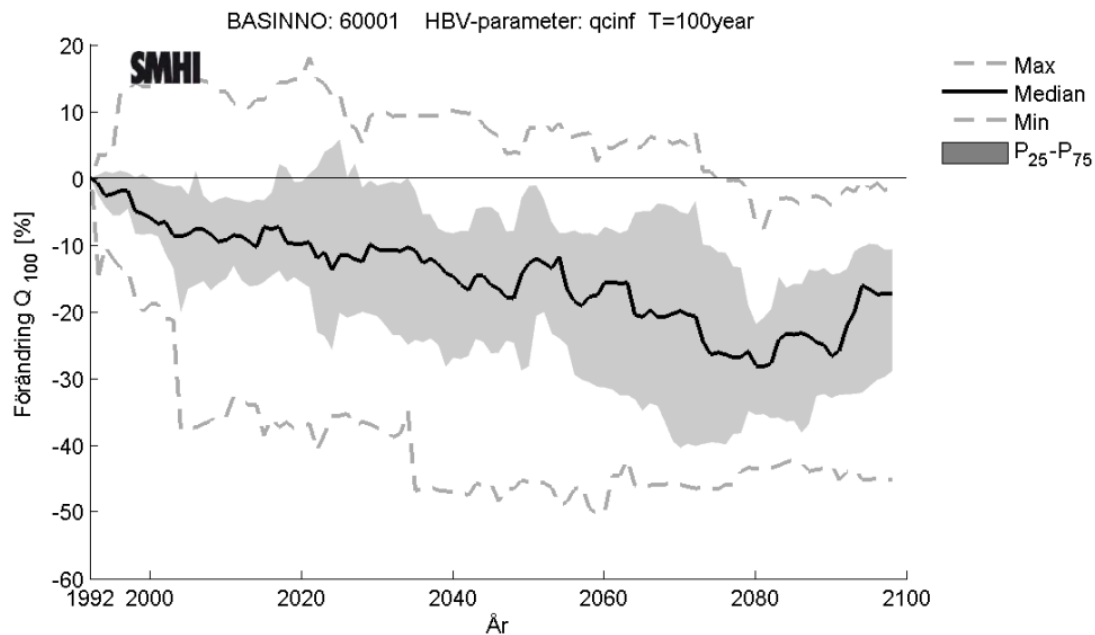
Figur 21: Förändring i lokal medeltillrinning under vintern (SMHI, 2015b).

Rapporten redovisar minskande 100-årstillrinning för de östra delarna av länet (Figur 22).



Figur 22: Förändringar i dygnsmedeltillrinning med återkomsttid 100 år (SMHI, 2015b).

Åkers kanal studeras inte i SMHI:s rapport (2015b), dock redovisar SMHI (2013) beräknade ändringar i höga flöden (högvattenflöden med lång återkomsttid). Vattenföring med återkomsttid 100 år förväntas minska med 10 – 30% mot 2100 (Figur 23).



Figur 23: Beräknad förändring av vattenföring med återkomsttid 100 år för Åkers Kanal (SMHI, 2013).

En liknande slutsats presenteras av SGI/SMHI (2011):

”Klimatscenerierna fram till 2100 visar att 100-årstillrinningen kommer att vara oförändrad eller minska med upp till 20 %. Säsongsvis syns en tydlig ökning vintertid och en klar minskning under vår och sommar för samtliga studerade områden. Sammantaget innebär detta att erosionen lokalt kan öka i slänter vid vattendrag vid kraftiga flöden i de delar av länet där geologiska förutsättningar finns redan idag för erosion.”

4.4.3 Slutsats

Kraftigare och långvarigare regn kan orsaka ökade flöden i kanalen, vilket ökar erosionsrisken. Även en ökad avbördning genom slussen uppströms kan bidra till ökade flöden nedströms i kanalen inom planområdet.

Lämpliga åtgärder mot erosion ska tas fram när området exploateras. Detta görs med fördel när promenadstråket detaljprojekteras. Exempel på erosionskydd finns norr om Hackstabron, ca 300 m norr om planområdet. Skydden utgörs där av strandmattor i kombination med strandskoning av sten och block. Mattorna består av en stomme av sammanvävd kokosfiber på vilken växer olika strand- och vattenväxter.

5 Sammanfattning

Geotekniska förhållanden

Jordlagerföljden i planområdet mellan Centralvägen och Åkers kanal består huvudsakligen av fyllning som underlagras av lera med mycket låg odränerad skjuvhållfasthet på friktionsjord på berg. Jordlagrens mäktighet ökar mot kanalen. Grundvattnets trycknivå är tidvis och ställvis artesisisk.

Stabilitet – Risk för skred och ras

Stabilitetsförhållandena med hänsyn till skredrisk är inte tillfredsställande i dagsläget i områdets södra del (sektioner 9 till 13).

Nybyggnation som detaljplan innebär (hus, park och gångstråk) måste grundläggas och anläggas på ett sätt som:

- inte försämrar stabiliteten där denna idag är tillfredsställande,
- medför en förbättring av stabilitetsförhållandena motsvarande krav för nybyggnation där det idag föreligger risk för skred.

Exempel på lämpliga åtgärder är grundläggning på påldäck samt användning av lättfyllning.

Erosionsförhållanden

En viss erosion pågår utmed kanalen. Risk för erosion förväntas öka i framtiden på grund av kraftigare och långvarigare nederbörd samt ökade flöden i kanalen.

6 Referenser

Ekologigruppen, 2022-02-23. Miljökonsekvensbeskrivning för Kanalterrassen, Österåker.

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

SGI, 2008. Varia 592 – Erosion och sedimenttransport i vattendrag.

SGI/SMHI, 2011. Riskområden för skred, ras, erosion och översvämning i Stockholms län – för dagens och framtidens klimat.

SGI, 2018. Metodik för kartläggning av kvicklera, Vägledning, SGI Publikation 46.

SGI, 2020-12-07. Vägledning för erosionsutredning i vattendrag. Förstudie.

SGI, 2023. Utredning av släntstabilitet, Utgåva 1, SGI Vägledning 8.

Skredkommissionen, 1995. Rapport 3:95 – Anvisningar för släntstabilitetsutredningar.

SMHI, 2013. Dimensionerande flöden och vattennivåer vid Sockenvägen över Åkers Kanal.

SMHI, 2015a. Dimensionerande vattennivåer i Tunafjärden och i nedre delen av Åkers Kanal.

SMHI, 2015b. Framtidsklimat i Stockholms län – enligt RCP-scenarier.

SMHI, 2023. Framtida medelvattenstånd (<https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnyaer/framtida-medelvattenstand-1.165493>)

SS-EN 1991-1-1:2002. Eurokod 1: Laster på bärverk – Del 1-1: Allmänna laster – Tunghet, egentyngd, nyttig last för byggnader.

Structor Miljöbyrå Stockholm AB, 2019-11-15. Klimatanpassning Åkers kanal – steg 2.

7 Bilagor

1. Stabilitetsberäkningar (20 sidor).

Bjerking AB

Benjamin Charbit
010-211 85 36
benjamin.charbit@bjerking.se

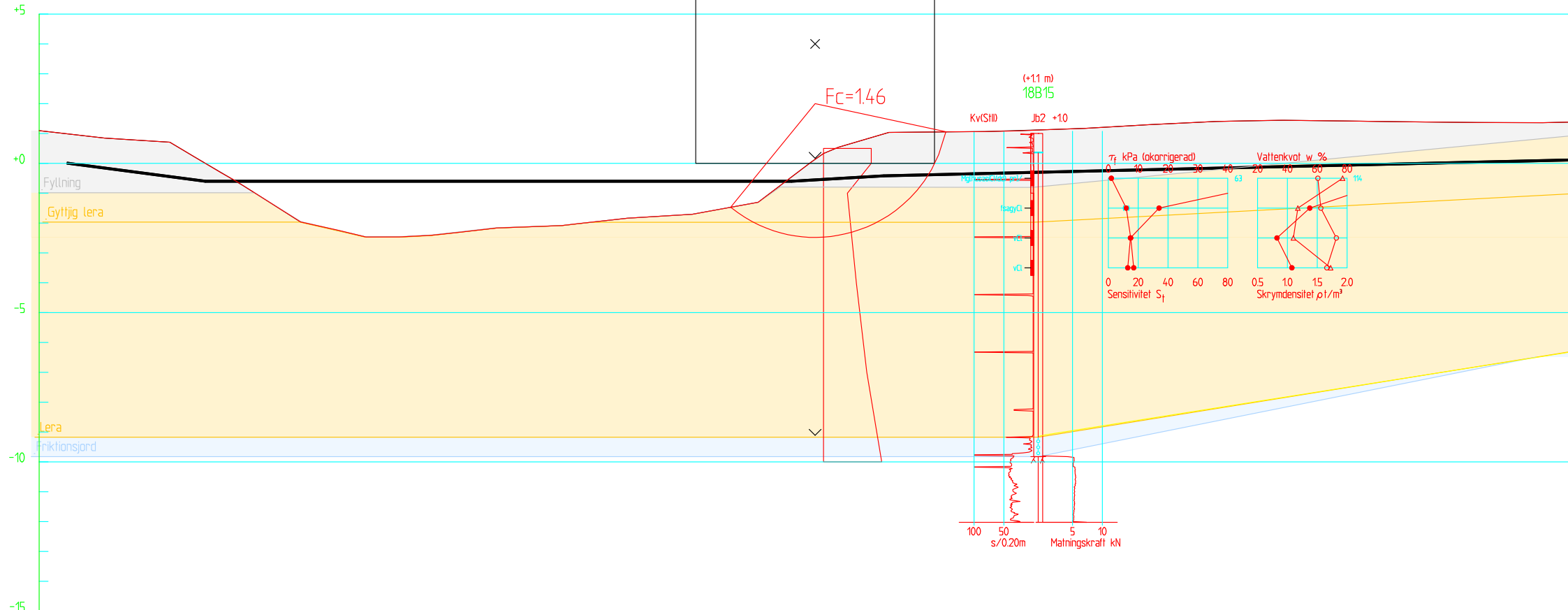
Granskad av

Jens Torsteinsrud

Search area (tangent)

Centrale kanalterrassen
Sektion 1
Odränerad analys

| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|---------------|-----------|------------|------|-----|--------|------|------|------|
| Fyllning | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 4.0 | | | | |
| Gyttig lera | 15.50 | 5.50 | | | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Lera | 17.00 | 7.00 | | | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Friktionsjord | 20.00 | 12.00 | 37.0 | 0.0 | | | | |

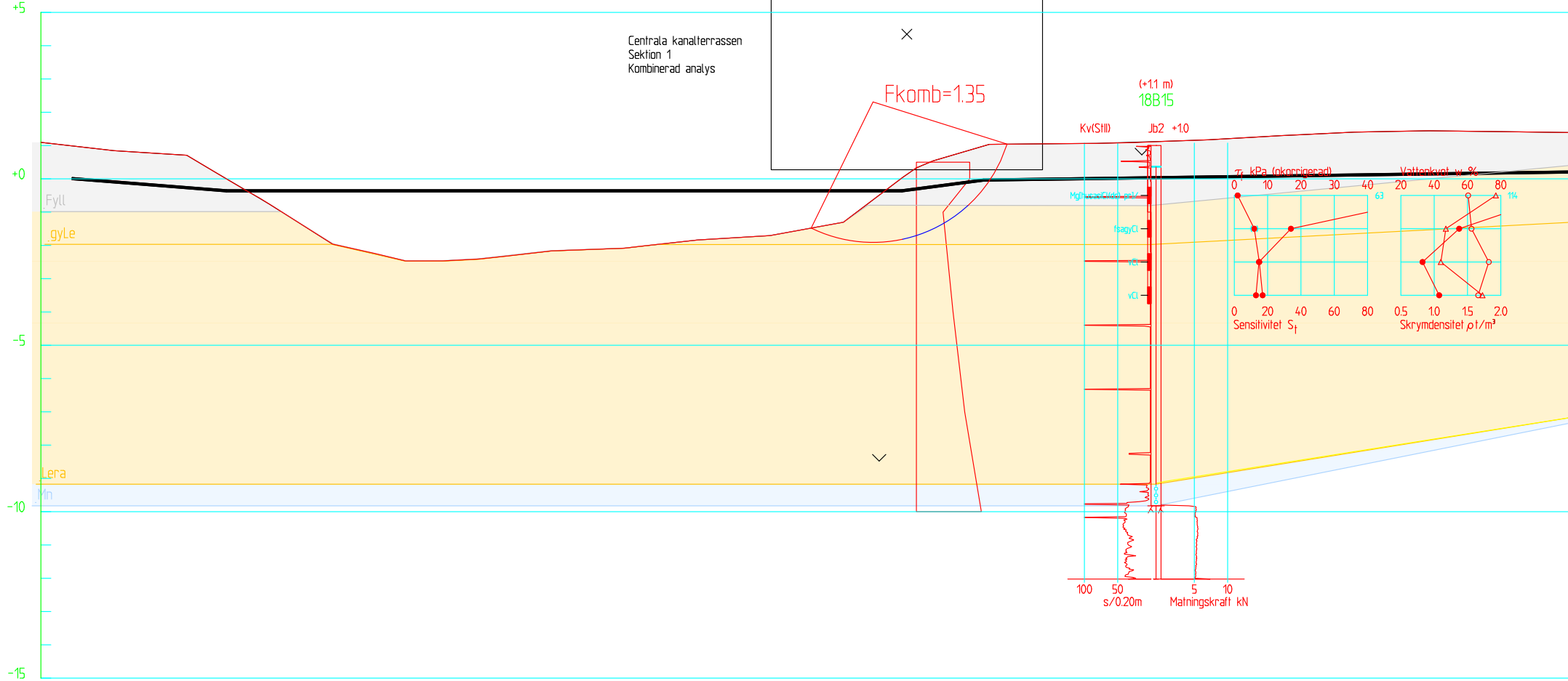


SEKTION 1-1

1: 100

Search area (tangent)

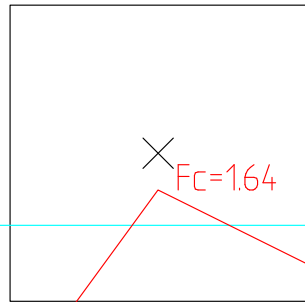
| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|----------|-----------|------------|------|-----|--------|------|------|------|
| Fyll | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 4.0 | 40.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| gyle | 15.50 | 5.50 | 30.0 | 10% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Lera | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 10% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Mn | 20.00 | 12.00 | 37.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |



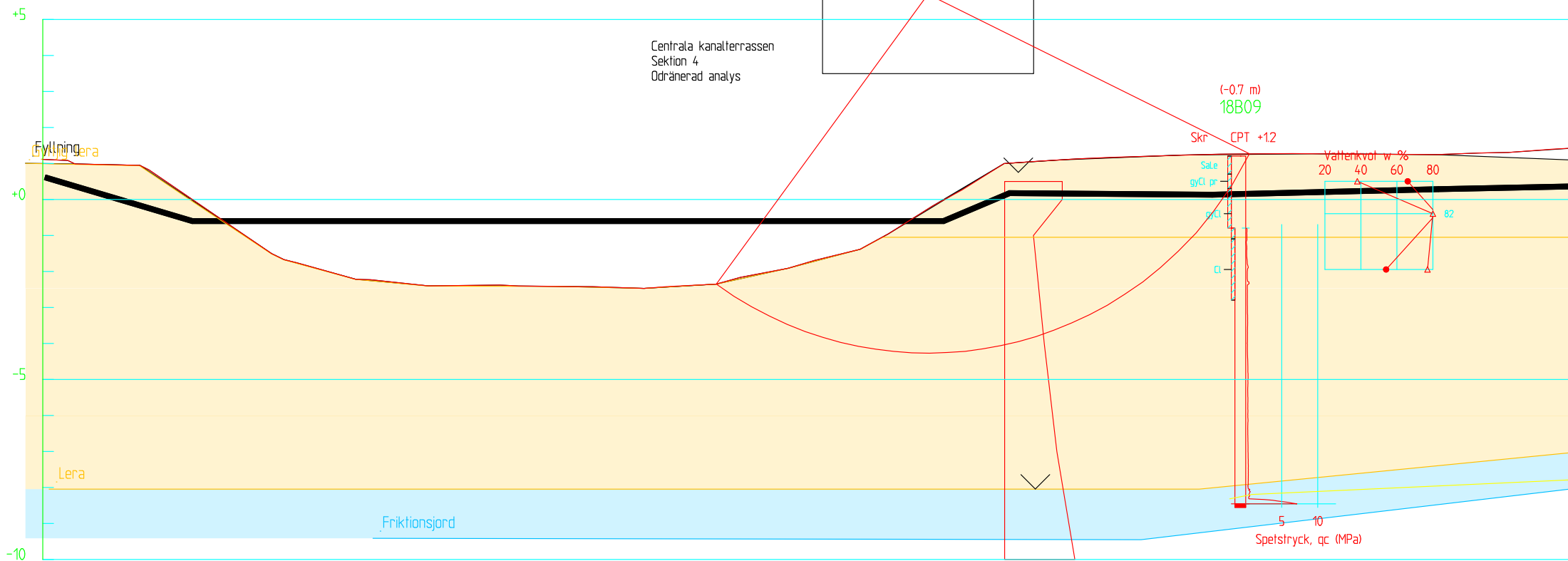
SEKTION 1-1

1:100

Search area (tangent)



| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|---------------|-----------|------------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| Fyllning | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 4.0 | | | | |
| Gyttig lera | 15.50 | 5.50 | | | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Lera | 17.00 | 7.00 | | | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Friktionsjord | 20.00 | 12.00 | 37.0 | 2.0 | | | | |



Centrala kanalterrassen
Sektion 4
Odränerad analys

Fyllning

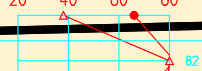
Lera

Friktionsjord

(-0.7 m)
18B09

Skr CPT +12

Vattenkvot w %

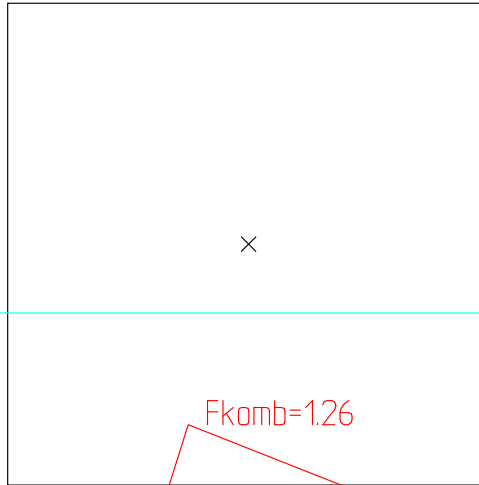


Spelstryck, qc (MPa)

SEKSION 4-4

1: 100

Search area (tangent)



| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C` | C | Aa | Ad | Ap |
|---------------|-----------|------------|------|-----|--------|------|------|------|
| Fyllning | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 4.0 | 40.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Gyttig lera | 15.50 | 5.50 | 30.0 | 10% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Lera | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 10% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Friktionsjord | 20.00 | 12.00 | 37.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Centrala kanalterrassen
Sektion 4
Kombinerad analys

Fkomb=1.26

(-0.7 m)
18B09

Skr CPT +12

Sale
gyCl pr
gyCl
Cl

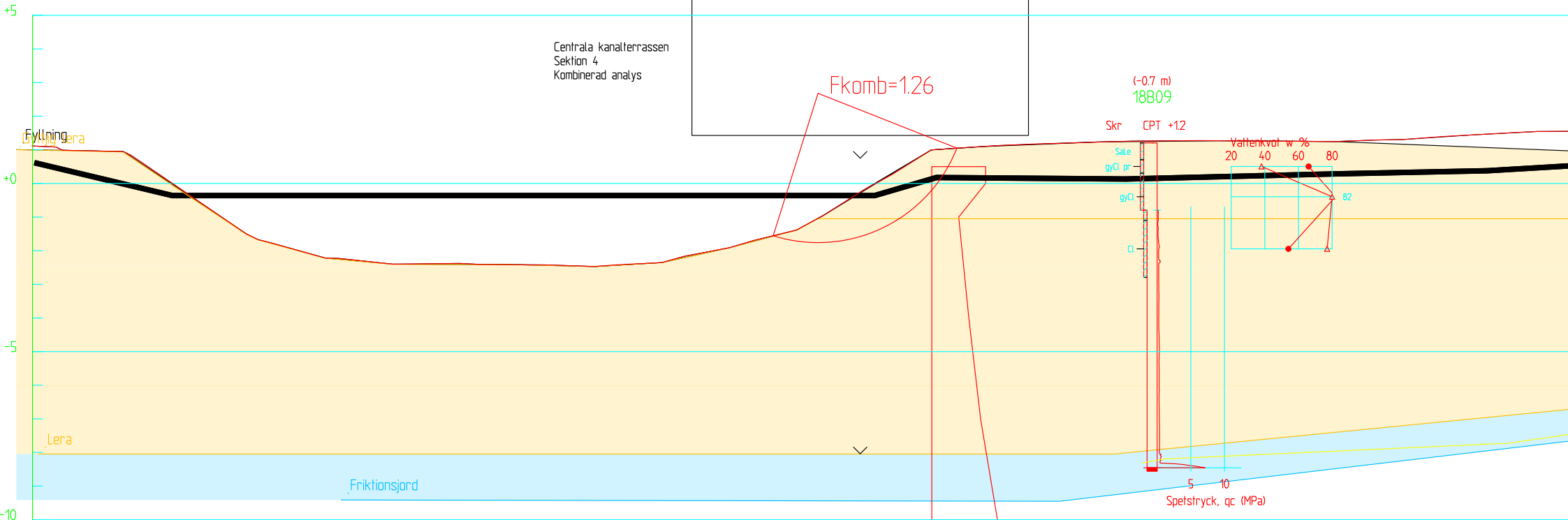
Vattenkvot w %

20 40 60 80

B2

Spetsstryck, qc (MPa)

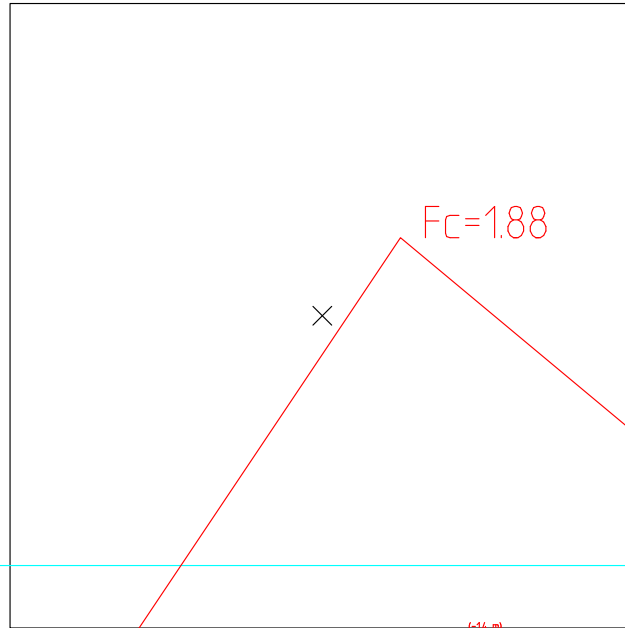
5 10



SEKTION 4-4

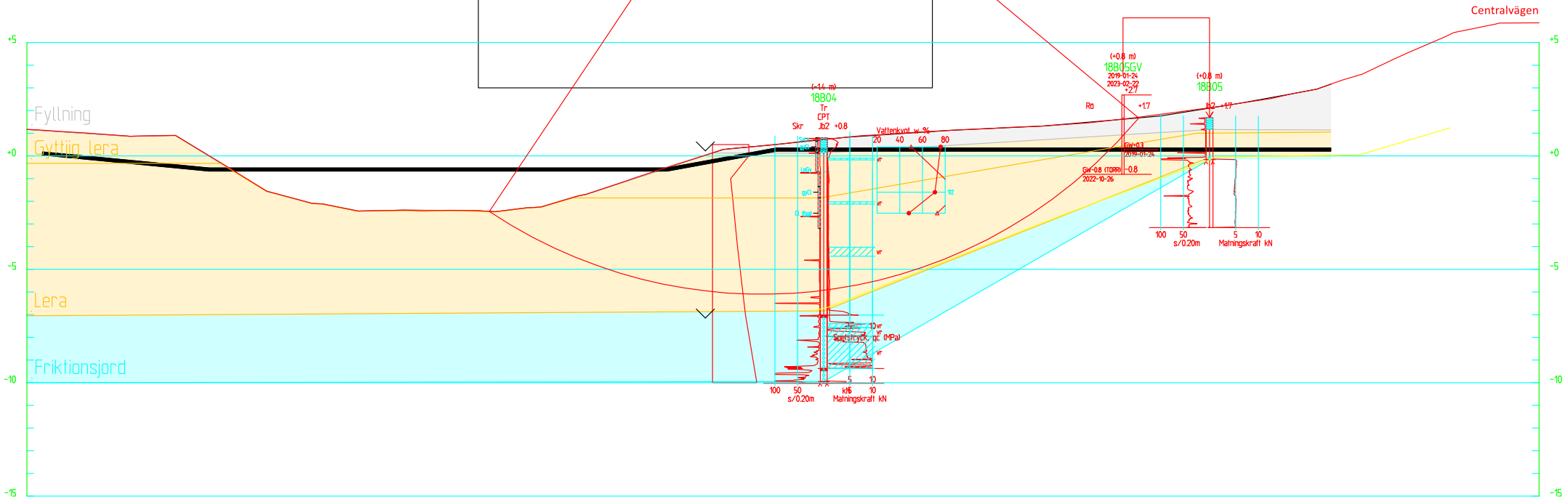
1: 100

Search area (tangent)



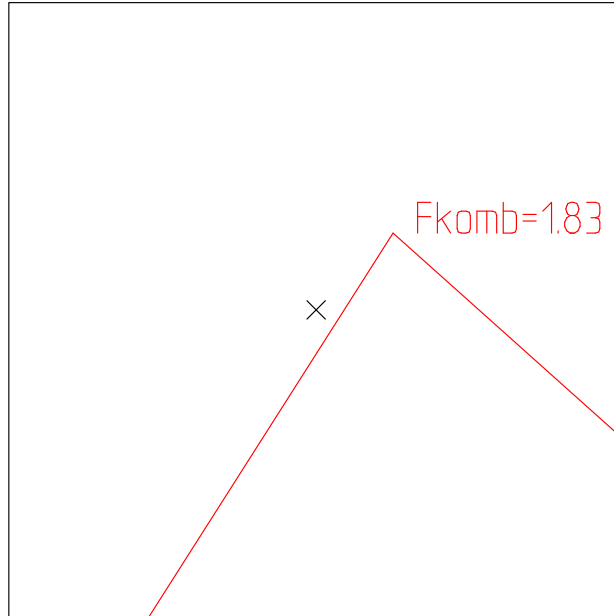
Centrala kanalterrassen
Sektion 6
Odränerad analys

| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|---------------|-----------|------------|------|-----|--------|------|------|------|
| Fyllning | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 4.0 | | | | |
| Gyttig lera | 15.50 | 5.50 | | | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Lera | 17.00 | 7.00 | | | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Friktingsjord | 20.00 | 12.00 | 37.0 | 0.0 | | | | |



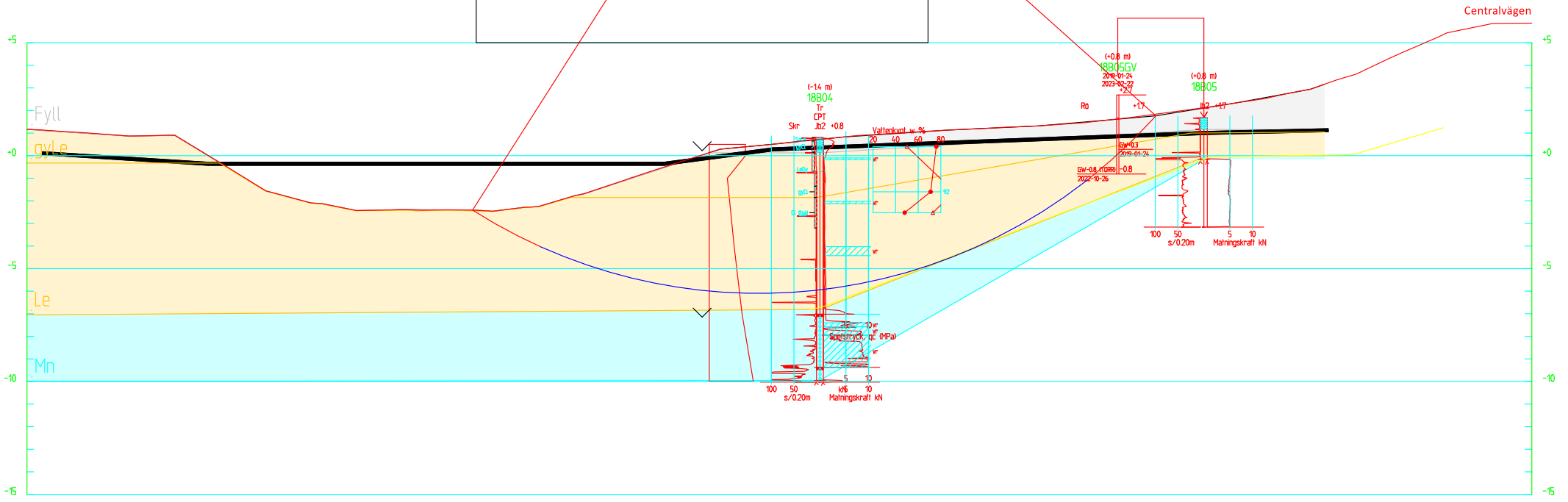
SEKTION 6-6
1:100

Search area (tangent)



Centrala kanalterrassen
Sektion 6
Kombinerad analys

| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|----------|-----------|------------|------|-----|--------|------|------|------|
| Fyll | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 4.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| gyLe | 15.50 | 5.50 | 30.0 | 10% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Le | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 10% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Mn | 20.00 | 12.00 | 37.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |



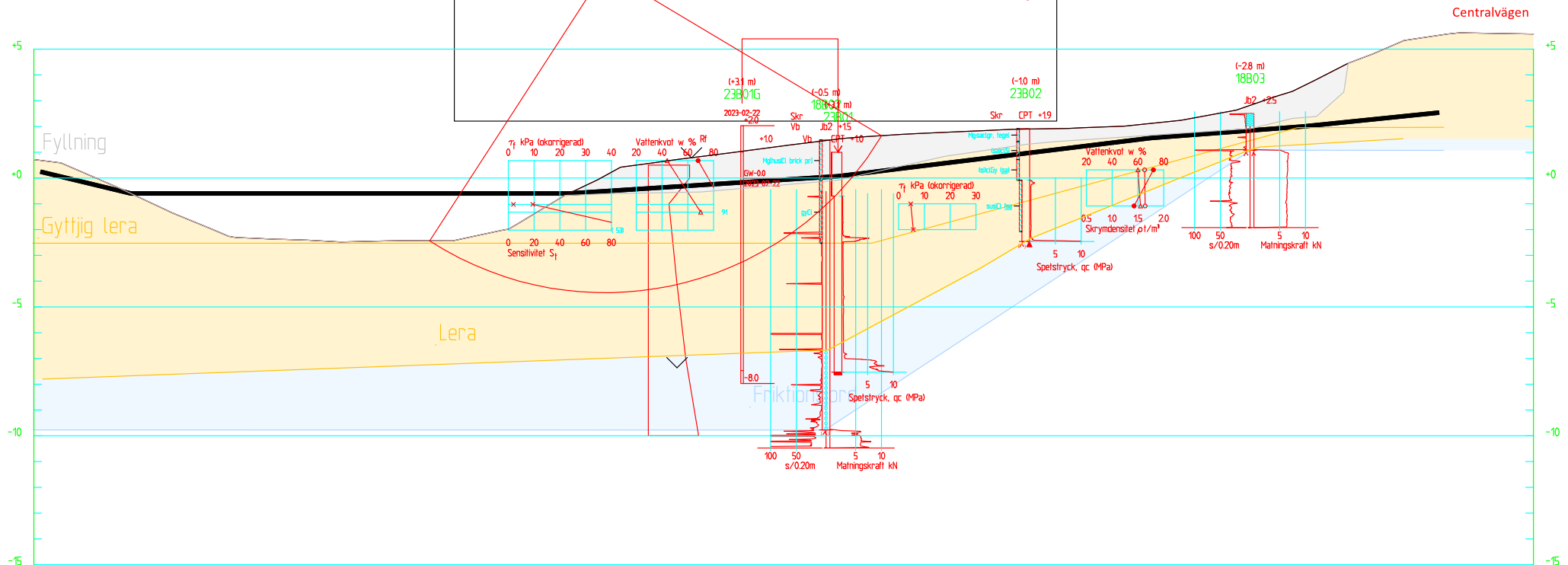
SEKTION 6-6
1:100

Centrala kanalterrassen
Sektion 8
Odränerad analys



| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|---------------|-----------|------------|------|-----|--------|------|------|------|
| Fyllning | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 4.0 | | | | |
| Gyttig lera | 15.50 | 5.50 | | | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Lera | 17.00 | 7.00 | | | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Friktionsjord | 18.00 | 8.00 | 37.0 | 0.0 | | | | |

$F_c = 1.47$

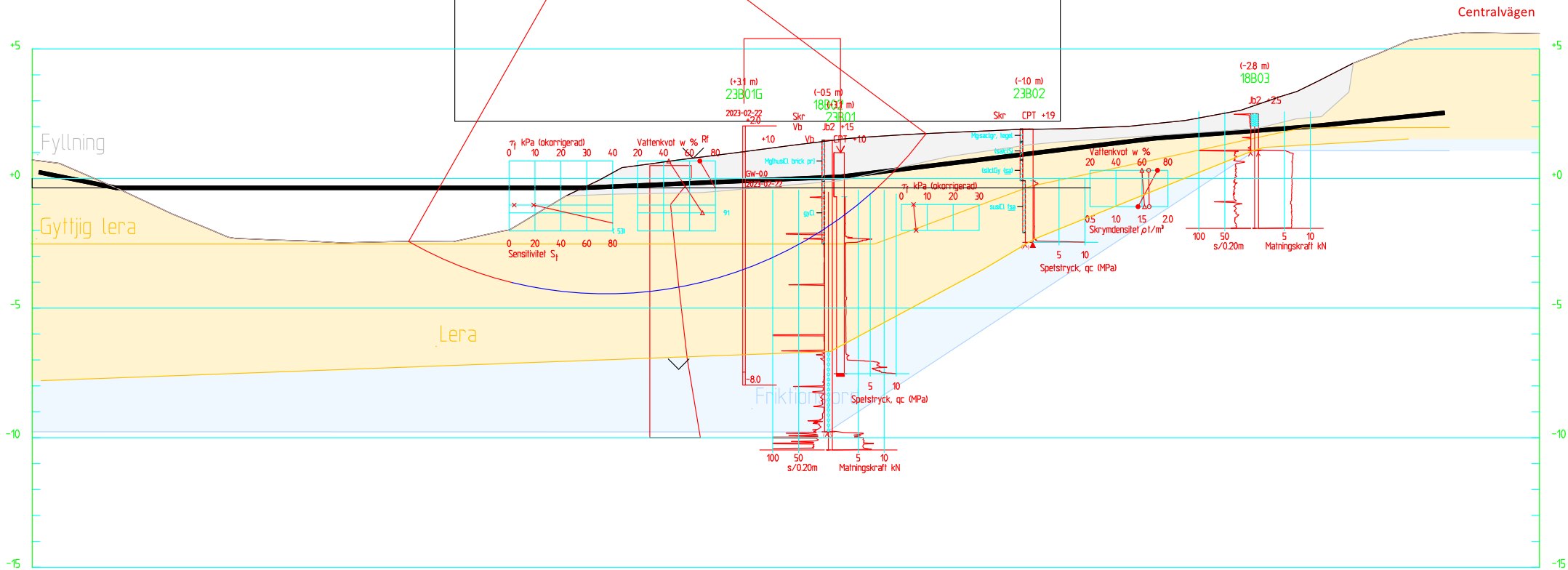


SEKTION 8-8
1:100

Centrala kanalterrassen
Sektion 8
Kombinerad analys

Fkomb=1.44

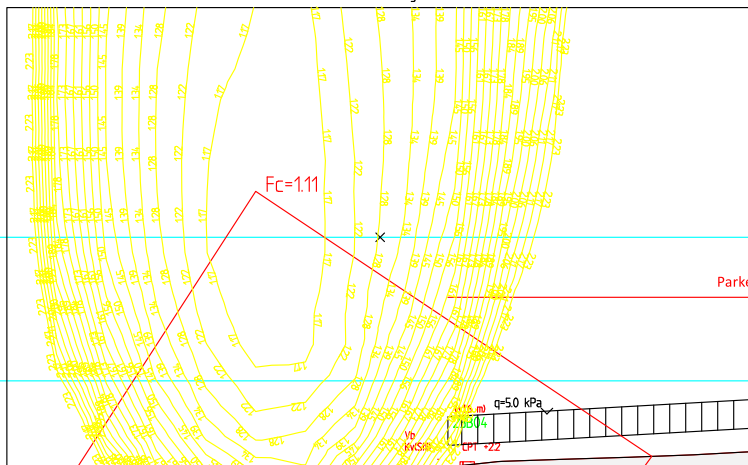
| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|---------------|-----------|------------|------|-----|--------|------|------|------|
| Fyllning | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 4.0 | 40.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Gyttig lera | 15.50 | 5.50 | 30.0 | 10% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Lera | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 10% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Friktionsjord | 18.00 | 8.00 | 37.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |



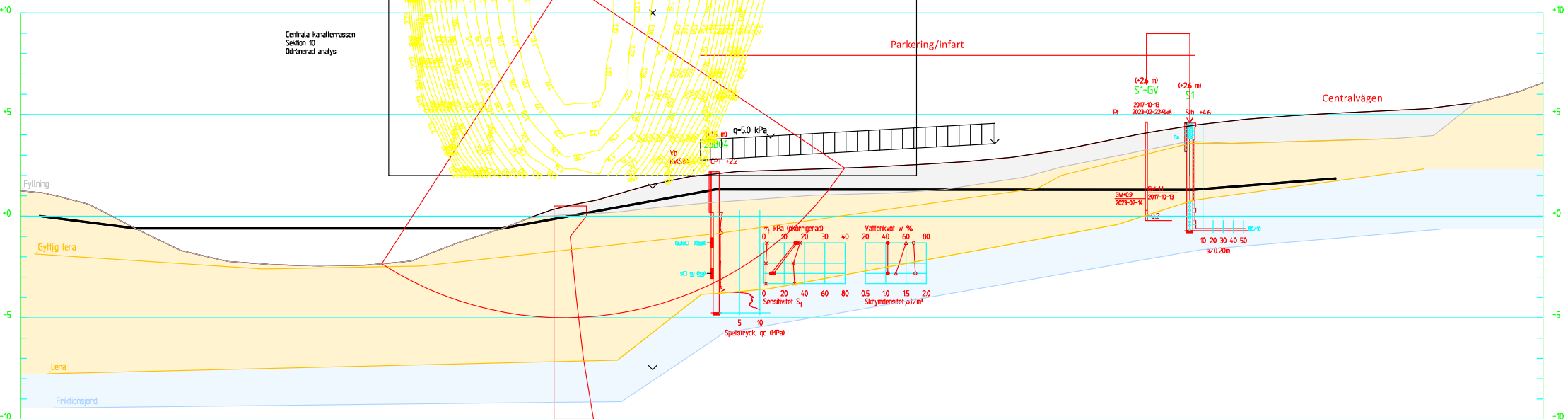
SEKTION 8-8

1:100

Search area (tangent)



| Material | Un.Weigh | Sub.Weigh | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|---------------|----------|-----------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| Fyllning | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 4.0 | | | | |
| Gyllig lera | 15.50 | 5.50 | | | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Lera | 17.00 | 7.00 | | | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Friktionsjord | 20.00 | 12.00 | 37.0 | 0.0 | | | | |



Centrala kanalterrassen
Sektion 10
Dränerad analys

Parkering/infart

12.2 m
q=50 kPa

Centralvägen

Fyllning

Gyllig lera

Lera

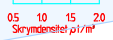
Friktionsjord

12.2 m
q=50 kPa

Spektstryck, σ_c (MPa)



Vattenkvot w %
Skrymmandet p1/m³



12.2 m
q=50 kPa

S1-GV

S1

2017-10-13

2023-02-22

Sh +4.6

2017-10-13

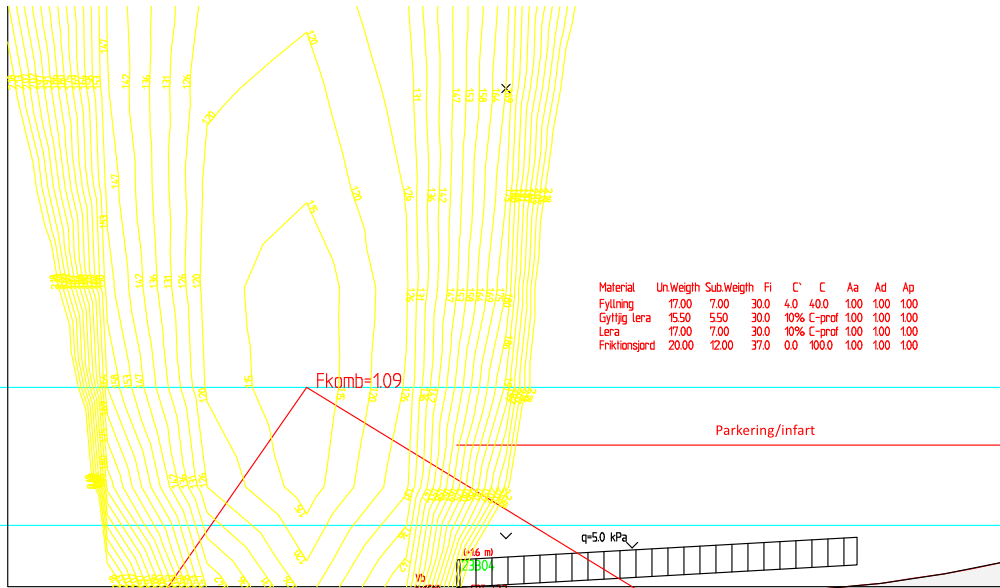
2023-02-14

0.2

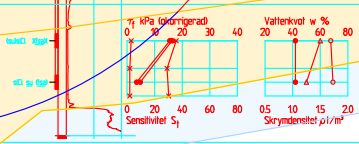
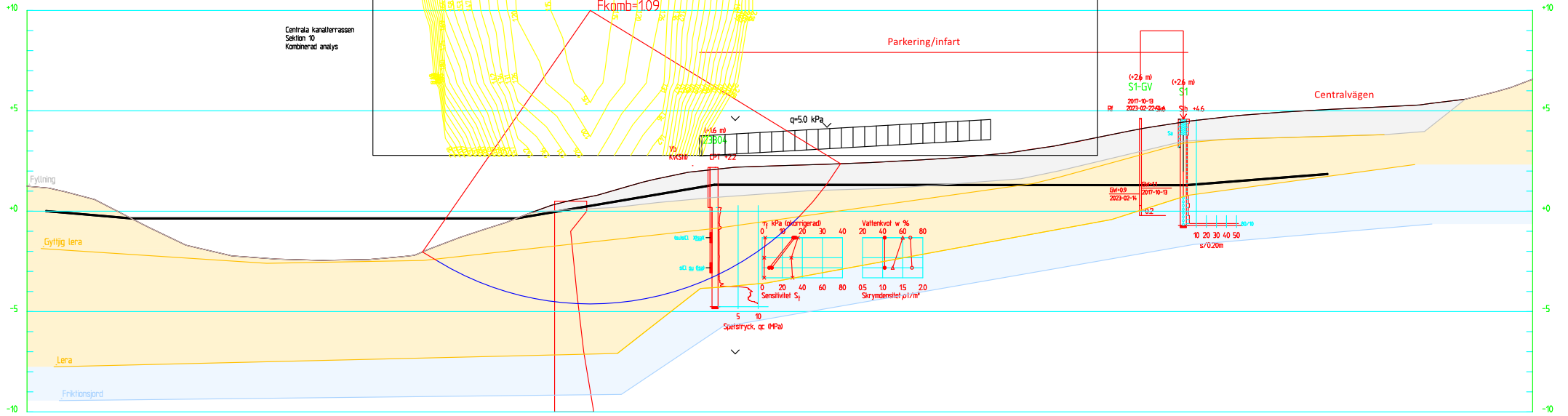
10 20 30 40 50

s/0.20m

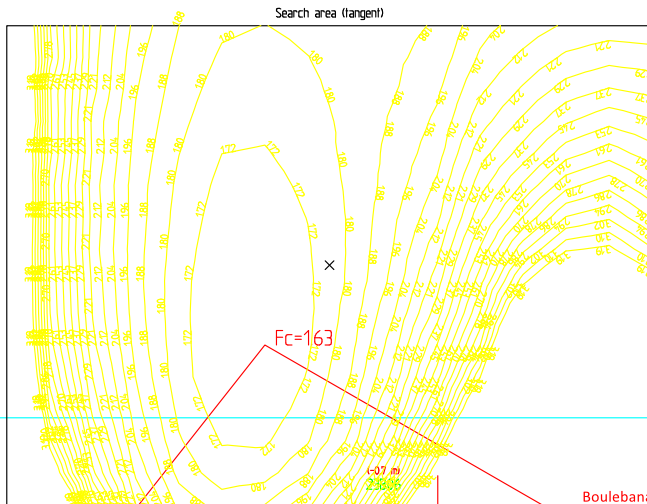
SEKTION 10-10
1:100



| Material | Un | Wegh | Sub.Wegh | Fi | C | C | Aa | Ad | Ap |
|---------------|-------|-------|----------|-----|--------|-----|-----|-----|-----|
| Fyllning | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 4.0 | 40.0 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Gyllig lera | 15.50 | 5.50 | 30.0 | 10% | C-prof | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Lera | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 10% | C-prof | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Friktionsjord | 20.00 | 12.00 | 37.0 | 0.0 | 100.0 | 100 | 100 | 100 | 100 |



SEKTION 10-10
1:100



| Material | Un.Weighth | Sub.Weighth | Fi | C | C | Aa | Ad | Ap |
|----------------|------------|-------------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| Fyllning | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 4.0 | | | | |
| Gylltig lera | 15.50 | 5.50 | | | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Lera | 17.00 | 7.00 | | | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Frikationsjord | 20.00 | 12.00 | 37.0 | 0.0 | | | | |

Centrals kanalterrassen
 Sektion 11
 Ordinerad analys
 Gåttia från boulebana

(+15 m)
 23B07

Str

CPT +21

Högsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

lägsta

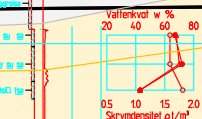
lägsta

lägsta

lägsta

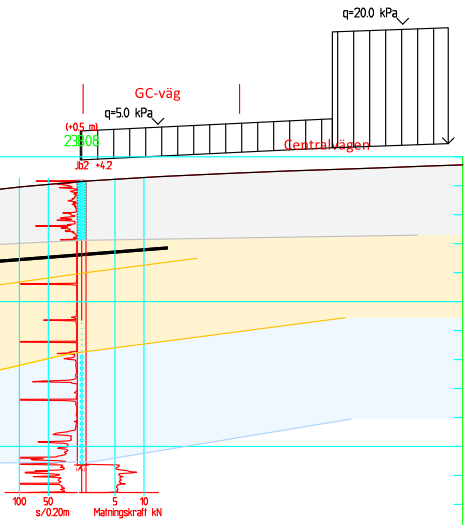
lägsta

lägsta



Spesttryck, qc: 0MPa

Spesttryck, qc: 0MPa

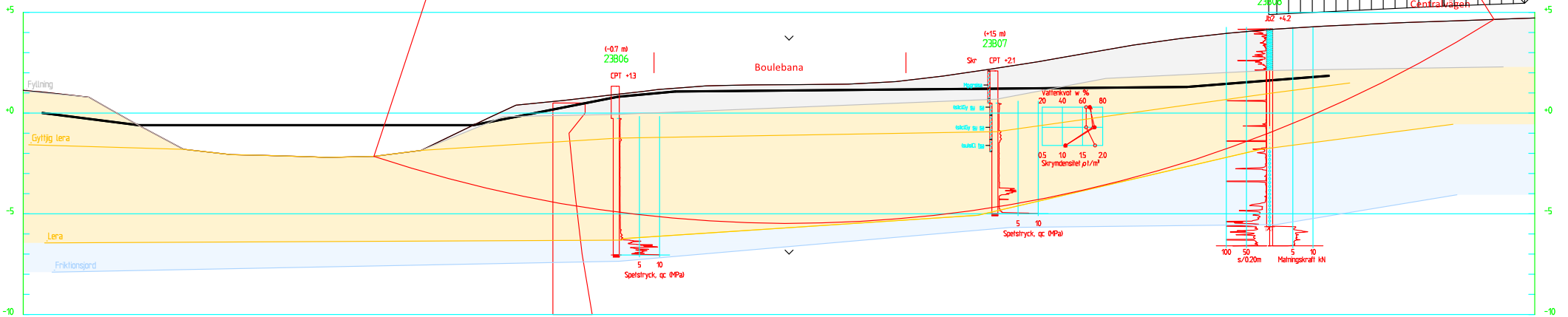


SEKTION 11-11
 1:100

Fc=139

Centrala kanalterrassen
 Section 11
 Carinated analysis
 Götya från Centralvägen

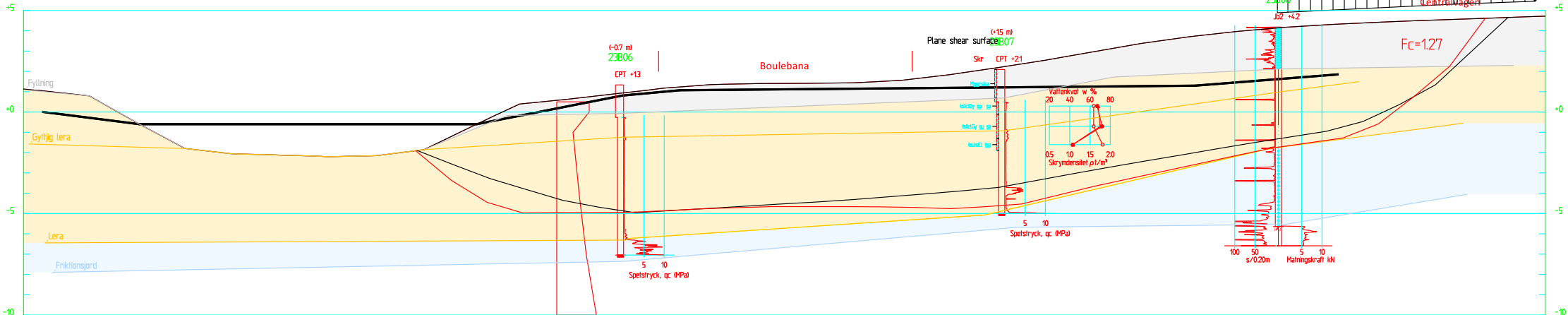
| Material | Un.Weight | Sub.Weight | Fi | C | C | Aa | Ad | Ap |
|---------------|-----------|------------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| Fyllning | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 4.0 | | | | |
| Gylljig lera | 15.50 | 5.50 | | | C-praf | 100 | 100 | 100 |
| Lera | 17.00 | 7.00 | | | C-praf | 100 | 100 | 100 |
| Fraktionsjord | 20.00 | 12.00 | 37.0 | 0.0 | | | | |



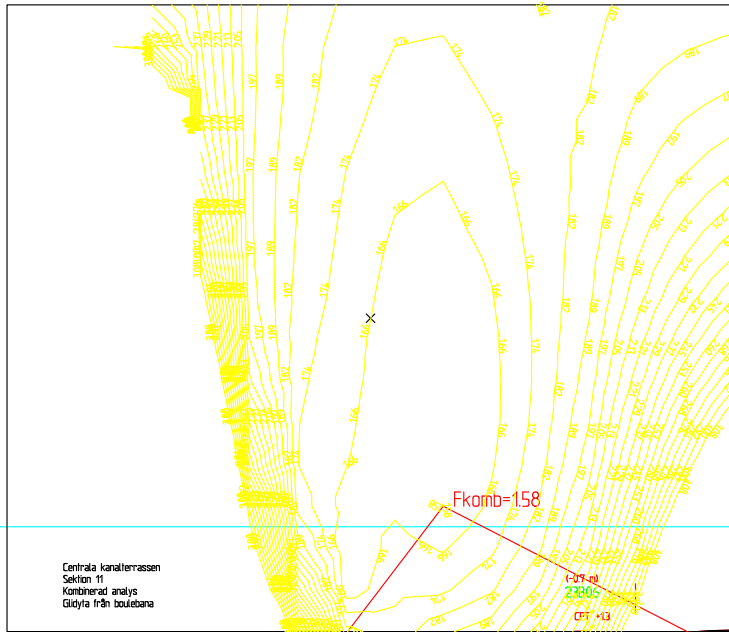
SEKTION 11-11
 1:100

Centrala kanalterrassen
 Sektion 11
 Dränerad analys
 Läng plan guidya från Centralvägen

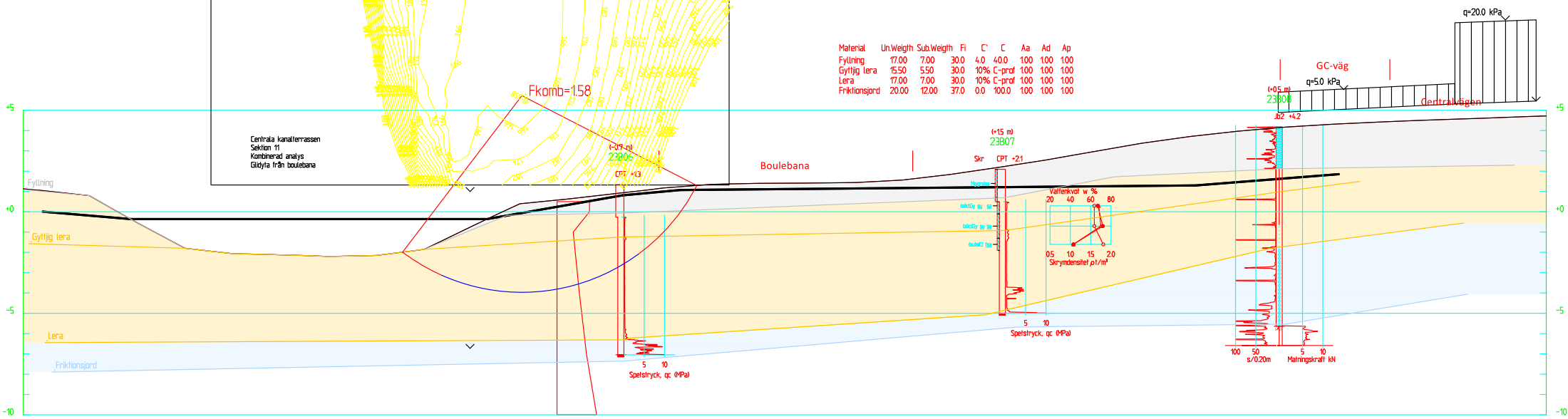
| Material | Un.Weight | Sub.Weight | Fi | C | C | Aa | Ad | Ap |
|---------------|-----------|------------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| Fyllning | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 4.0 | | | | |
| Gylltig lera | 15.50 | 5.50 | | | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Lera | 17.00 | 7.00 | | | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Fraktionsjord | 20.00 | 12.00 | 37.0 | 0.0 | | | | |



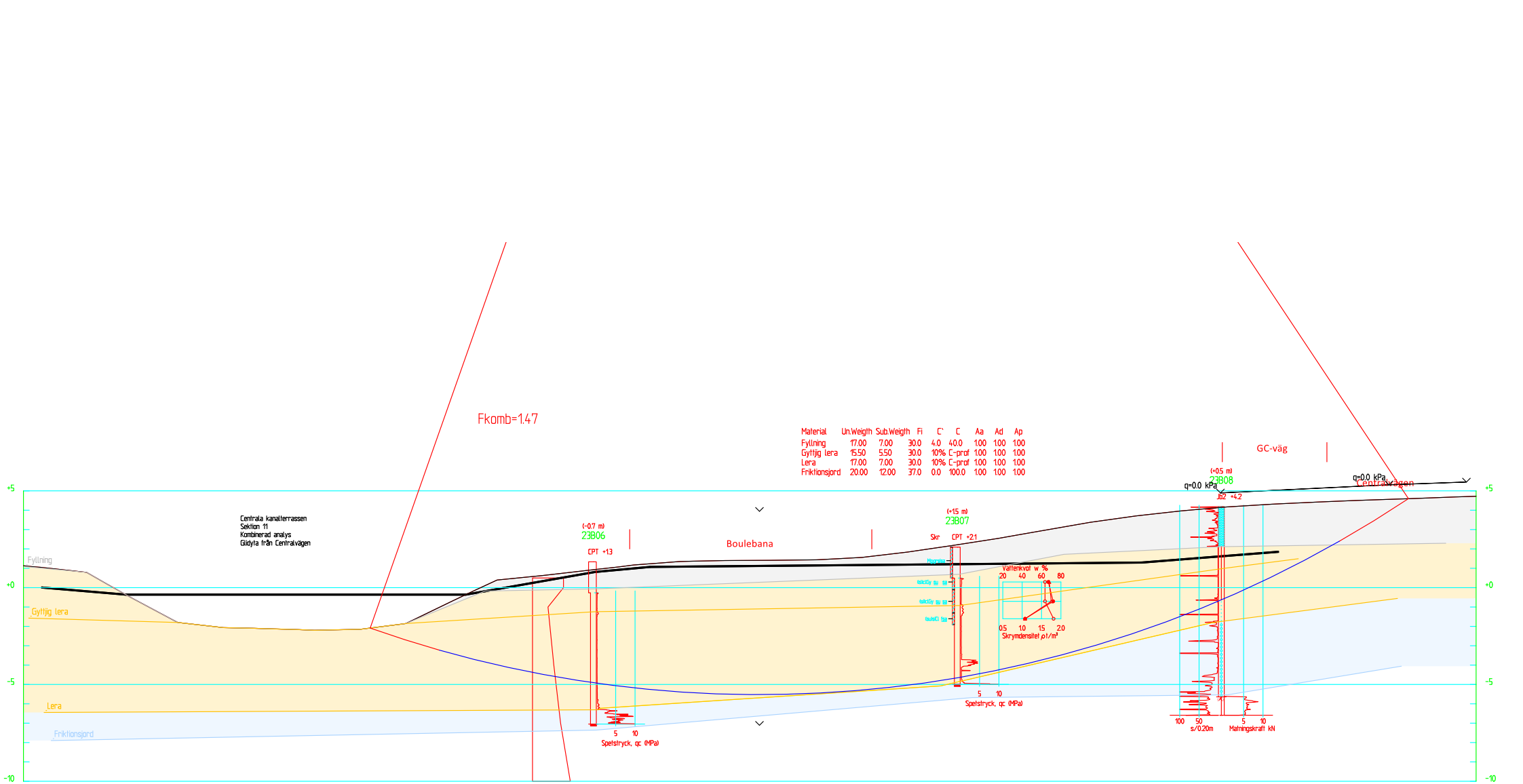
SEKTION 11-11
 1:100



| Material | Un>Weigh | Sub>Weigh | FI | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|---------------|----------|-----------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| Fyllning | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 4.0 | 40.0 | 100 | 100 | 100 |
| Gyttig lera | 15.50 | 5.50 | 30.0 | 10% | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Lera | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 10% | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Friktionsjord | 20.00 | 12.00 | 37.0 | 0.0 | 100.0 | 100 | 100 | 100 |



SEKTION 11-11
1:100



SEKTION 11-11
1:100

Centralskanalterrassen
 Sektion 11
 Kombinerad analys
 Plan glidytla från Centralvägen

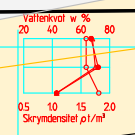
| Material | UnWeight | Sub.Weight | Fi | C | C | Aa | Ad | Ap |
|---------------|----------|------------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| Fyllning | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 4.0 | 40.0 | 100 | 100 | 100 |
| Gylltig lera | 15.50 | 5.50 | 30.0 | 10% | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Lera | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 10% | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Fraktionsjord | 20.00 | 12.00 | 37.0 | 0.0 | 100.0 | 100 | 100 | 100 |

(-0.7 m)
23B06

Boulebana

(-15 m)
Plane shear surface 23B07

Skr CPT +21



Spestryck, qc: 0Pa

Spestryck, qc: 0Pa

GC-väg

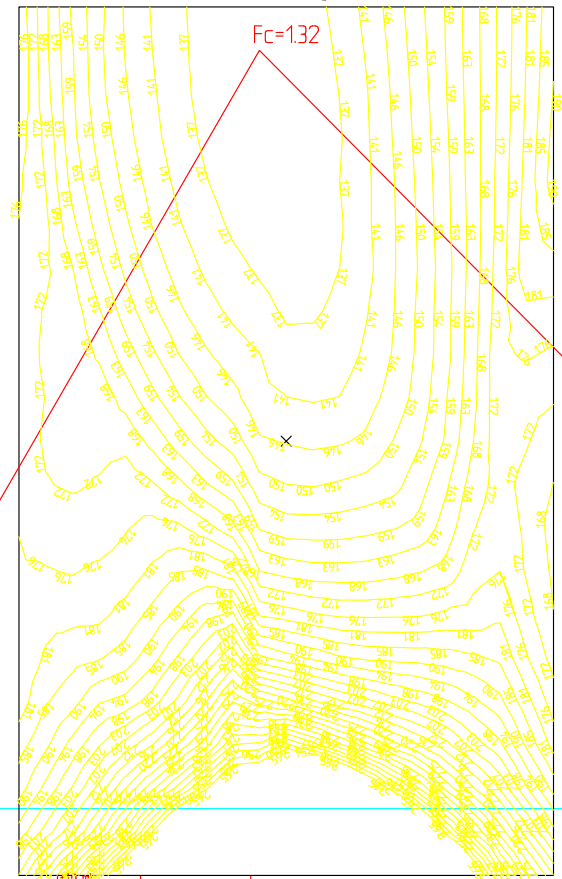
(+0.5 m)
23B08

q=0.0 kPa
Centralvägen

Fkomb=1.33

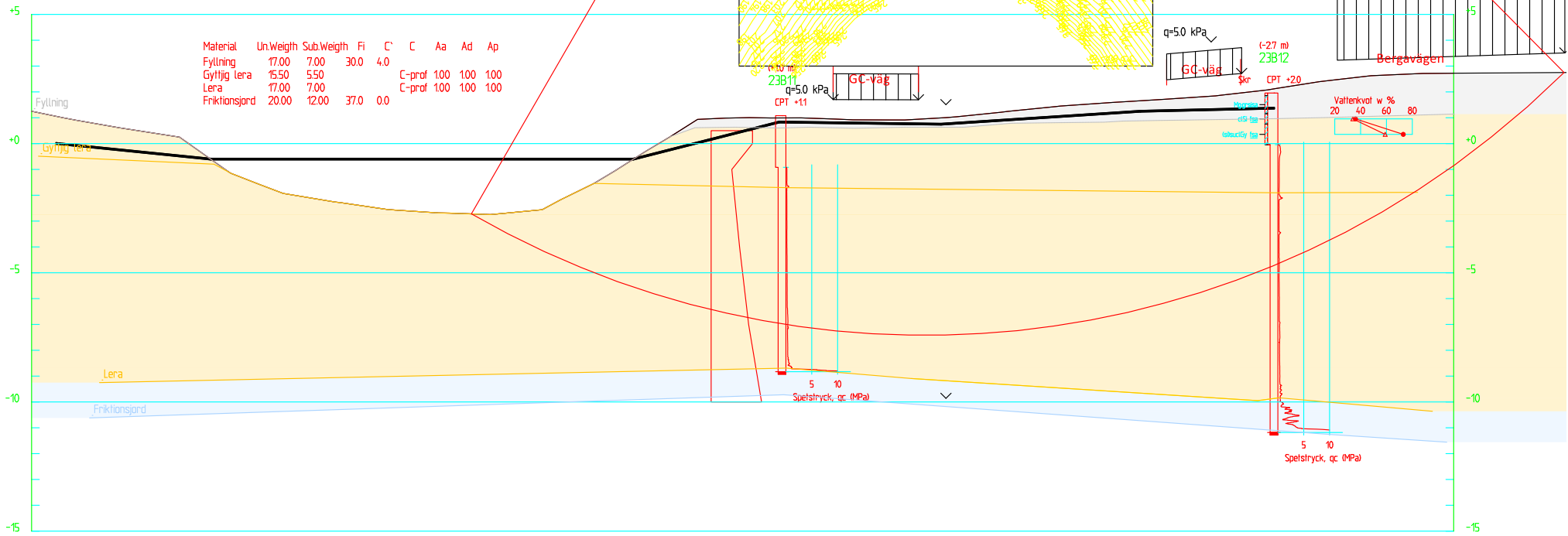
100 50 s/0.20m
Mättingskraft: kN

SEKTION 11-11
1:100



Centrala kanalterrassen
Sektion 13
Örärnerad analys
Glidytta från Bergvägen

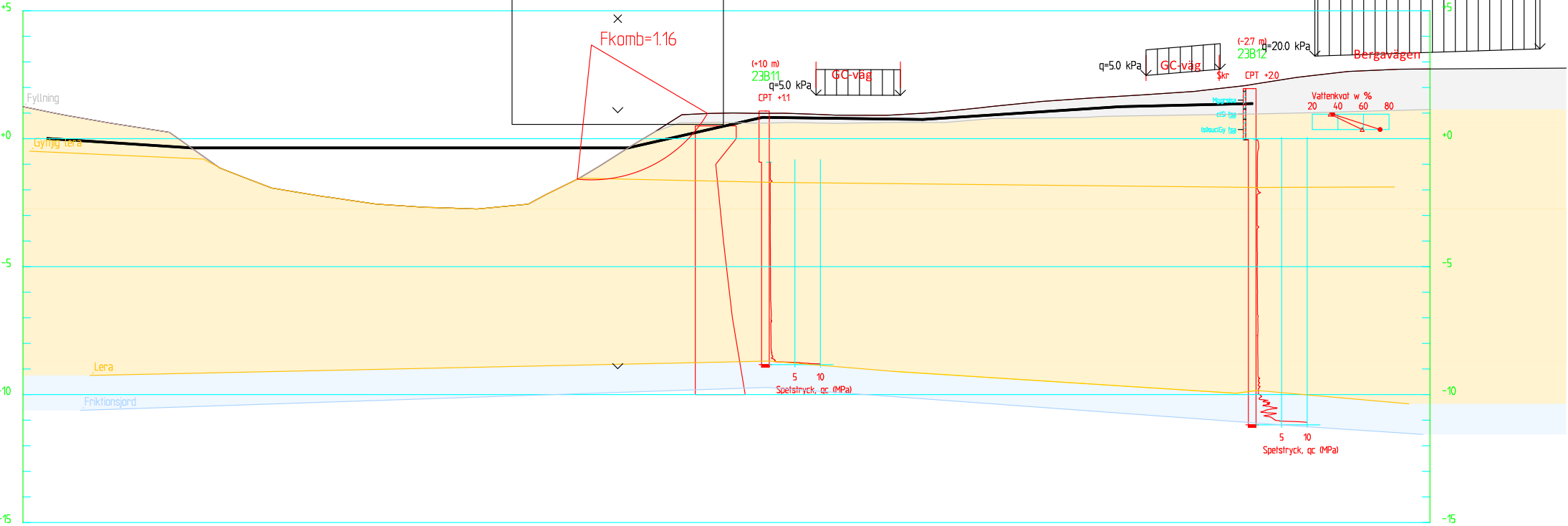
| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C | C | Aa | Ad | Ap |
|---------------|-----------|------------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| Fyllning | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 4.0 | | | | |
| Gylltig lera | 15.50 | 5.50 | | | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Lera | 17.00 | 7.00 | | | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Friktingsjord | 20.00 | 12.00 | 37.0 | 0.0 | | | | |



Centrala kanalterrassen
 Sektion 13
 Kombinerad analys
 Glödyta närmast kanalanten

Search area (tangent)

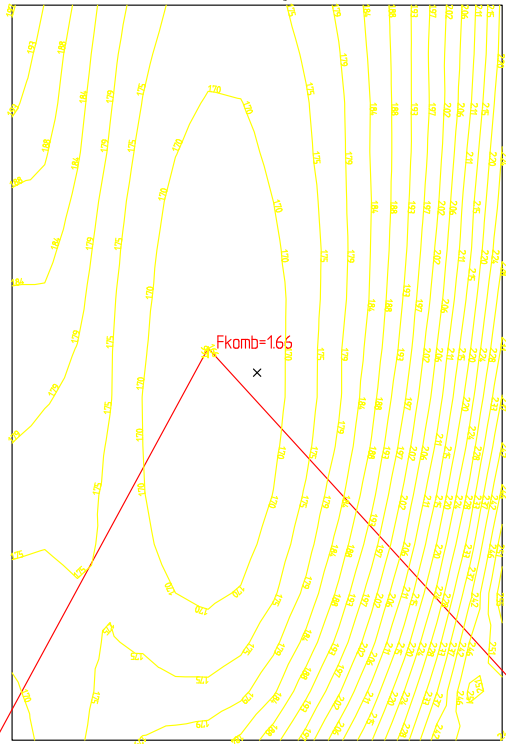
| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|---------------|-----------|------------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| Fyllning | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 4.0 | 40.0 | 100 | 100 | 100 |
| Gylltig lera | 15.50 | 5.50 | 30.0 | 10% | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Lera | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 10% | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Friktionsjord | 20.00 | 12.00 | 37.0 | 0.0 | 100.0 | 100 | 100 | 100 |



SEKTION 13-13

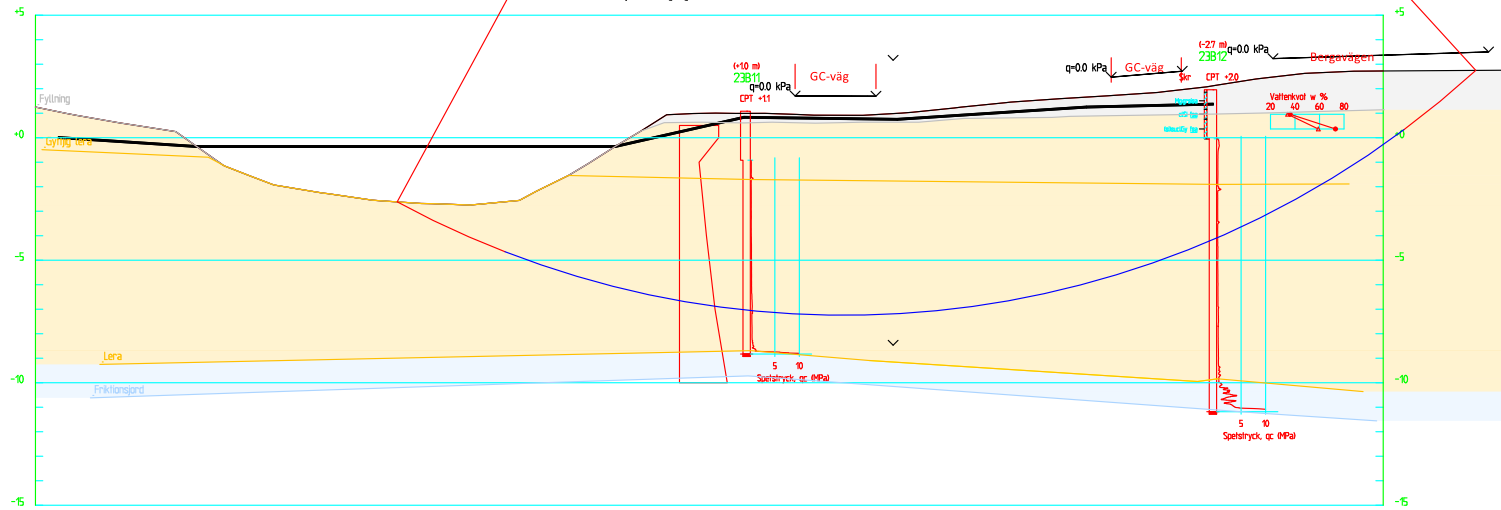
1:100

Search area (tangent)



| Material | Un | W | Sub | W | FI | C | C | Aa | Ad | Ap |
|---------------|-------|-------|------|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Fyllning | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 4.0 | 40.0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Gyllig lera | 15.50 | 5.50 | 30.0 | 10% | C-prof | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Lera | 17.00 | 7.00 | 30.0 | 10% | C-prof | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Fraktionsjord | 20.00 | 12.00 | 37.0 | 0.0 | 100.0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Centralt kanaltrassan
Sektion 13
Kombinerad analys
Gådyra från Bergvägen



SEKTION 13-13
1:100