

PM GEOTEKNIK

Handläggare
Mikael Johansson
Tel
+46 70 387 91 41

Datum
2021-09-22

E-post
mikael.johansson@treeline.se
Företag
Treeline Consulting AB
Kund
Upplands-Bro kommun

Bullervallar Kockbacka gårde - Bro

PM Geoteknik



Handläggare

Mikael Johansson

Innehåll

| | | |
|----|--|----|
| 1 | Bakgrund | 4 |
| 2 | Syfte..... | 4 |
| 3 | Underlag | 4 |
| 4 | Projekteringsförutsättningar för geotekniska åtgärder | 4 |
| 5 | Område..... | 4 |
| 6 | Planerad exploatering | 5 |
| 7 | Geotekniska förhållanden | 5 |
| | 7.1 Topografi | 5 |
| | 7.2 Jordlagerföljd..... | 5 |
| | 7.3 Hydrogeologiska förhållanden | 6 |
| 8 | Stabilitetsutredning | 7 |
| | 8.1 Avgränsningar och osäkerheter | 7 |
| | 8.2 Beräkningsförutsättningar | 8 |
| | 8.3 Jordmodell och hydrogeologi..... | 8 |
| | 8.3.1 Valda värden på jordparametrar | 8 |
| | 8.3.2 Hydrogeologiska förhållanden | 8 |
| | 8.4 Arbetsmetodik | 9 |
| | 8.4.1 Bullervallar..... | 9 |
| | 8.4.2 Trafikverkets anläggning..... | 9 |
| | 8.5 Områdesindelning och beräkningssektioner | 10 |
| | 8.5.1 Bullervallar..... | 10 |
| | 8.5.2 Trafikverkets anläggning..... | 10 |
| | 8.6 Resultat från stabilitetsberäkningar | 11 |
| | 8.6.1 Resultat från beräkningar för bullervall utan markförstärkning ... | 11 |
| | 8.6.2 Resultat från beräkningar för bullervall med jordförstärkning..... | 11 |
| | 8.6.3 Resultat från känslighetsanalys..... | 12 |
| | 8.6.4 Resultat från beräkningar för Trafikverkets anläggning | 13 |
| 9 | Slutsatser från stabilitetsberäkningar | 13 |
| | 9.1 Bullervallar..... | 13 |
| | 9.2 Trafikverkets anläggning | 13 |
| 10 | Rekommendationer för bullervallar | 14 |
| | 10.1 Utformning | 14 |
| | 10.2 Materialval | 14 |
| | 10.3 Sättningar..... | 14 |
| | 10.4 Trafikverkets anläggning | 15 |
| 11 | Kompletterande geoteknisk utredning | 15 |

Bilaga 1 – Stabilitetsberäkningar bullervall (24 sidor)

Bilaga 2 – Stabilitetsberäkningar Trafikverkets anläggning (4 sidor)

Bilaga 3 – Utvärderade skjuvhållfastheter (4 sidor)

1 Bakgrund

På uppdrag av Upplands-Bro kommun har Treeline Consulting AB utfört en geoteknisk undersökning och utredning gällande genomförbarheten för att anlägga bullervallar mot befintlig järnväg och Enköpingsvägen vid Kockbacka Gärde. Inom området ska bostäder, ny skola med tillhörande idrottshall och dagvattendammar anläggas. Bullervallarna syftar till att begränsa buller och vibrationer för att kunna uppfylla krav och riktvärden från bullerutredningen.

Enligt bullerutredningen krävs 6 meter höga bullerskydd.

PM har kompletterats med hänsyn till schakter och uppfyllnader för Trafikverkets anläggning. Kompletterande beräkningar har genomförts för schakt för dagvattendamm och uppfyllnad för bullervall.

2 Syfte

Syftet med denna PM är att:

- Sammanställa, tolka och analysera resultat från geotekniska undersökningar inom områden för bullervallarna.
- Utföra stabilitetsberäkningar för att bedöma byggbarheten av olika höjder på bullervallarna.
- Ge översiktliga rekommendationer för grundläggning av bullervallarna och behov av framtida undersökningar.
- Utredda stabiliteten för schakt och uppfyllnad med hänsyn till Trafikverkets anläggning.

3 Underlag

Underlag som underlag i denna PM är:

- Markteknisk undersökningsrapport (MUR) daterad 2021-09-22 med tillhörande ritningar och bilagor.
- Plan illustrationskarta över planerade bullervallar, daterad 2021-03-09.
- Situationsplan, pdf-format, erhållen 2021-08-10, daterad 2021-07-09 .
- TK Geo 13
- SS-EN 1997-1, IEG Rapport 4:2010

4 Projekteringsförutsättningar för geotekniska åtgärder

Säkerhetsklass 2 och GK2 gäller för bullervallar mot Enköpingsvägen.

Säkerhetsklass 3 och GK2 gäller för bullervallar mot järnvägen.

5 Område

Området består av befintlig åkermark med befintliga korsande diken. Området avgränsas av befintlig järnväg i väst, Enköpingsvägen i öst, Ginnlögs väg i norr och Attunda brandkårsstation i syd.

Området som undersökts är ca 14 ha.

Undersökningarna har fokuserat på att täcka in områden för planerade bullervallar på östra och västra sidan av åkermarken. Tidigare översiktliga undersökningar har utförts inom områden för planerade bostäder, idrottshall, skola och dagvattendammar samt GC-bro.

6 Planerad exploatering

Nedan visas en preliminär layout över exploateringen på Kockbacka Gärde. Längs med Enköpingsvägen och befintlig järnväg planeras bullervallar enligt figur nedan. Dagvattendammar planeras längs med bullervallarna mot befintlig järnväg.



Figur 1 Situationsplan, daterad 2021-07-09

Bredd, släntlutning och slutlig utformning på planerat bullerskydd och dagvattendammar är ej helt fastställt. Detta PM med tillhörande beräkningar syftar till att utreda olika uppfyllnadsnivåer för planerade bullervallar och schaktdjup samt vilka konsekvenser de medför.

7 Geotekniska förhållanden

7.1 Topografi

Marken består av åkermark med två diken som går igenom området. Markytan inom området är relativt plan och sluttar i sydlig riktning från +9 till +7.

7.2 Jordlagerföljd

Åkermarken består i princip av samma jordlagerföljd. Överst ett tunt lager av mulljord och sedan ca 1 till 1,5 m torrskorplera ovanpå lera. Under leran förekommer friktionsjord på berg. Den varierande faktorn är främst lerans mäktighet och djup till berg.

Lermäktigheten inom området varierar generellt mellan 5–10 meter, med undantag av nordvästra området där lermäktigheten stiger upp mot 15–20 meter och nordöstra delen av området där lermäktigheten minskar ner mot 2–4 meter.

Lerans skjuvhållfasthet varierar mellan 7 och 15 kPa över olika nivåer och olika delar av området. Främst i nordvästra delen av området påvisar leran de lägre skjuvhållfastheterna samt inom ett lokalt område i den nordöstra delen. De lägre skjuvhållfastheterna har främst erhållits från vingsonderingar.

För en sammanställning av skjuvhållfastheter, se bilaga 2.

7.3 Hydrogeologiska förhållanden

Totalt åtta grundvattentrör har installerats i samband med tidigare och nu utförda undersökningar, varav ett rör ligger på västra sidan av järnvägen.

Ungefärlig placering av de 7 grundvattentrör som är relevanta för denna utredning framgår av figuren nedan, för exakt placering se MUR Geoteknik.



Figur 2 Grundvattentrör markerade med röda cirklar.

Grundvattenytan inom åkermarken ligger generellt väldigt ytligt, inom 0,5-1m under markytan. Grundvattenmätningar och nivåer redovisas i tabellen nedan.

Tabell 1 Grundvattenmätningar

| Grundvattentrör | Mätdatum | Marknivå (+ z) | Grundvattennivå (+ z) | Djup under markyta (m) |
|-----------------------------------|------------|----------------|-----------------------|------------------------|
| 21TL001G | 2021-04-01 | 9,23 | 8,16 | 1,07 |
| 21TL022G | 2021-04-02 | 8,22 | 7,34 | 0,88 |
| G20TL008 | 2020-12-16 | 7,64 | 6,82 | 0,82 |
| | 2021-01-28 | | 7,24 | 0,4 |
| G20TL018 | 2020-11-24 | 8,44 | 7,58 | 0,86 |
| | 2020-12-16 | | 7,67 | 0,77 |
| | 2020-01-28 | | 7,89 | 0,55 |
| G20TL024 (västra sidan järnvägen) | 2020-12-16 | 10,67 | 8,8 | 1,87 |
| | 2021-01-28 | | 9,03 | 1,64 |
| G20TL106 | 2021-01-28 | 8,35 | 7,54 | 0,81 |
| G20TL114 | 2021-01-28 | 7,20 | 6,18 | 1,02 |
| G20TL119 | 2021-01-28 | 7,24 | 6,59 | 0,65 |

8 Stabilitetsutredning

8.1 Avgränsningar och osäkerheter

Följande avgränsningar och osäkerheter finns i utredningen:

Befintliga förhållanden

- Befintlig järnväg är förstärkt med kalkcementpelare med oklar omfattning. Troligtvis har singulära pelare installerats i syfte att motverka sättningar och inte för stabilitetsbrott. En konservativ uppskattning har utförts och beräkningar valts att utföras utan markförstärkning under befintlig järnväg.
- Som underlag för befintliga marknivåer har en 3D-modell skapats från höjdkurvor hämtade från baskarta.

Glidytor

- Stabilitetsberäkningar har utförts m.h.t. glidytor i riktning in mot planerad exploatering utan inverkan av trafiklast eller grundläggning/jordlagerprofil för järnväg och Enköpingsvägen.
- För bullervallar högre än 4m erfordras särskilda geotekniska utredningar som uppfyller klass GK3 och har därför inte analyserats i detta skede.

Utformning

- Bullervallarnas utformning är ej fastställd. Bullervallar varierar med nuvarande utformning mellan 15–30 meter i bredd. Inom vissa områden är bullervall med nuvarande utformning så pass smal att bullervallar kräver en släntlutning 1:2 för att kunna uppnå 3 meters höjd.
- Dagvattendammarnas utformning är ej fastställd. Dagvattendammarnas placering med nuvarande form är som närmast ca 42 meter ifrån spårmittpå närmaste spår.
- Bullervallar förutsätts utformas med släntlutning 1:3.
- Dagvattendamm förutsätts utformas med släntlutning 1:3 och bottendjup 1,3m. Ett konservativt värde mot befintlig utformning har nyttjats där dagvattendamm har 10 meters bredd.
- Material i bullervall är ej fastställt. För beräkningar har en konservativ bedömning gjorts av materialet där tungheten har valts för en packad moränjord med friktionsvinkel för en löst lagrad sand eller grusjord.

8.2 Beräkningsförutsättningar

För stabilitetsberäkningar har programvaran Geosuite Stability nyttjats och beräkningar är utförda med karaktäristiska värden.

Säkerhetsfaktor för stabilitet för östra bullervallar mot Enköpingsvägen hämtas från IEG rapport 4:2010 där:

$$F_c \geq 1,7-1,5$$

$$F_{\text{komb}} \geq 1,5$$

Säkerhetsfaktor SK3 för stabilitet för västra bullervallar och dagvattendammar mot järnvägen hämtas från TK Geo 13 där:

$$F_c \geq 1,65$$

$$F_{\text{komb}} \geq 1,4$$

8.3 Jordmodell och hydrogeologi

8.3.1 Valda värden på jordparametrar

Lerans skjuvhållfasthet varierar mellan 7–15 kPa inom området förutom vissa mycket lokala variationer. För stabilitetsberäkningarna har skjuvhållfastheten satts till 10 kPa.

Valda värden på jordparametrar redovisas i nedanstående tabell.

Tabell 2 Valda jordparametrar för beräkningar

| Jordlager | Tunghet ρ (t/m ³) | Skjuvhållfasthet, odränerad c_u (kPa) | Skjuvhållfasthet, dränerad c' (kPa) | Friktionsvinkel Φ (°) |
|---------------|---------------------------------------|---|---|-------------------------------|
| Bullervall | 2 | - | - | 30 |
| Torrskorpora | 1,9 | 30 | 1% av c_u | 27 |
| Lera | 1,7 | 10 | 1% av c_u | 27 |
| Friktionsjord | 1,8 | - | - | 36 |

8.3.2 Hydrogeologiska förhållanden

Grundvattenytan har uppskattats ligga ca 1m under markytan, motsvarande strax under torrskorporan.

8.4 Arbetsmetodik

8.4.1 Bullervallar

Beräkningar har först utförts på oförstärkt mark och med olika höjder på bullervall.

Beräkningar har påbörjats med en bullervallshöjd om 2,5m och om erforderlig säkerhetsfaktor ej uppnåtts har bullervallens höjd sänkts i steg om 0,5m tills erforderlig säkerhetsfaktor uppnås.

Därefter har beräkningar utförts på mark med jordförstärkning.

Beräkningar har påbörjats med en bullervallshöjd om 3m och om erforderlig säkerhetsfaktor uppnåtts har höjden på bullervallen ökats i steg om 1 meter till 4 meter så länge erforderlig säkerhetsfaktor uppnås.

Slutligen har en känslighetsanalys utförts på sektion 4-4 med 2,5m vall och släntlutning 1:3 samt sektion 4-4 med 4,0m vall och jordförstärkning. En känslighetsanalys innebär att man varierar olika osäkerheter i indatan i beräkningarna och utvärderar hur det påverkar slutresultatet. På så sätt får man en uppfattning av vilka faktorer som är mer eller mindre viktiga i analyserna och som man bör fokusera på i det fortsatta arbetet.

8.4.2 Trafikverkets anläggning

Bullervallar

För glidytor i riktning mot järnvägen har inga separata beräkningar utförts för bullervallarna.

Värsta fall förutsätts vara när ingen mothållande last mot bullervallen finns i form av trafiklast. Glidytor och skredrisken ut mot järnvägssidan bedöms, med nuvarande utformning och projekteringsgrad, vara spegelvänd mot befintliga stabilitetsberäkningar som är utförda mot åkermarken.

Dagvattendamm

För dagvattendamm i anslutning till Trafikverkets anläggning har en typsektion upprättats med placering av dagvattendamm så nära som möjligt till befintligt spår med hänsyn till spåravstånd och bullervall.

Följande utformning har nyttjats för dagvattendamm:

- Schaktbotten på 1,5m djup
- Schaktbredd 10 meter (krön till krön)
- Släntlutning 1:3
- 42m avstånd från släntkrön till spårmittpå närmaste spår.

Samma jordparametrar som använts i övriga beräkningar har även nyttjats för denna sektion.

Dagvattendamm + förstärkt bullervall

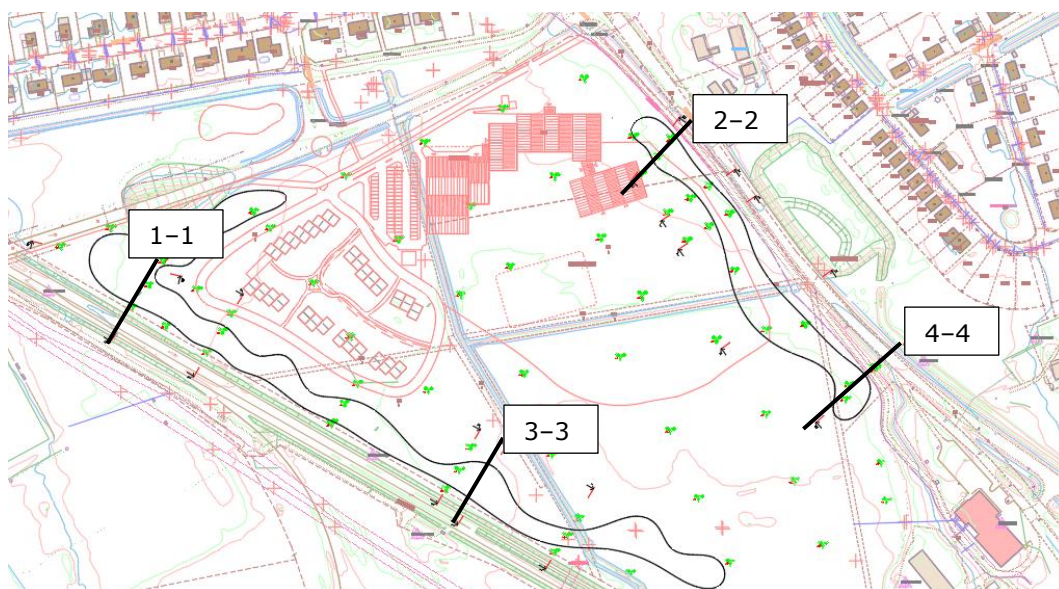
En sektion har upprättats med hänsyn till slutlig utformning med både förstärkt bullervall och dagvattendamm. I denna sektion nyttjas markförstärkning för bullervall i enlighet med samma markförstärkning som nyttjats för beräkningar för enbart bullervallar.

8.5 Områdesindelning och beräkningssektioner

8.5.1 Bullervallar

Eftersom en representativ skjuvhållfasthet på leran i jordmodellen har uppskattats till 10 kPa över hela området så blir det lerdjupet och bullervallens utbredning som varierar över området. Fyra delområden har valts m.h.t dessa variationer och de fyra beräkningssektioner som visas i figuren nedan representerar olika fall av lermäktigheter och utbredning av bullervall.

Beräkningssektioner är utförda på en tidigare utformning av bullervallarna. I dessa sektioner har bullervallen legat närmre befintlig järnväg. Då dessa har utförts utan inverkan av befintlig järnväg har dessa större påverkan på befintlig järnväg än den nya utformningen. Dessa sektioner kommer att uppdateras med den nya utformningen i projekteringskedje.



Figur 3 Delområden och beräkningssektioner

8.5.2 Trafikverkets anläggning

För Trafikverkets anläggning har en typsektion upprättats för beräkningarna med en 15 meter bred bullervall och 10 meter bred dagvattendamm ca 42 m från närmaste spårmit. Detta bedöms ge den mest konservativa sektionen med hänsyn till detaljplanens utformning. För att kunna uppnå en 4 meter hög vall med 15 meters bredd erfordras dock släntlutning 1:1,5.

8.6 Resultat från stabilitetsberäkningar

Samtliga stabilitetsberäkningar redovisas i tabellformat. Beräkningarna nedan redovisas grafiskt i bilaga 1 enligt:

- Sektion X-X 2,5m vall
- Sektion X-X 1,5m vall
- Sektion X-X 4,0m vall med KC-pelare

8.6.1 Resultat från beräkningar för bullervall utan markförstärkning

Beräkningar påvisar att en vall kan utformas med höjd mellan 1,5 – 2m höjd beroende på utbredningen på vällen utan markförstärkningsåtgärder.

Tabell 3 Säkerhetsfaktorer för beräkningar på sektion 1-1

| Sektion | Fc | Fkomb |
|---|------|-------|
| Sektion 1-1 2,5m vall, släntlutning 1:3 | 1,17 | 1,11 |
| Sektion 1-1 2,0m vall, släntlutning 1:3 | 1,52 | 1,39 |
| Sektion 1-1 1,5m vall, släntlutning 1:3 | 1,91 | 1,80 |

Tabell 4 Säkerhetsfaktorer för beräkningar på sektion 2-2

| Sektion | Fc | Fkomb |
|---|------|-------|
| Sektion 2-2 2,5m vall, släntlutning 1:3 | 1,33 | 1,15 |
| Sektion 2-2 2,0m vall, släntlutning 1:3 | 1,62 | 1,37 |
| Sektion 2-2 1,5m vall, släntlutning 1:3 | 2,12 | 1,72 |

Tabell 5 Säkerhetsfaktorer för beräkningar på sektion 3-3

| Sektion | Fc | Fkomb |
|---|------|-------|
| Sektion 3-3 2,5m vall, släntlutning 1:3 | 1,16 | 1,07 |
| Sektion 3-3 2,0m vall, släntlutning 1:3 | 1,43 | 1,30 |
| Sektion 3-3 1,5m vall, släntlutning 1:3 | 1,82 | 1,66 |

Tabell 6 Säkerhetsfaktorer för beräkningar på sektion 4-4

| Sektion | Fc | Fkomb |
|---|------|-------|
| Sektion 4-4 2,5m vall, släntlutning 1:3 | 1,19 | 1,10 |
| Sektion 4-4 2,0m vall, släntlutning 1:3 | 1,48 | 1,34 |
| Sektion 4-4 1,5m vall, släntlutning 1:3 | 1,88 | 1,70 |

8.6.2 Resultat från beräkningar för bullervall med jordförstärkning

En jordförstärkning har förutsatts sträcka sig från släntfot till släntfot. Jordförstärkningen har beräknats med en homogen skjuvhållfasthet om 40 kPa. Detta motsvarar en täckningsgrad om knappt 40% med KC-pelare med skjuvhållfasthet 100 kPa.

Med jordförstärkning kan bullervall byggas 4m hög med och uppnå tillräcklig säkerhetsfaktor.

Tabell 7 Säkerhetsfaktorer för beräkningar på sektion 1-1

| Sektion | F _c | F _{komb} |
|---|----------------|-------------------|
| Sektion 1-1 3,0m vall, släntlutning 1:3, jordförstärkning | 2,50 | 2,34 |
| Sektion 1-1 4,0m vall, släntlutning 1:3, jordförstärkning | 2,16 | 2,04 |

Tabell 8 Säkerhetsfaktorer för beräkningar på sektion 2-2

| Sektion | F _c | F _{komb} |
|---|----------------|-------------------|
| Sektion 2-2 3,0m vall, släntlutning 1:3, jordförstärkning | 2,61 | 2,14 |
| Sektion 2-2 4,0m vall, släntlutning 1:3, jordförstärkning | 2,40 | 1,99 |

Tabell 9 Säkerhetsfaktorer för beräkningar på sektion 3-3

| Sektion | F _c | F _{komb} |
|---|----------------|-------------------|
| Sektion 3-3 3,0m vall, släntlutning 1:3, jordförstärkning | 2,45 | 2,16 |
| Sektion 3-3 4,0m vall, släntlutning 1:3, jordförstärkning | 1,91 | 1,83 |

Tabell 10 Säkerhetsfaktorer för beräkningar på sektion 4-4

| Sektion | F _c | F _{komb} |
|---|----------------|-------------------|
| Sektion 4-4 3,0m vall, släntlutning 1:3, jordförstärkning | 2,09 | 1,94 |
| Sektion 4-4 4,0m vall, släntlutning 1:3, jordförstärkning | 1,90 | 1,82 |

8.6.3 Resultat från känslighetsanalys

8.6.3.1 Utan jordförstärkning

Känslighetsanalysen för sektion 4-4 med 2,5m vall påvisar att den drivande faktorn för stabiliteten är skjuvhållfastheten på leran och torrskorpleran.

Tabell 11 Känslighetsanalys av beräkningar för sektion 4-4

| Sektion 4-4 2,5m | F _c | F _{komb} | Diff F _c (%) | Diff F _{komb} (%) |
|-------------------------|----------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| Standard | 1,19 | 1,10 | - | - |
| Lera 8 kPa | 1,04 | 0,93 | 14% | 18% |
| Torrskorplera 15 kPa | 1,06 | 1,05 | 12% | 5% |
| Höjning vall 20cm | 1,13 | 1,05 | 5% | 5% |
| Lera 1m djupare | 1,16 | 1,06 | 3% | 4% |
| Grundvattenyta marknivå | 1,19 | 1,08 | 0% | 2% |

8.6.3.2 Med jordförstärkning

Känslighetsanalysen för sektion 4-4 med 4,0m vall och jordförstärkning påvisar att den drivande faktorn för stabiliteten är den erhållna skjuvhållfastheten på förstärkningen.

Tabell 12 Känslighetsanalys av beräkningar för sektion 4-4 med jordförstärkning

| Sektion 4-4 2,5m | F _c | F _{komb} | Diff F _c (%) | Diff F _{komb} (%) |
|-------------------------|----------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| Standard | 1,90 | 1,82 | - | - |
| Jordförstärkning 30 kPa | 1,56 | 1,49 | 22% | 22% |
| Lera 1m djupare | 1,79 | 1,70 | 6% | 7% |
| Grundvattenyta marknivå | 1,81 | 1,70 | 5% | 7% |
| Höjning vall 20cm | 1,82 | 1,74 | 4% | 5% |
| Lera 8 kPa | 1,84 | 1,75 | 3% | 4% |
| Torrskorplera 15 kPa | 1,85 | 1,81 | 3% | 0% |

8.6.4 Resultat från beräkningar för Trafikverkets anläggning

Beräkningar påvisar att schakt kan utföras med släntlutning 1:3, schaktdjup 1,5m och bredd 10m med släntkrön 42 meter från närmaste spårmit.

Tabell 13 Säkerhetsfaktorer för beräkningar på sektion med schakt för dagvattendamm

| Sektion | Fc | Fkomb |
|---|------|-------|
| Typsektion schakt, avstånd 42m, schaktdjup 1,5m | 1,66 | 1,62 |

Beräkningar påvisar att en sektion med förstärkt bullervall och dagvattendamm kan utföras med erforderlig säkerhet för stabilitet. Den kritiska glidyten omfattar inte spårområdet utan rör sig mellan den förstärkta bullervallen och dagvattendammen. Då beräkning utförs med hänsyn till Trafikverkets spårområde redovisas säkerhetsfaktorer för dessa nedan.

Tabell 13 Säkerhetsfaktorer för beräkningar på sektion med schakt för dagvattendamm

| Sektion | Fc | Fkomb |
|---|------|-------|
| Färdigställd bullervall och dagvattendamm | 4,33 | 4,25 |

9 Slutsatser från stabilitetsberäkningar

9.1 Bullervallar

Bullervallar kan utföras med max 1,5–2 meters höjd utan geotekniska förstärkningsåtgärder.

För att bullervallar ska byggas högre krävs geotekniska förstärkningsåtgärder i form av t.ex påldäck eller jordförstärkning under planerade bullervallar.

Med jordförstärkning kan bullervallar utformas 4 meter höga.

För bullervallar högre än 4 meter krävs särskilda fördjupade geotekniska utredningar och stabilitetsberäkningar för GK3.

Känslighetsanalysen påvisar att skjuvhållfastheten för den oförstärkta och förstärkta leran är den mest påverkande faktorn ur ett stabilitetsperspektiv. Lokala variationer i lerans skjuvhållfasthet kan få en påverkan på stabiliteten för bullervallarna.

Med jordförstärkning minskar alltså inverkan av den lokala variationen i den naturliga lerans skjuvhållfasthet.

9.2 Trafikverkets anläggning

Stabiliteten i sektionen med schakt för dagvattendammar påvisar att stabilitetskrav enligt TK Geo 13 uppfylls. Viktigt att lyfta är att dessa även är utförda utan hänsyn till markförstärkning under befintlig järnväg.

Stabiliteten i sektionen för färdigställd markförstärkt bullervall och dagvattendamm påvisar att ingen skredrisk tillkommer då den kritiska glidyten ligger endast omfattar bullervallen och dagvattendammen.

Kritiska glidytor som omfattar järnvägsspåren sträcker sig inte till bullervallen. Detta bör vara resultatet av att järnvägen i beräkningar inte är markförstärkt. Med markförstärkt järnväg är således skredrisken inom området ännu lägre.

10 Rekommendationer för bullervallar

10.1 Utformning

Med jordförstärkning kan bullervallarna utformas till exempel 4 meter höga plus 2 meter höga bullerplank ovanpå för att uppnå 6 meter bullerskydd. Alternativt 3 meter höga bullervallar plus 3 meter höga bullerplank eller andra kombinationer.

Bullervallar har förutsatts utformas med släntlutning 1:3, motsvarande en bredd ca 25 meter för 4 meter höga bullervallar. Med jordförstärkning finns möjlighet att utforma bullervallar med brantare lutning, vilket skulle innebära att bullervallar kräver mindre utrymme i sidled. Den drivande faktorn blir då materialvalet för bullervallen.

10.2 Materialval

De konservativt valda materialparametrarna för bullervallen innebär att det finns möjlighet till att nyttja olika material för dess uppbyggnad.

Mest ekonomiskt gynnsamt vore att nyttja material från utskiftning av material för nybyggnationen av bostäder, skola, idrottshall och särskilt dagvattendammar inom området.

Baserat på befintlig utformning av bullervallar bedöms dessa mängder inte bli tillräckliga och inköp av uppfyllnadsmassor kommer att erfordras.

Val av uppfyllnadsmassor kommer även att påverka grundläggningen av eventuella bullerplank. Om bullervall byggs upp med ett grövre material som sprängsten erfordras grundläggning med nedgrävda plattfundament då det inte finns möjlighet att driva ner vingfundament.

Vid uppbyggnad av bullervall finns risk för att bullervall, beroende på val av material och packning, sätter sig själv genom en naturlig omlagring av marken. Det är därför av vikt att i ett byggskede säkerställa att vallen byggs upp och packas på ett lämpligt sätt så att eventuella framtida sättningar i självaste vallen tas ut i byggskedet.

10.3 Sättningar

Utan markförstärkning har stabilitetsberäkningar visat att bullervallar kan utföras med max 1,5–2 meters höjd. Tidigare utredning för Kockbacka Gärde, "PM Geoteknik Kockbacka gärde – bro" upprättad av Treeline Consulting AB och daterad 2020-09-22, påvisar dock en sättningsbenägen lera.

Vid en uppfyllnad mellan 1,5-2m, motsvarande 30–40 kPa i lastökning, har sättningar beräknats kunna uppgå till 15-25cm efter 10 år respektive 30-50cm efter 50 år.

Detta skulle innebära att en bullervall med höjd 1,5-2m i praktiken blir mellan 1,2–1,5m hög. Detta tar inte heller hänsyn till sättningar i självaste bullervallen till följd av en naturlig omlagring.

Med en jordförstärkning blir eventuella sättningar i marken av ringa omfattning och ovanstående beskriven sättning utgår.

10.4 Trafikverkets anläggning

Med hänsyn till Trafikverkets anläggning kan schakt för dagvattendammar och uppförande av markförstärkta bullervallar utföras utan ökad risk för skred.

Det rekommenderas att markförstärkning för bullervallar (helst även uppfyllnad) utförs innan schaktning påbörjas för dagvattendammar då dessa har en positiv inverkan på stabiliteten inom området.

11 Kompletterande geoteknisk utredning

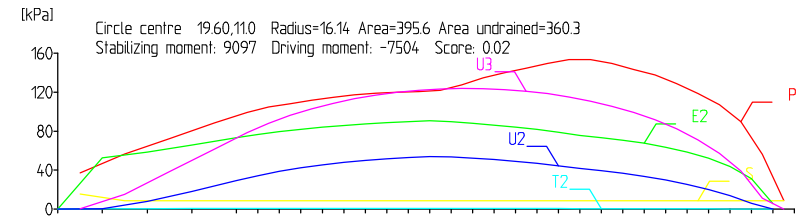
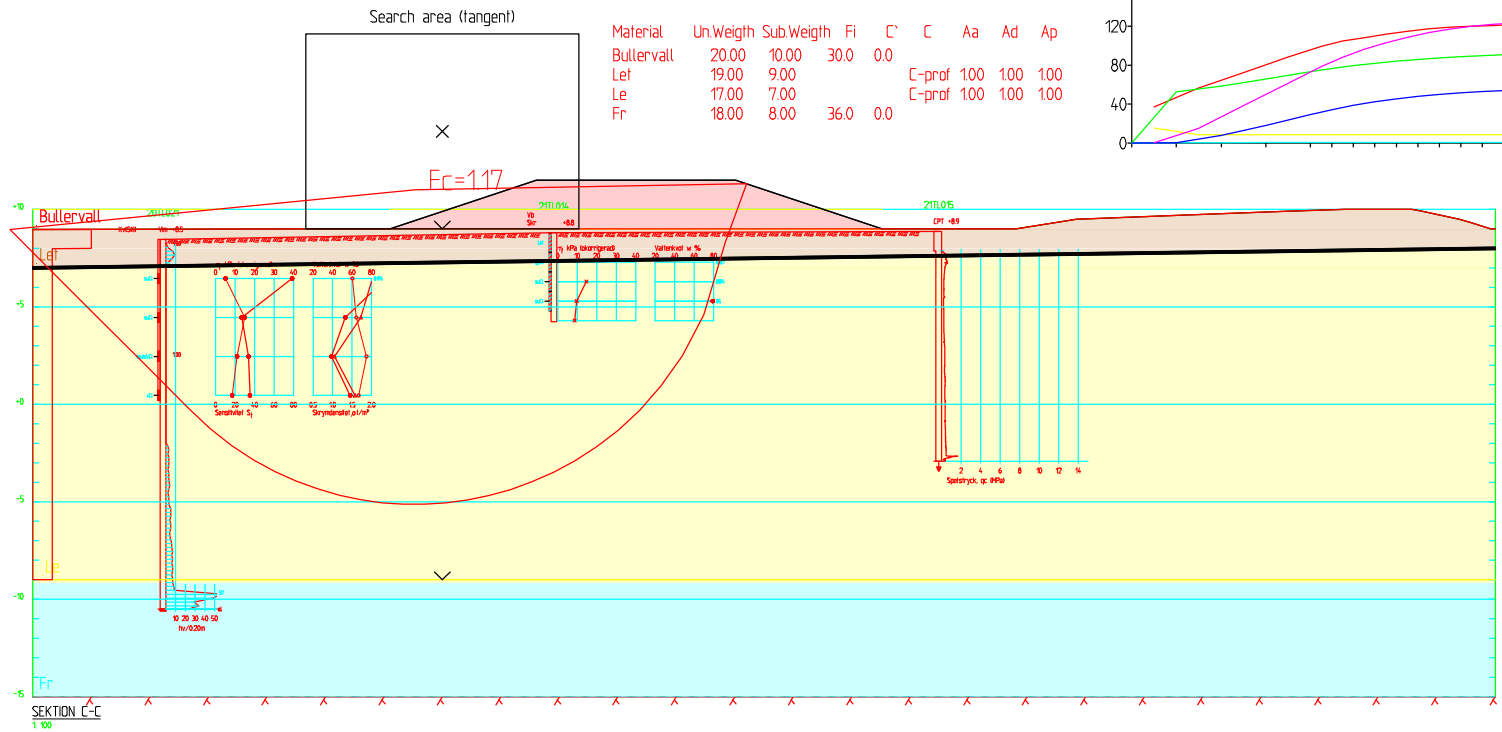
I samband med projektering rekommenderas att inblandningsförsök utförs på leran för att utreda potentiella skjuvhållfastheter och recept för jordförstärkningen.

I ett projekteringsskede kompletteras utredningen med glidytor mot/från befintlig järnväg och Enköpingsvägen där glidytor med inverkan av både trafiklast och slutlig utformning av bullervall och dagvattendamm beräknas.

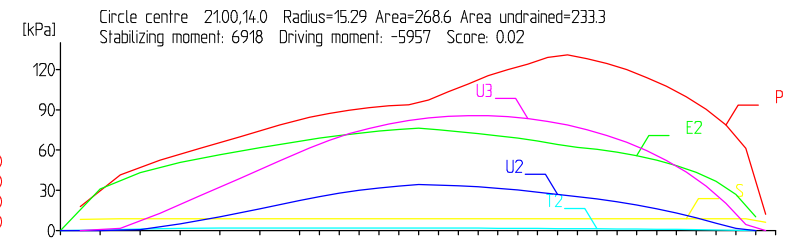
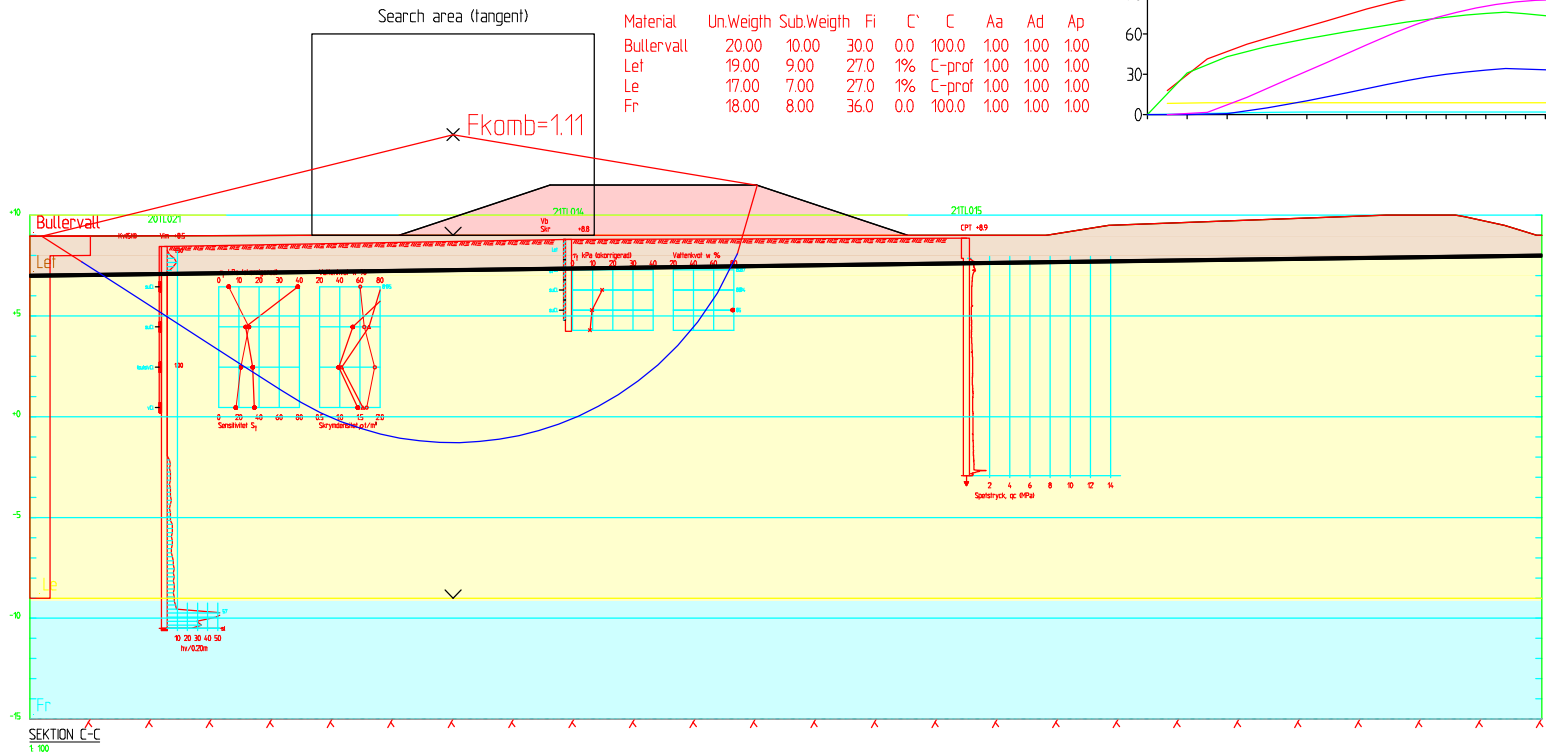
De geotekniska förhållandena under Enköpingsvägen och järnväg bedöms vara godare än inom befintligt åkerområde då trafiklast och spår/väg bör ha haft en konsoliderande effekt på jordlagerföljden och järnvägen är förstärkt med kc-pelare.

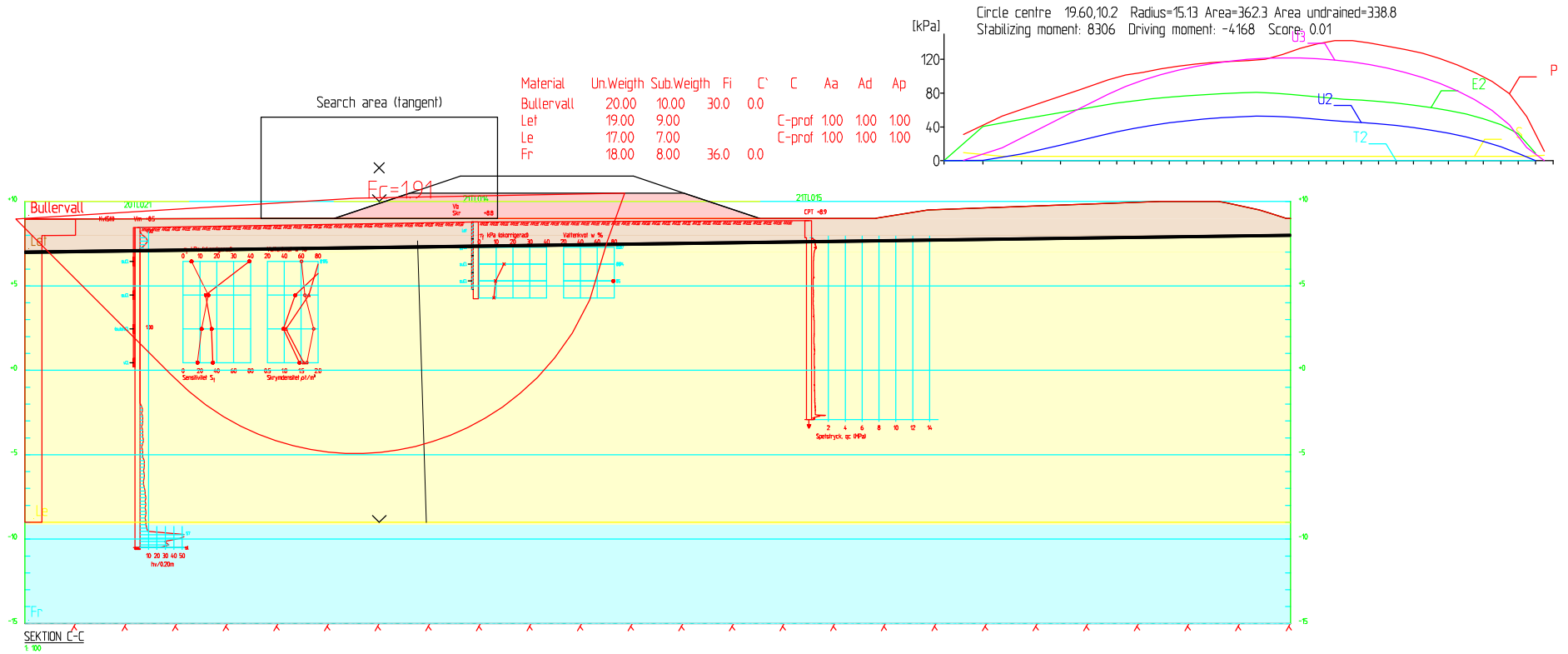
Det rekommenderas att mätningar av grundvattennivåer fortsätter att utföras en gång i månaden under det närmaste året för att erhålla en årsserie på grundvattenvariationerna.

SEKTION 1-1 ODRÄNERAD ANALYS, 2,5m HÖJD

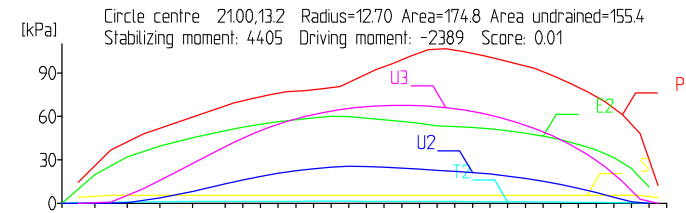


SEKTION 1-1 KOMBINERAD ANALYS, 25m HÖJD

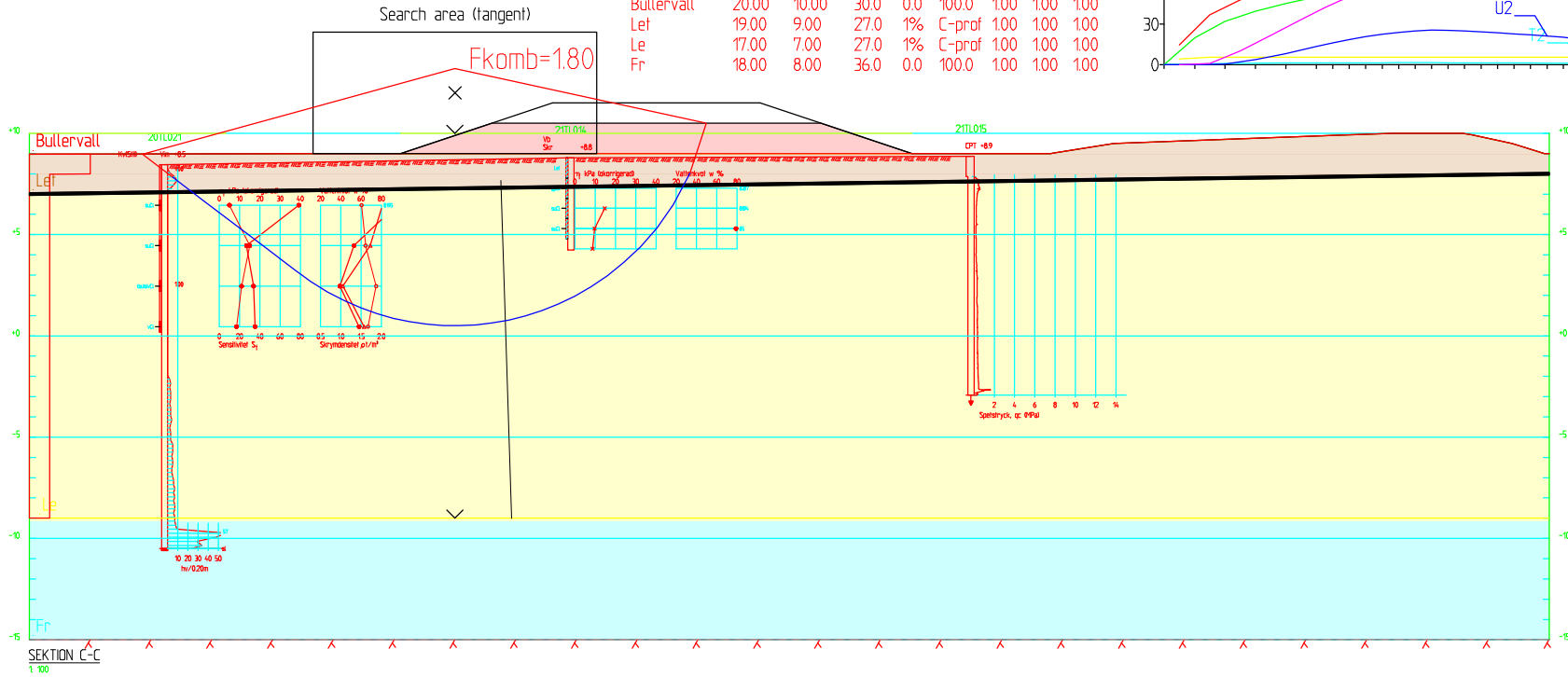




SEKTION 1-1 KOMBINERAD ANALYS, 1,5m HÖJD

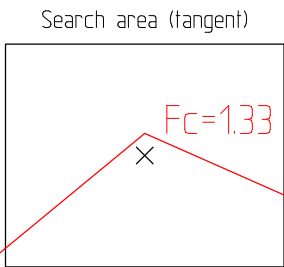


| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|------------|-----------|------------|------|-----|--------|------|------|------|
| Bultervall | 20.00 | 10.00 | 30.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Le1 | 19.00 | 9.00 | 27.0 | 1% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Le | 17.00 | 7.00 | 27.0 | 1% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Fr | 18.00 | 8.00 | 36.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

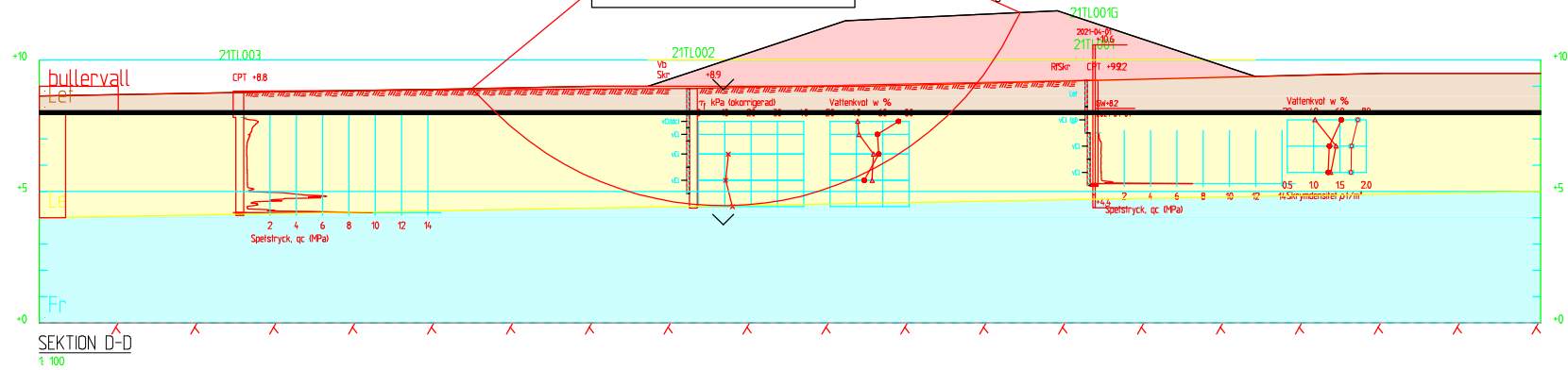
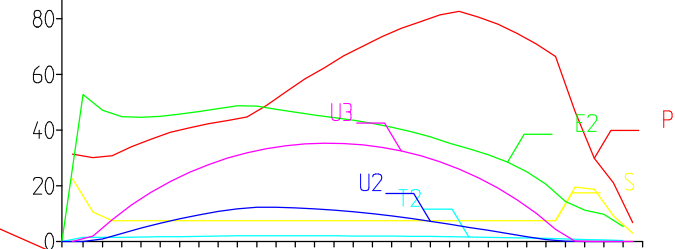


SEKTION 2-2 ODRÄNERAD ANALYS 2,5m HÖJD

| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|------------|-----------|------------|------|-----|--------|------|------|------|
| bullervall | 20.00 | 10.00 | 30.0 | 0.0 | | | | |
| Lef | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Le | 17.00 | 7.00 | | | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Fr | 18.00 | 8.00 | 36.0 | 0.0 | | | | |



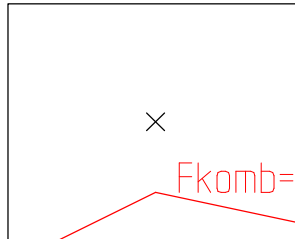
[kPa] Circle centre 26.00,16.8 Radius=12.34 Area=84.9 Area undrained=60.3
 Stabilizing moment: 3729 Driving moment: -2801 Score: 0.03



SEKTION 2-2 KOMBINERAD ANALYS 2,5m HÖJD

| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|------------|-----------|------------|------|-----|--------|------|------|------|
| bullervall | 20.00 | 10.00 | 30.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Le1 | 19.00 | 9.00 | 27.0 | 1% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Le | 17.00 | 7.00 | 27.0 | 1% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Fr | 18.00 | 8.00 | 36.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

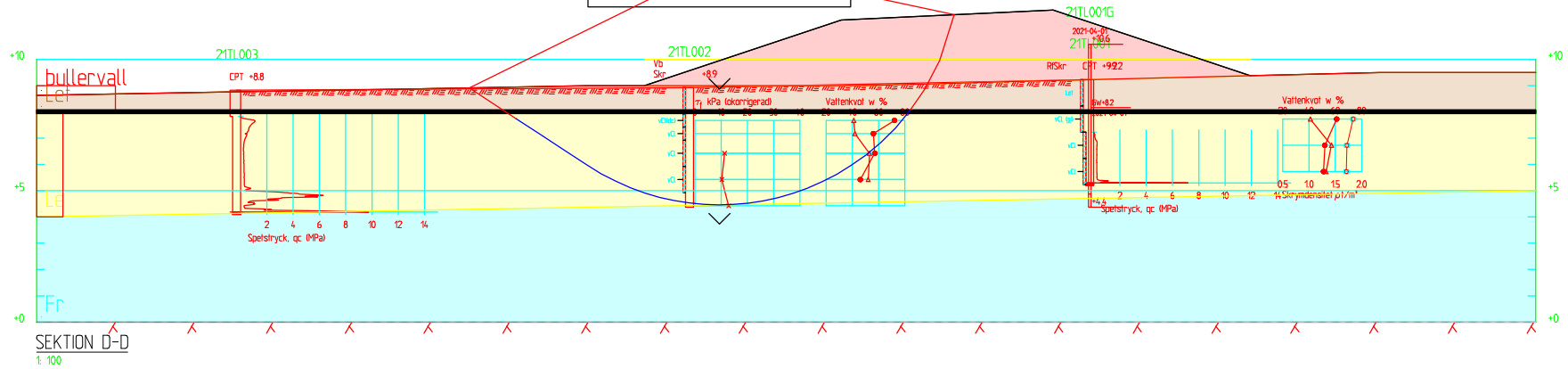
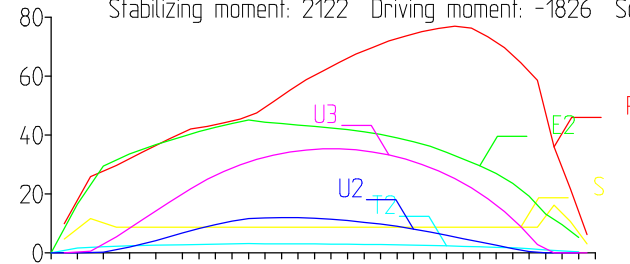
Search area (tangent)



Fkomb=1,15

[kPa]

Circle centre 26.00,13.6 Radius=9.14 Area=71.8 Area undrained=51.3
Stabilizing moment: 2122 Driving moment: -1826 Score: 0.04



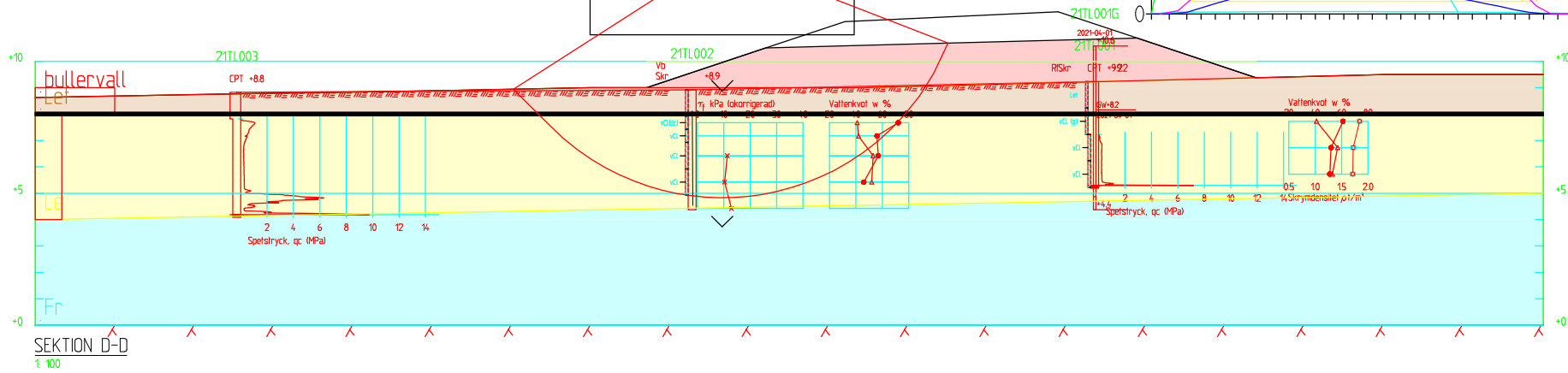
SEKTION 2-2 ODRÄNERAD ANALYS 1,5m HÖJD

| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C` | C | Aa | Ad | Ap |
|------------|-----------|------------|------|-----|--------|------|------|------|
| bullervall | 20.00 | 10.00 | 30.0 | 0.0 | | | | |
| Le1 | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Le | 17.00 | 7.00 | | | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Fr | 18.00 | 8.00 | 36.0 | 0.0 | | | | |

Search area (tangent)

$F_c = 2.12$

[kPa] Circle centre 26.00,14.0 Radius=9.17 Area=58.8 Area undrained=45.3
 Stabilizing moment: 2264 Driving moment: -1065 Score: 0.03



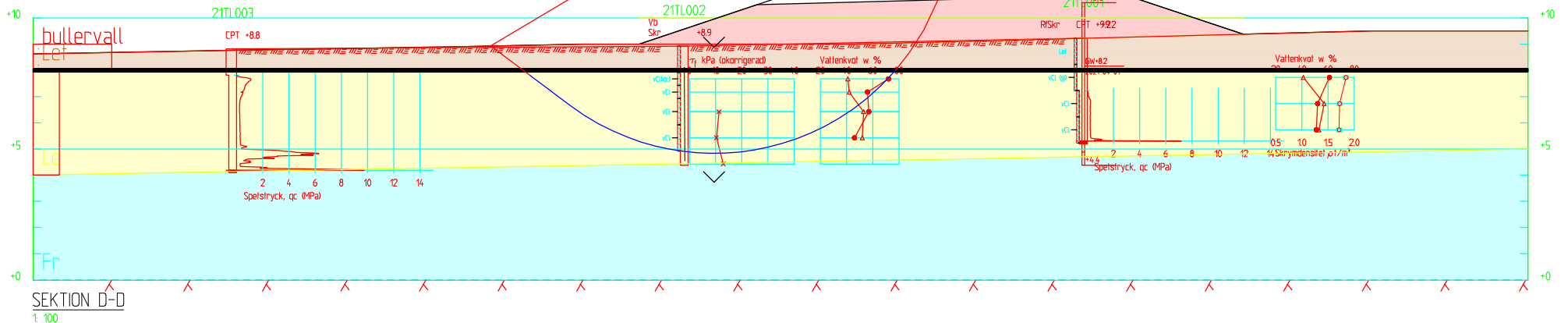
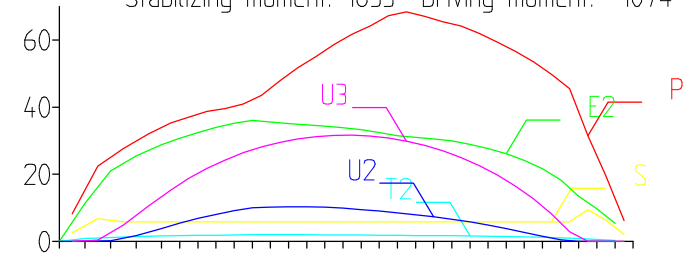
SEKTION 2-2 ODRÄNERAD ANALYS 1,5m HÖJD

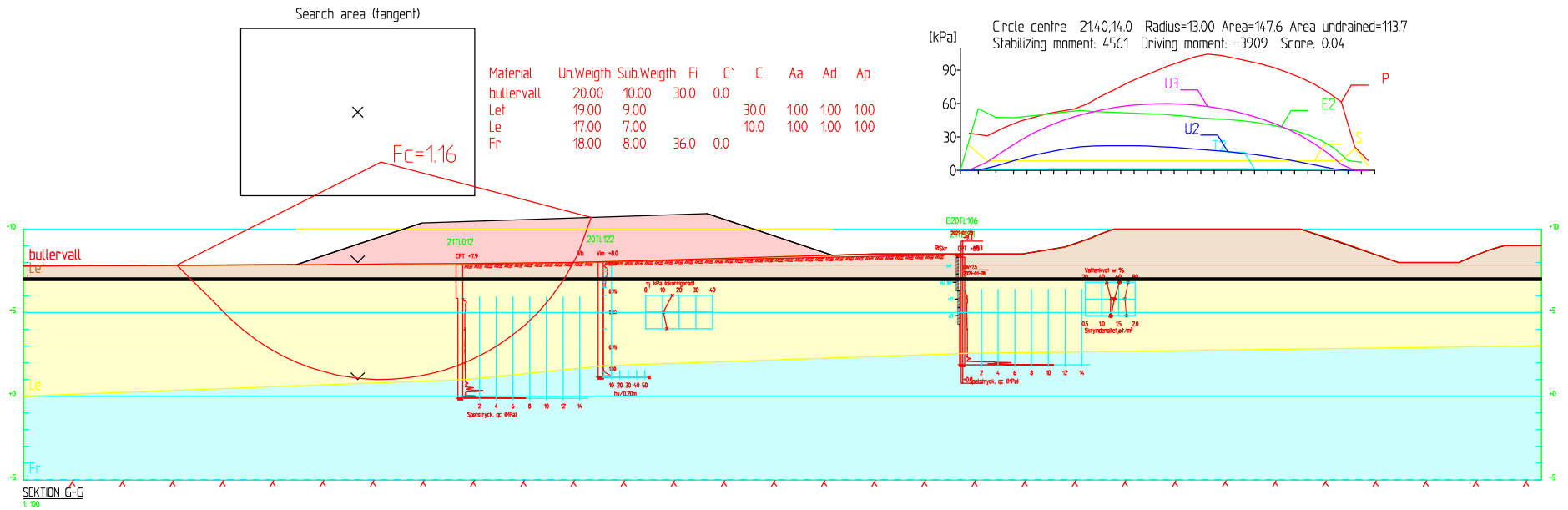
| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|------------|-----------|------------|------|-----|--------|------|------|------|
| bullervall | 20.00 | 10.00 | 30.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Le1 | 19.00 | 9.00 | 27.0 | 1% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Le | 17.00 | 7.00 | 27.0 | 1% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Fr | 18.00 | 8.00 | 36.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

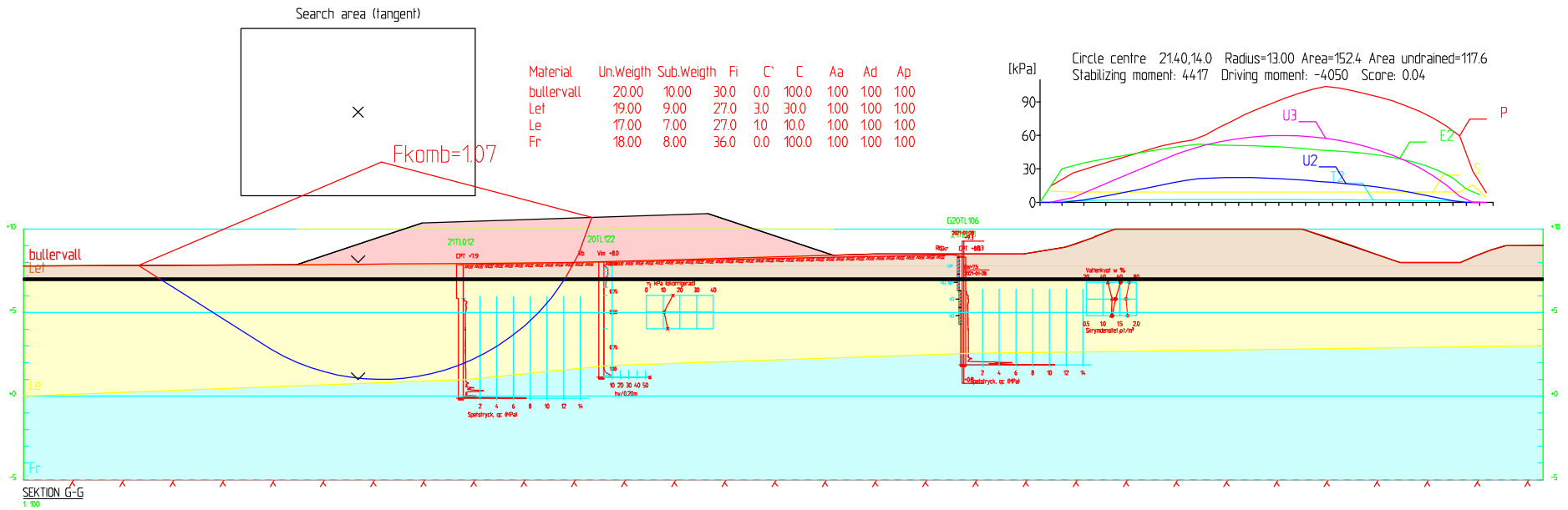
Search area (tangent)

Fkomb=1.72

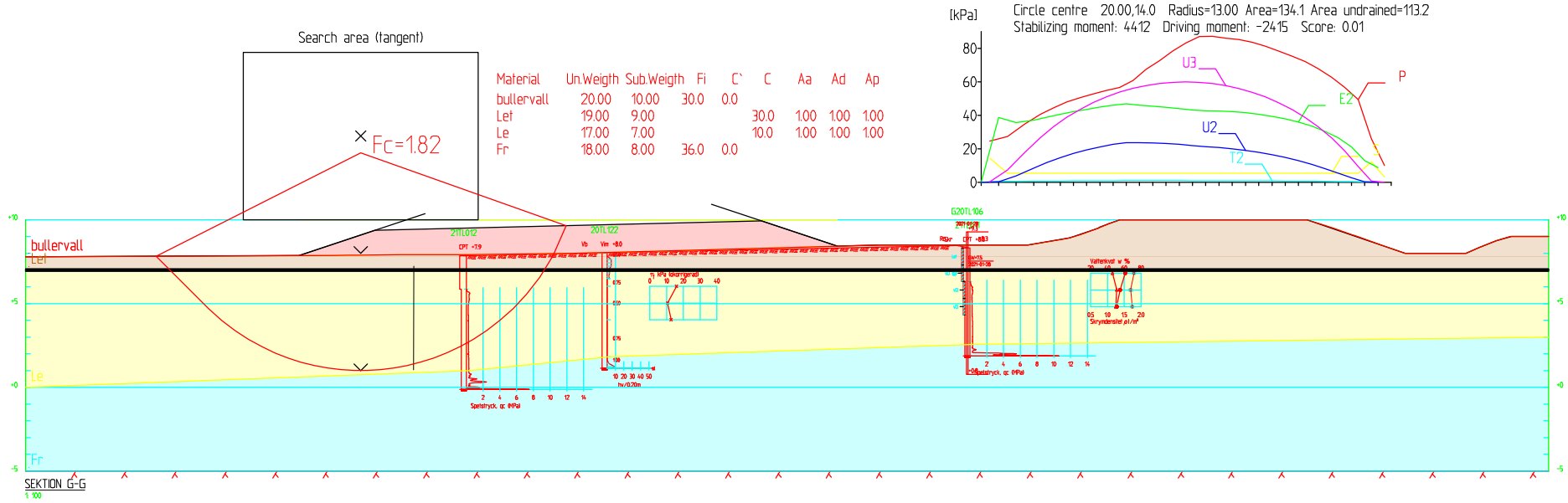
[kPa] Circle centre 26.00,14.0 Radius=9.17 Area=59.4 Area undrained=44.6
 Stabilizing moment: 1853 Driving moment: -1074 Score: 0.03



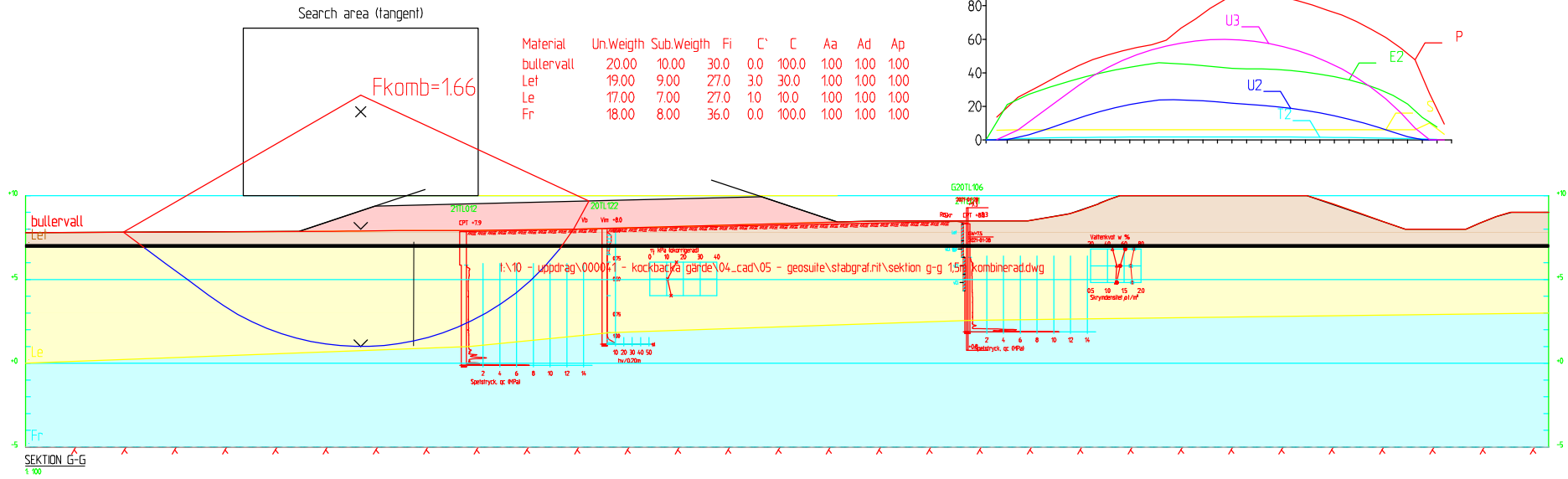




SEKTION 3-3 ODRÄNERAD ANALYS 1,5M HÖJD

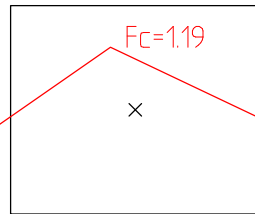


SEKTION 3-3 KOMBINERAD ANALYS 1,5M HÖJD



SEKTION 4-4 ODRÄNERAD ANALYS 2,5m HÖJD

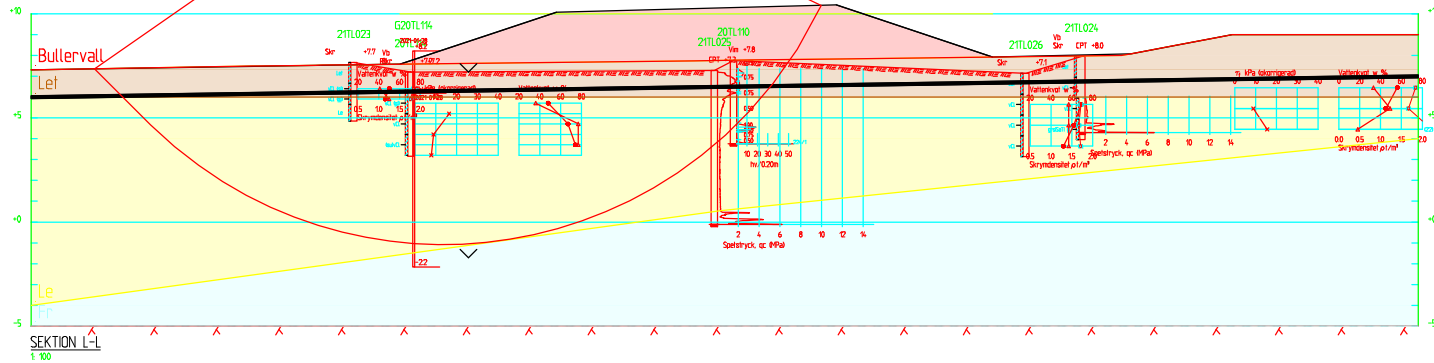
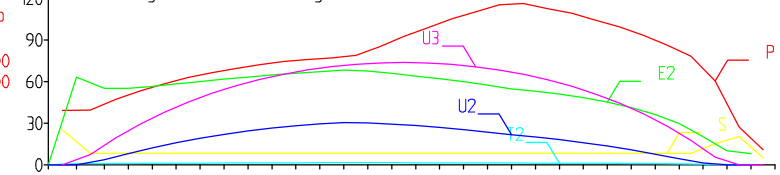
Search area (tangent)



| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|------------|-----------|------------|------|------|-----|-----|-----|----|
| Buttervall | 20.00 | 10.00 | 30.0 | 0.0 | | | | |
| Let | 19.00 | 9.00 | | 30.0 | 100 | 100 | 100 | |
| Le | 17.00 | 7.00 | | 10.0 | 100 | 100 | 100 | |
| Fr | 18.00 | 8.00 | 36.0 | 0.0 | | | | |

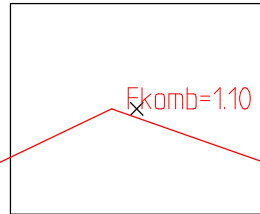
[kPa]

Circle centre 19.80,19.0 Radius=20.08 Area=240.3 Area undrained=201.1
Stabilizing moment: 9882 Driving moment: -8295 Score: 0.03



SEKTION 4-4 KOMBINERAD ANALYS 2,5m HÖJD

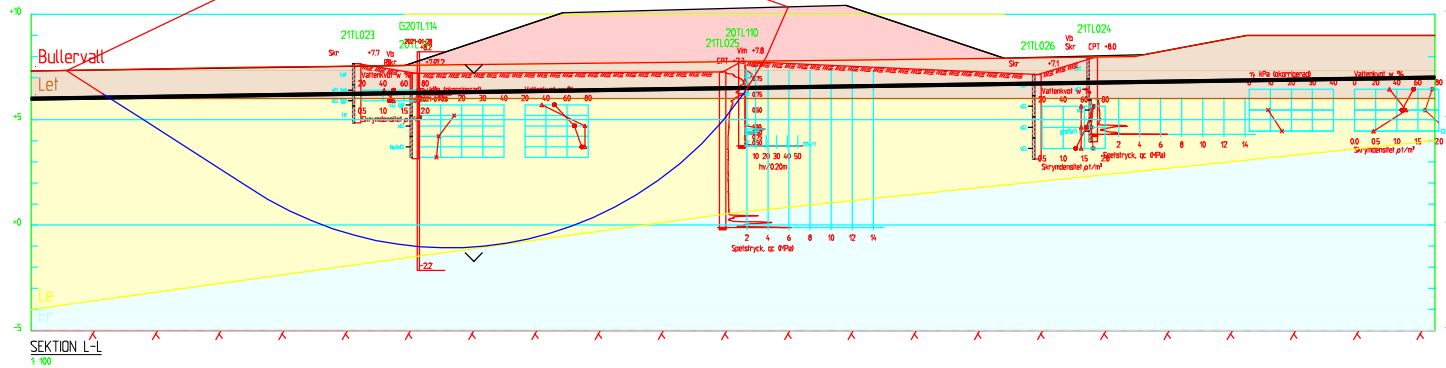
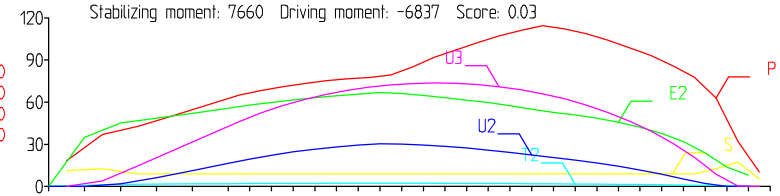
Search area (tangent)



| Material | Un.Weigh | Sub.Weigh | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|-------------|----------|-----------|------|-----|-------|------|------|------|
| Bulleryvall | 20.00 | 10.00 | 30.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Let | 19.00 | 9.00 | 27.0 | 3.0 | 30.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Le | 17.00 | 7.00 | 27.0 | 1.0 | 10.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Fr | 18.00 | 8.00 | 36.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

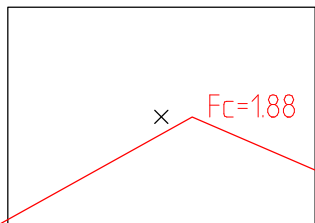
[kPa]

Circle centre 19,80,16,0 Radius=17,08 Area=224,4 Area undrained=188,6
Stabilizing moment: 7660 Driving moment: -6837 Score: 0,03

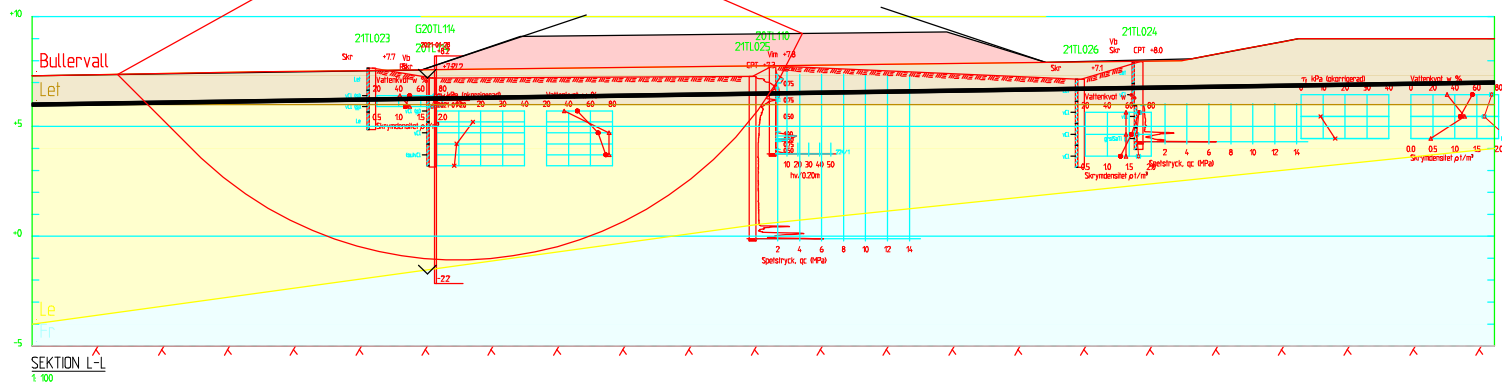
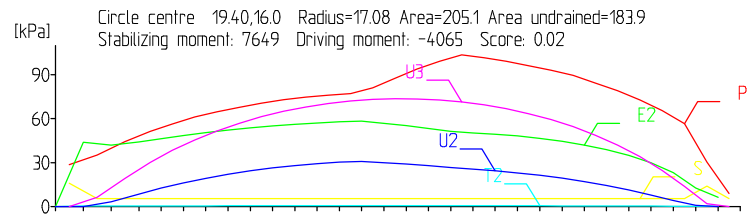


SEKTION 4-4 ODRÄNERAD ANALYS 1,5m HÖJD

Search area (tangent)

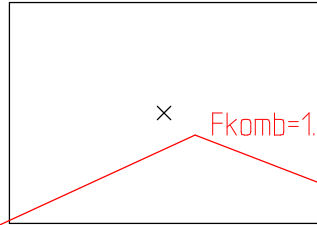


| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|------------|-----------|------------|------|------|-----|-----|-----|----|
| Buttervall | 20.00 | 10.00 | 30.0 | 0.0 | | | | |
| Le1 | 19.00 | 9.00 | | 30.0 | 100 | 100 | 100 | |
| Le | 17.00 | 7.00 | | 10.0 | 100 | 100 | 100 | |
| Fr | 18.00 | 8.00 | 36.0 | 0.0 | | | | |

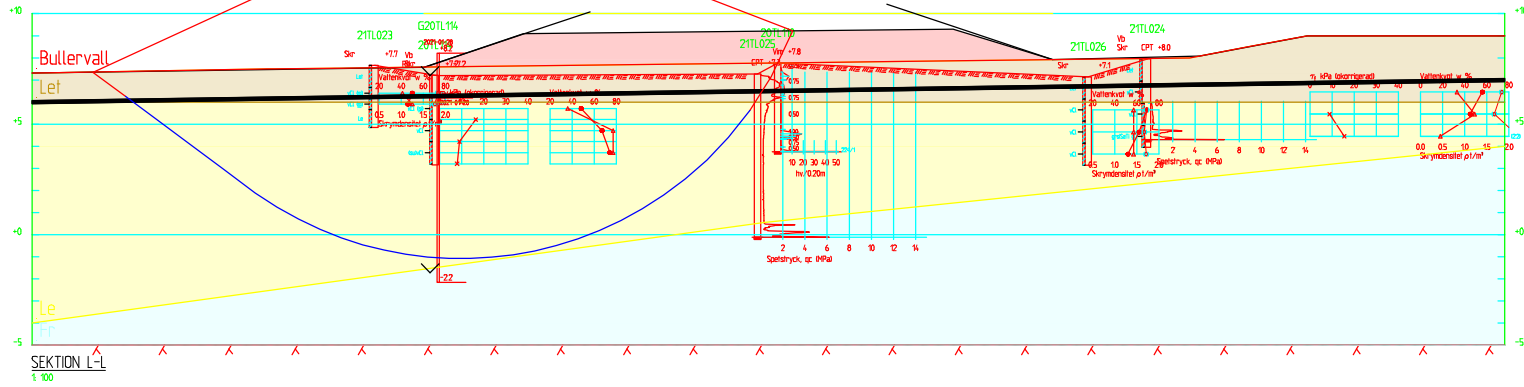
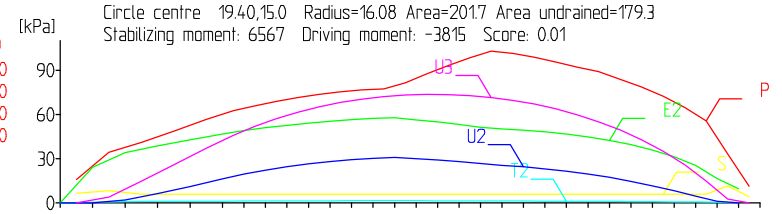


SEKTION 4-4 KOMBINERAD ANALYS 1,5m HÖJD

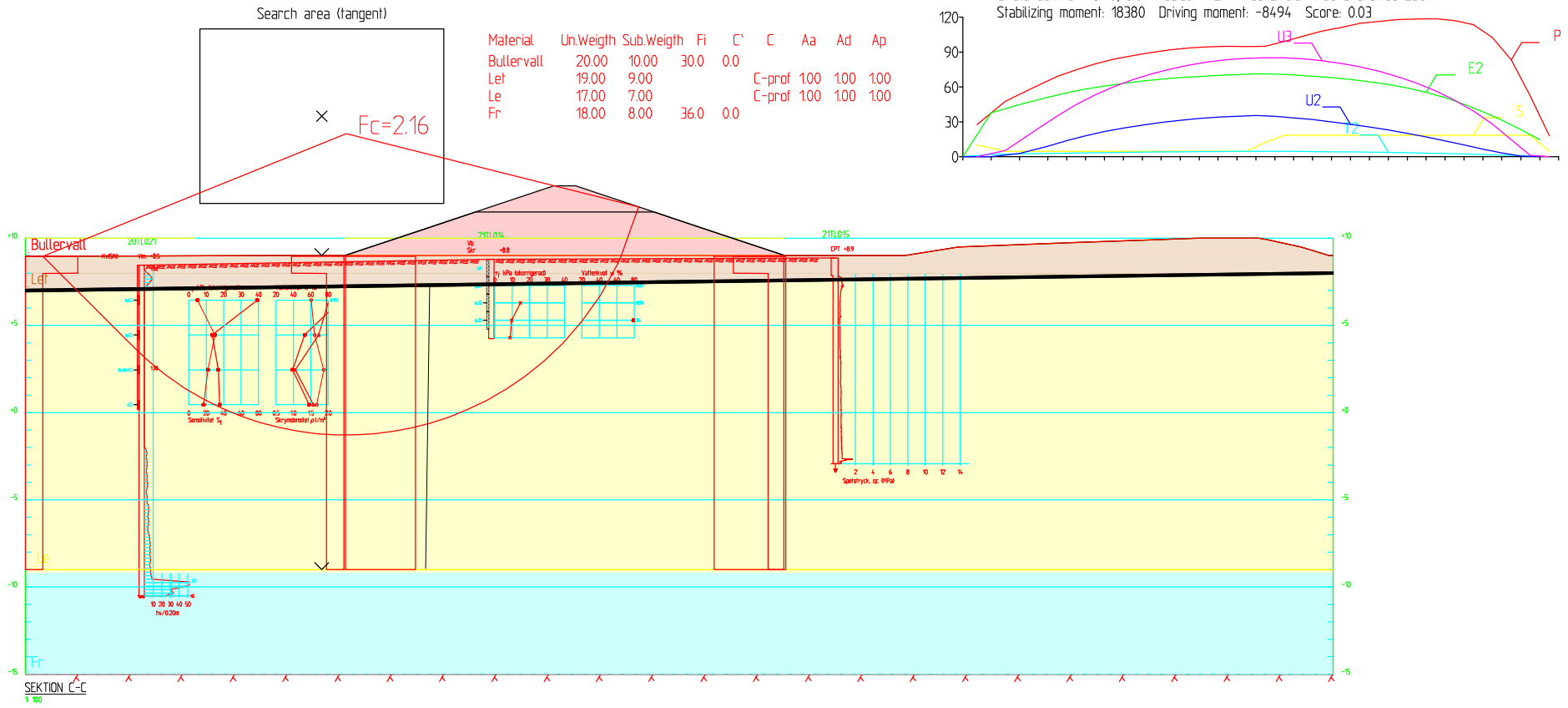
Search area (tangent)



| Material | Un.Weight | Sub.Weight | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|------------|-----------|------------|------|-----|-------|------|------|------|
| Bullervall | 20.00 | 10.00 | 30.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Lef | 19.00 | 9.00 | 27.0 | 3.0 | 30.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Le | 17.00 | 7.00 | 27.0 | 1.0 | 10.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Fr | 18.00 | 8.00 | 36.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

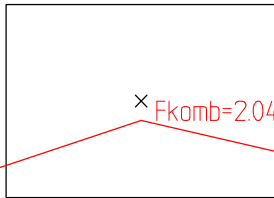


SEKTION 1-1 ODRÄNERAD ANALYS 4,0M HÖJD KC-PELARFÖRSTÄRKNING



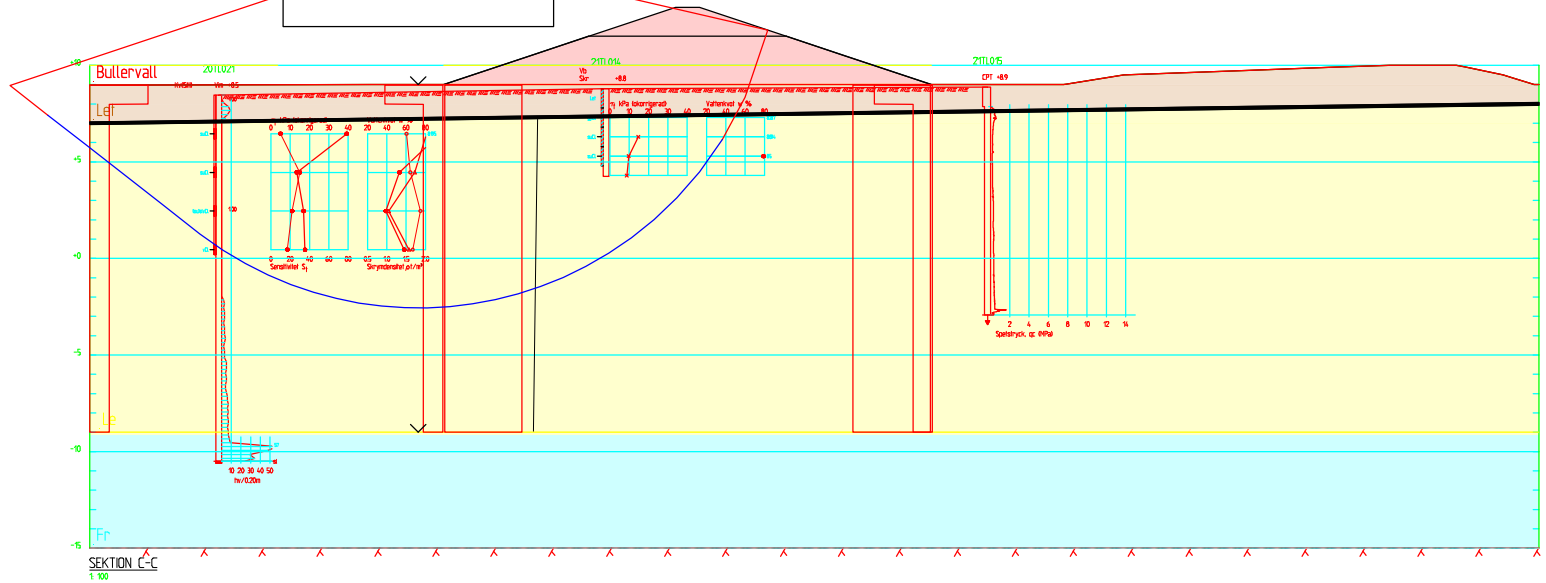
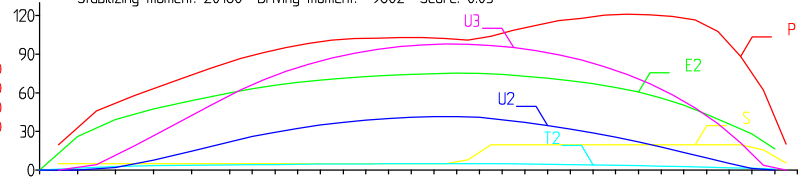
SEKTION 1-1 KOMBINERAD ANALYS 4,0M HÖJD KC-PELARFÖRSTÄRKNING

Search area (tangent)



| Material | Un.Weighth | Sub.Weighth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|------------|------------|-------------|------|-----|--------|------|------|------|
| Bultervall | 20.00 | 10.00 | 30.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Let | 19.00 | 9.00 | 27.0 | 1% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Le | 17.00 | 7.00 | 27.0 | 1% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Fr | 18.00 | 8.00 | 36.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

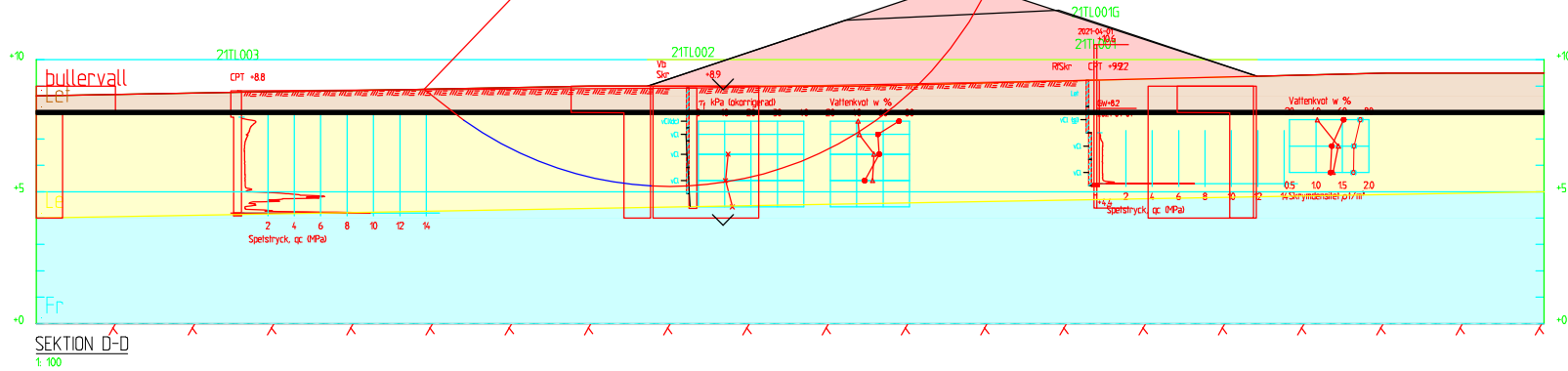
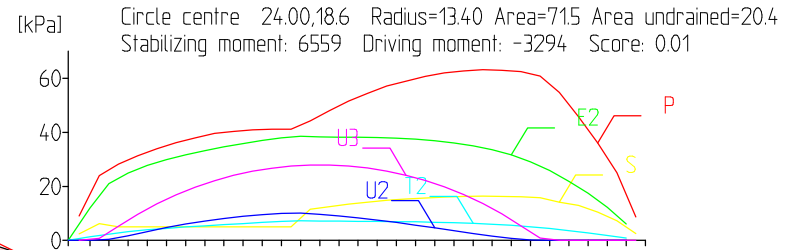
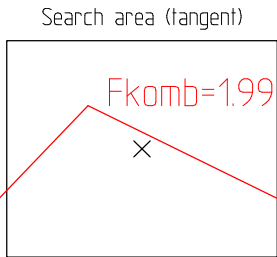
[kPa] Circle centre 17.00,16.0 Radius=18.57 Area=338.0 Area undrained=294.6
Stabilizing moment: 20160 Driving moment: -9802 Score: 0.03



SEKTION C-C
1:100

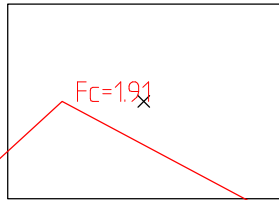
SEKTION 2-2 KOMBINERAD ANALYS 4,0m HÖJD KC-PELARFÖRSTÄRKNING

| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|------------|-----------|------------|------|-----|--------|------|-------------------------|------|
| bullervall | 20.00 | 10.00 | 30.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Le1 | 19.00 | 9.00 | 27.0 | 1% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Le | 17.00 | 7.00 | 27.0 | 1% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Fr | 18.00 | 8.00 | 36.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 </td <td>1.00</td> | 1.00 |

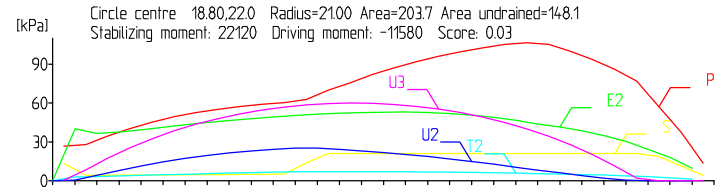


SEKTION 3-3 ODRÄNERAD ANALYS 4,0m HOJD KC-PELAR FÖRSTÄRKNING

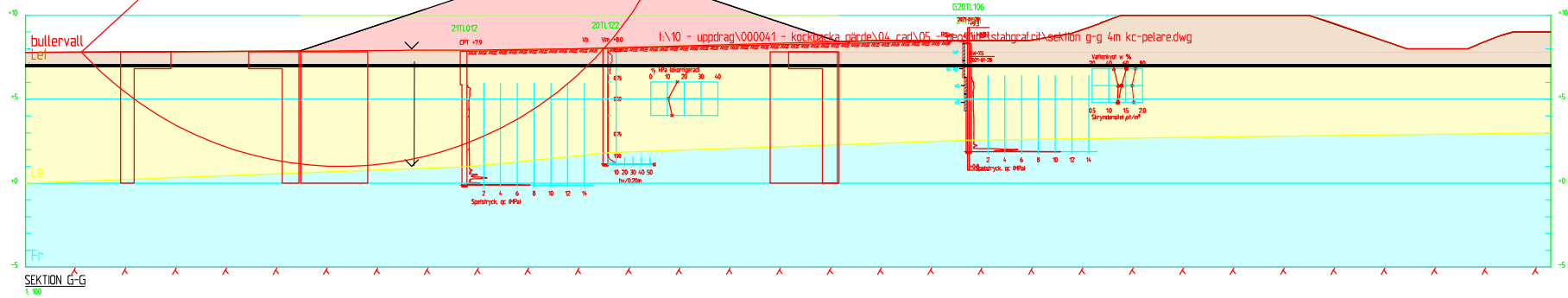
Search area (tangent)



| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|------------|-----------|------------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| buttervall | 20.00 | 10.00 | 30.0 | 0.0 | | | | |
| Le1 | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Le | 17.00 | 7.00 | | | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Fr | 18.00 | 8.00 | 36.0 | 0.0 | | | | |

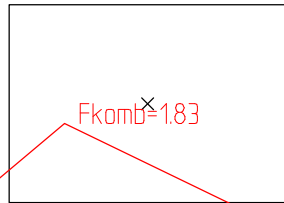


Circle centre 18,80,22,0 Radius=2100 Area=203,7 Area undrained=148,1
 Stabilizing moment: 22120 Driving moment: -11580 Score: 0,03

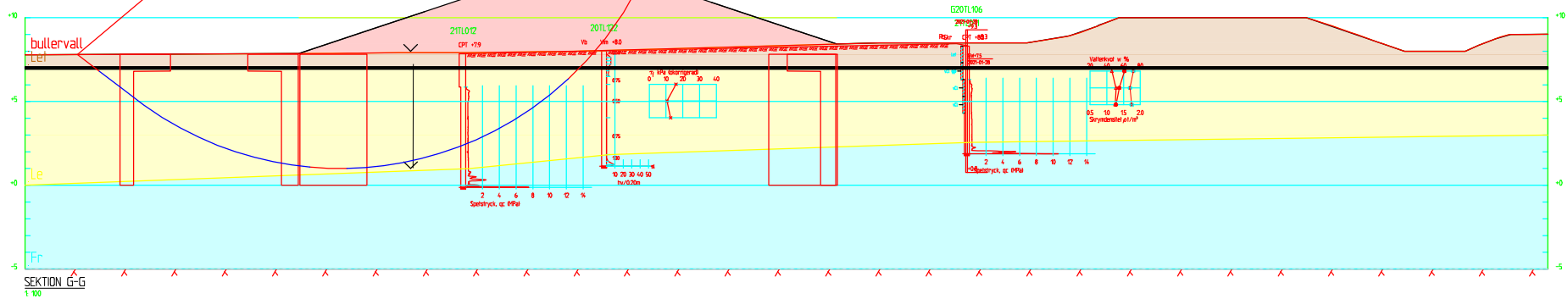
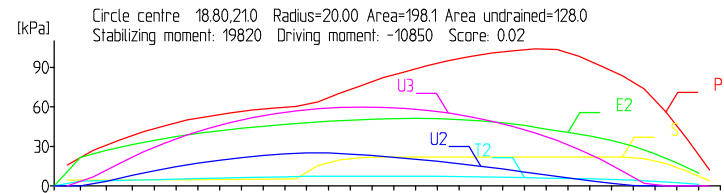


SEKTION 3-3 KOMBINERAD ANALYS 4,0m HÖJD KC-PELAR FÖRSTÄRKNING

Search area (tangenti)

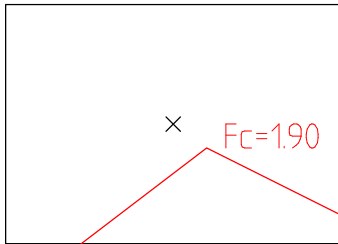


| Material | Un.Weigh | Sub.Weigh | Fi | C` | C | Aa | Ad | Ap |
|------------|----------|-----------|------|-----|--------|------|------|------|
| butlervall | 20.00 | 10.00 | 30.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Le1 | 19.00 | 9.00 | 27.0 | 1% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Le | 17.00 | 7.00 | 27.0 | 1% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Fr | 18.00 | 8.00 | 36.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

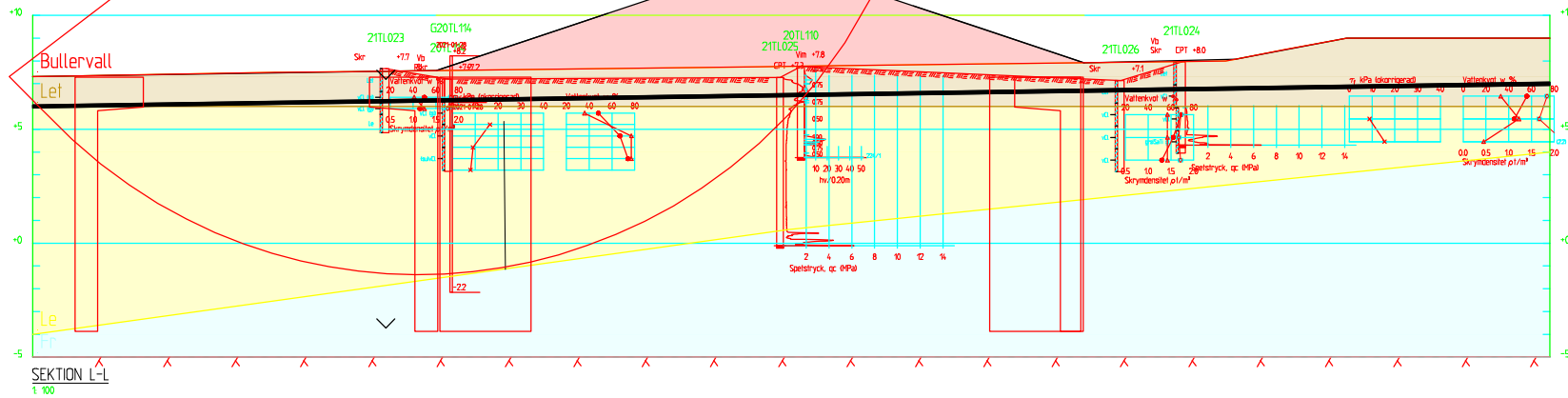
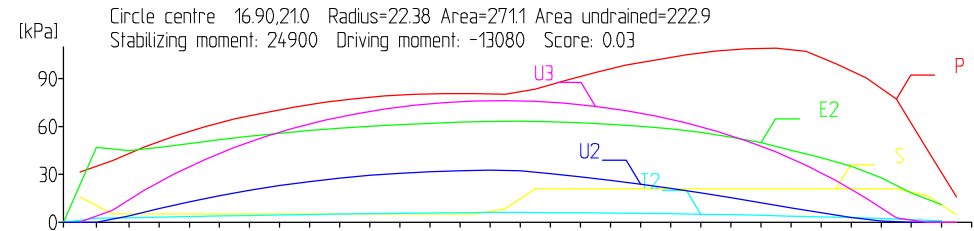


SEKTION 4-4 ODRÄNERAD ANALYS 4,0m HÖJD KC-PELARFÖRSTÄRKNING

Search area (tangent)

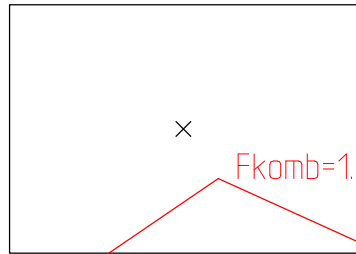


| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|------------|-----------|------------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| Bullervall | 20.00 | 10.00 | 30.0 | 0.0 | | | | |
| Let | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Le | 17.00 | 7.00 | | | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Fr | 18.00 | 8.00 | 36.0 | 0.0 | | | | |



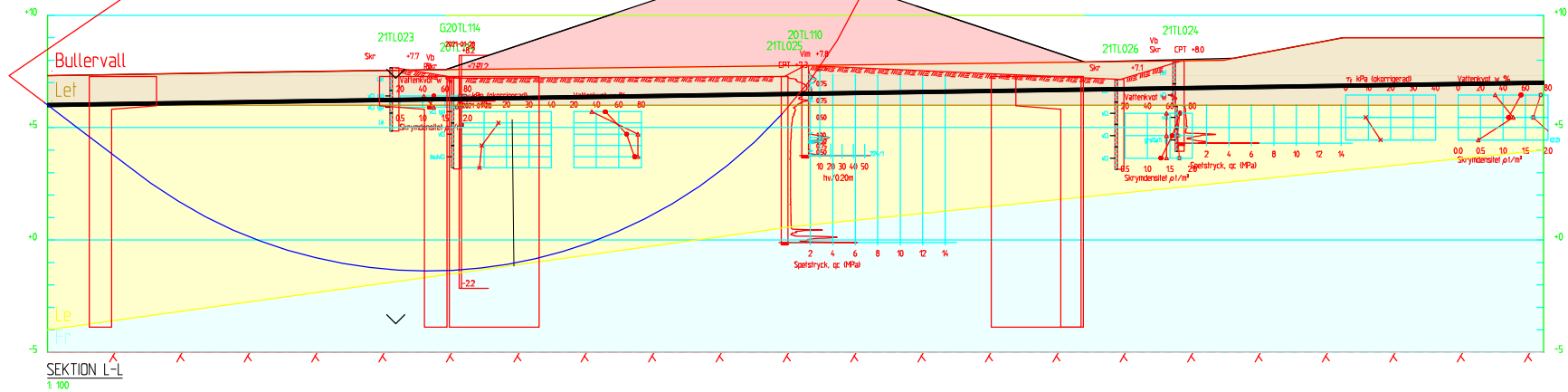
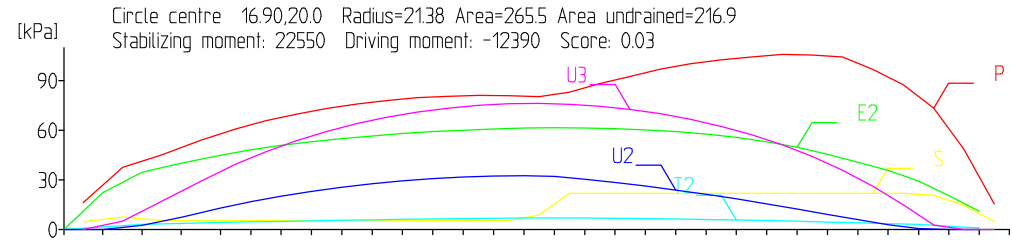
SEKTION 4-4 KOMBINERAD ANALYS 4,0m HÖJD KC-PELARFÖRSTÄRKNING

Search area (tangent)



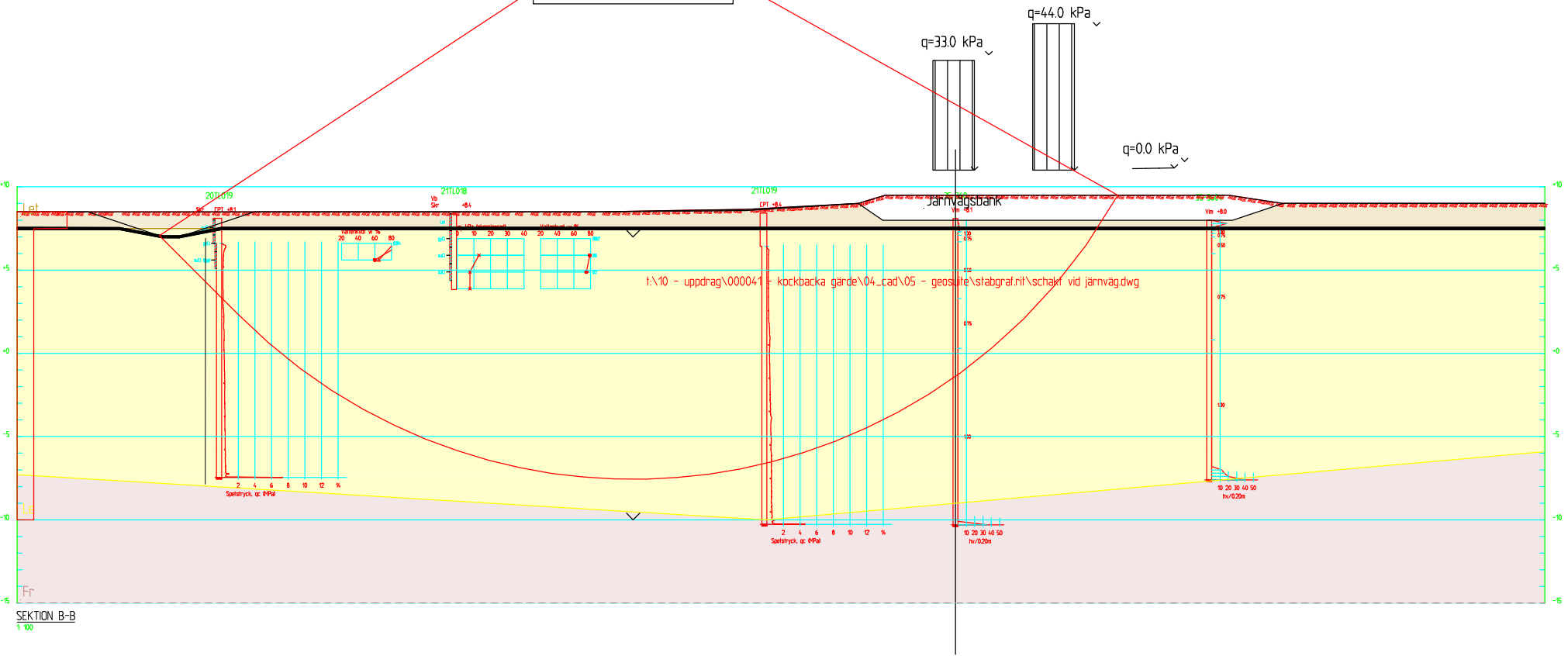
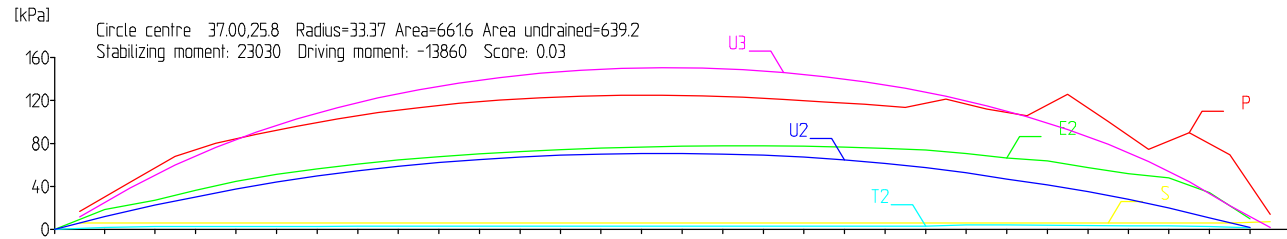
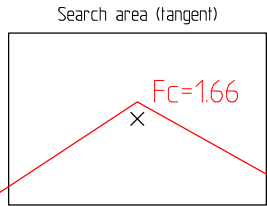
Fkomb=1.82

| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|------------|-----------|------------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| Buttervall | 20.00 | 10.00 | 30.0 | 0.0 | 100.0 | 100 | 100 | 100 |
| Le1 | 19.00 | 9.00 | 27.0 | 1% | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Le | 17.00 | 7.00 | 27.0 | 1% | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Fr | 18.00 | 8.00 | 36.0 | 0.0 | 100.0 | 100 | 100 | 100 |



SEKTION SCHAKT INTILL JÄRNVÄG, 1,5M DJUP, SLÄNTLUTNING 1:3, 10M BREDD, ODRÄNERAD ANALYS

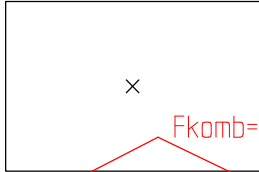
| Material | Un.Weighth | Sub.Weighth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|--------------|------------|-------------|------|-----|--------|------|------|------|
| Järnvägsbank | 20.00 | 10.00 | 42.0 | 0.0 | | | | |
| Le1 | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Le | 17.00 | 7.00 | | | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Fr | 18.00 | 8.00 | 36.0 | 0.0 | | | | |



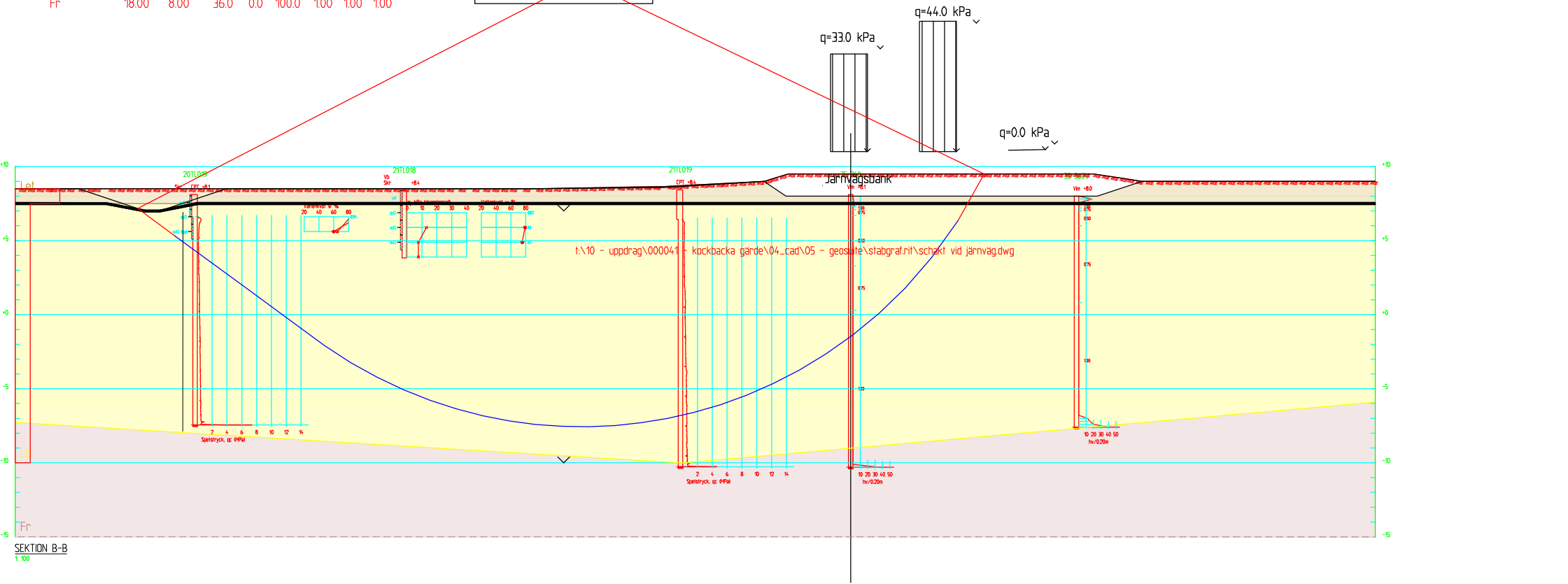
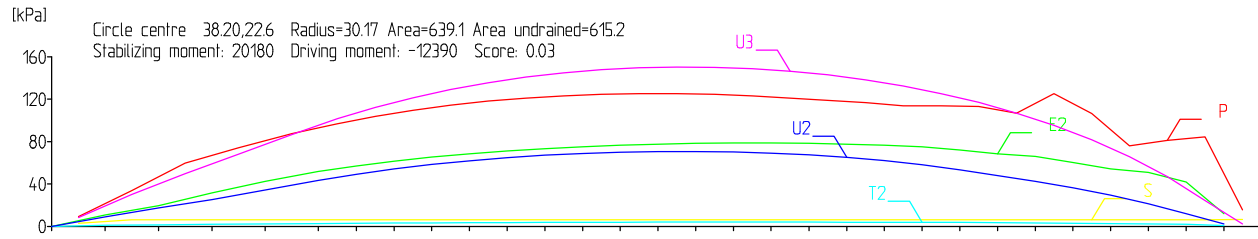
SEKTION SCHAKT INTILL JÄRNVÄG, 15M DJUP, SLÄNTLUTNING 1:3, 10M BREDD, KOMBINERAD ANALYS

| Material | Un.Weigth | Sub.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|--------------|-----------|------------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| Järnvägsbank | 20.00 | 10.00 | 42.0 | 0.0 | 100.0 | 100 | 100 | 100 |
| Let | 19.00 | 9.00 | 27.0 | 1% | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Le | 17.00 | 7.00 | 27.0 | 1% | C-prof | 100 | 100 | 100 |
| Fr | 18.00 | 8.00 | 36.0 | 0.0 | 100.0 | 100 | 100 | 100 |

Search area (tangent)

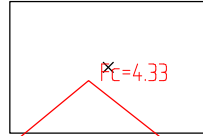


Fkomb=1.62

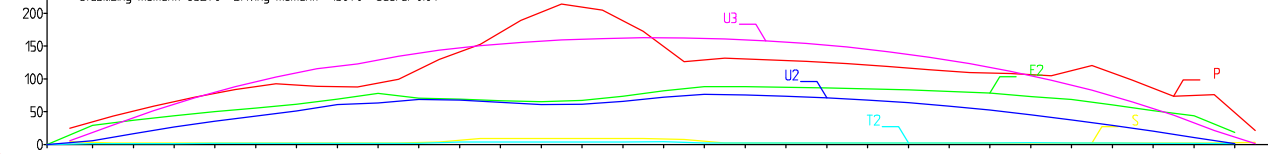


SEKTION FÄRDIG DAGVATTENDÄMM OCH MARKFÖRSTÄRK BULLERVALL, ODRÄNERAD ANALYS

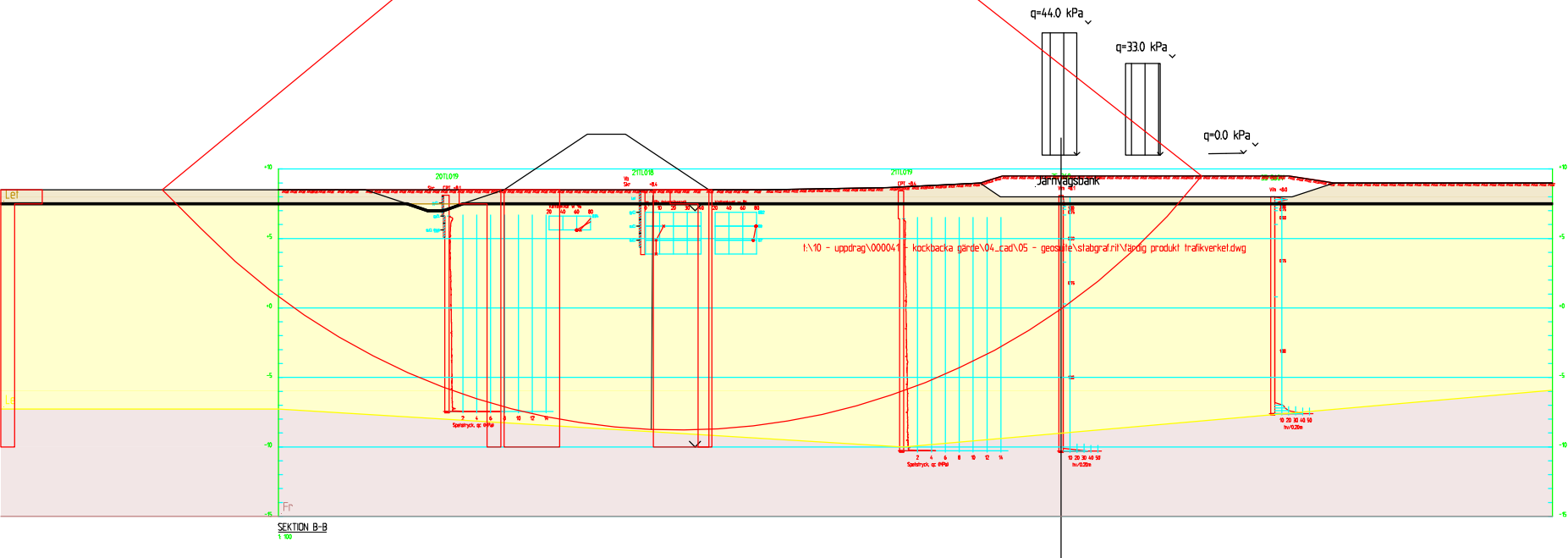
Search area (tangent)



[kPa] Circle centre 28.80,39.2 Radius=47.99 Area=930.0 Area undrained=871.9
Stabilizing moment: 65270 Driving moment: -15070 Score: 0.01



| Material | Un.Weigh | Sub.Weigh | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|--------------|----------|-----------|------|-----|--------|------|------|------|
| Järnvägsbank | 20.00 | 10.00 | 42.0 | 0.0 | | | | |
| Let | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Le | 17.00 | 7.00 | | | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Fr | 18.00 | 8.00 | 38.0 | 0.0 | | | | |



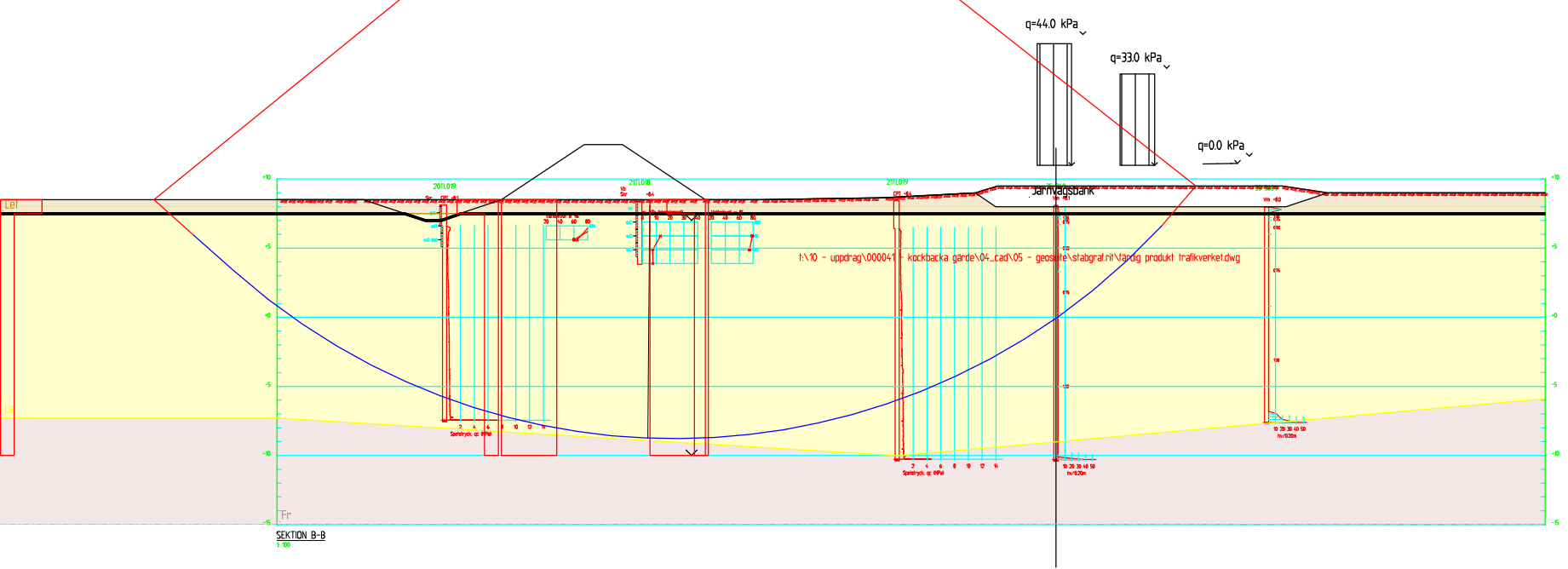
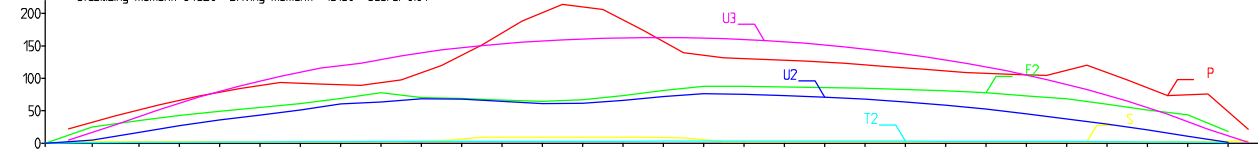
SEKTION B-B
1:10

SEKTION FÄRDIG DAGVATTENDAMM OCH MARKFÖRSTÄRK BULLERVALL, KOMBINERAD ANALYS

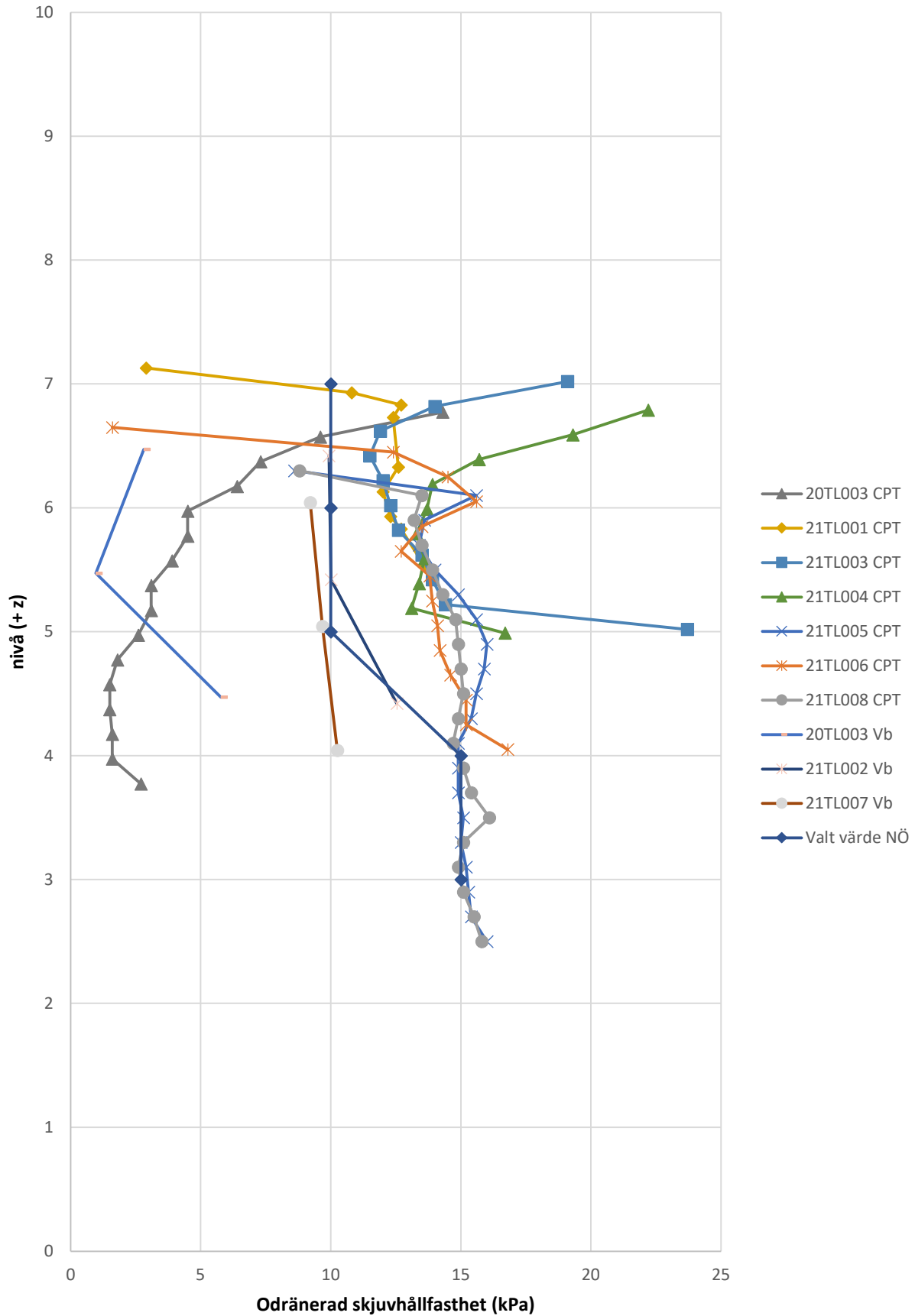
| Material | Un.Weight | Sub.Weight | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|--------------|-----------|------------|------|-----|--------|------|------|------|
| Järnvägsbank | 20.00 | 10.00 | 42.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Let | 19.00 | 9.00 | 27.0 | 1% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Le | 17.00 | 7.00 | 27.0 | 1% | C-prof | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Fr | 18.00 | 8.00 | 38.0 | 0.0 | 100.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Search area (tangenti)
 $\phi_{komb}=4.25$

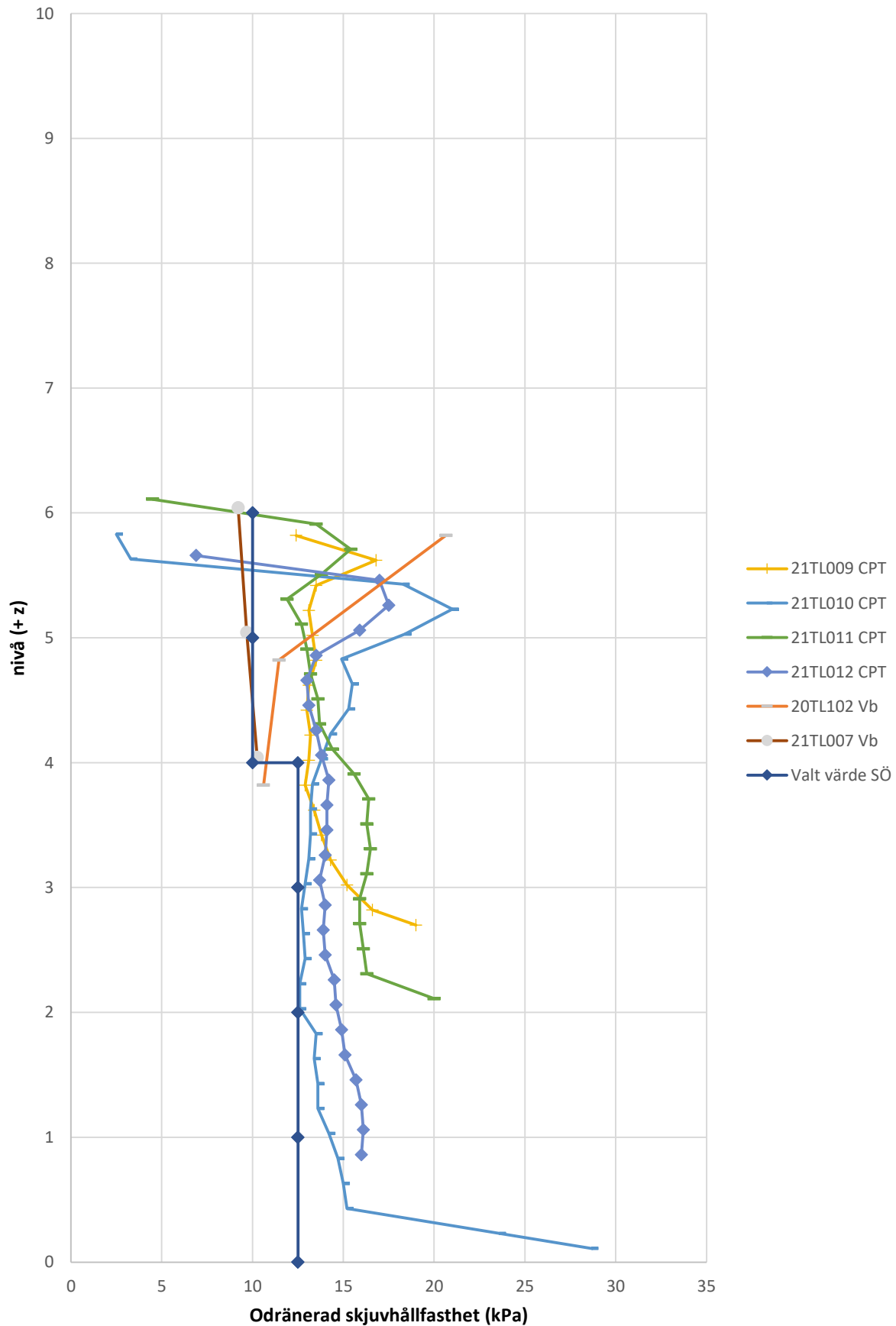
Circle centre 28.80,39.2 Radius=47.99 Area=9313 Area undrained=868.6
 Stabilizing moment: 64320 Driving moment: -15130 Score: 0.01



Korrigerad skjuvhållfasthet c_u (kPa) i nordöstra vallen

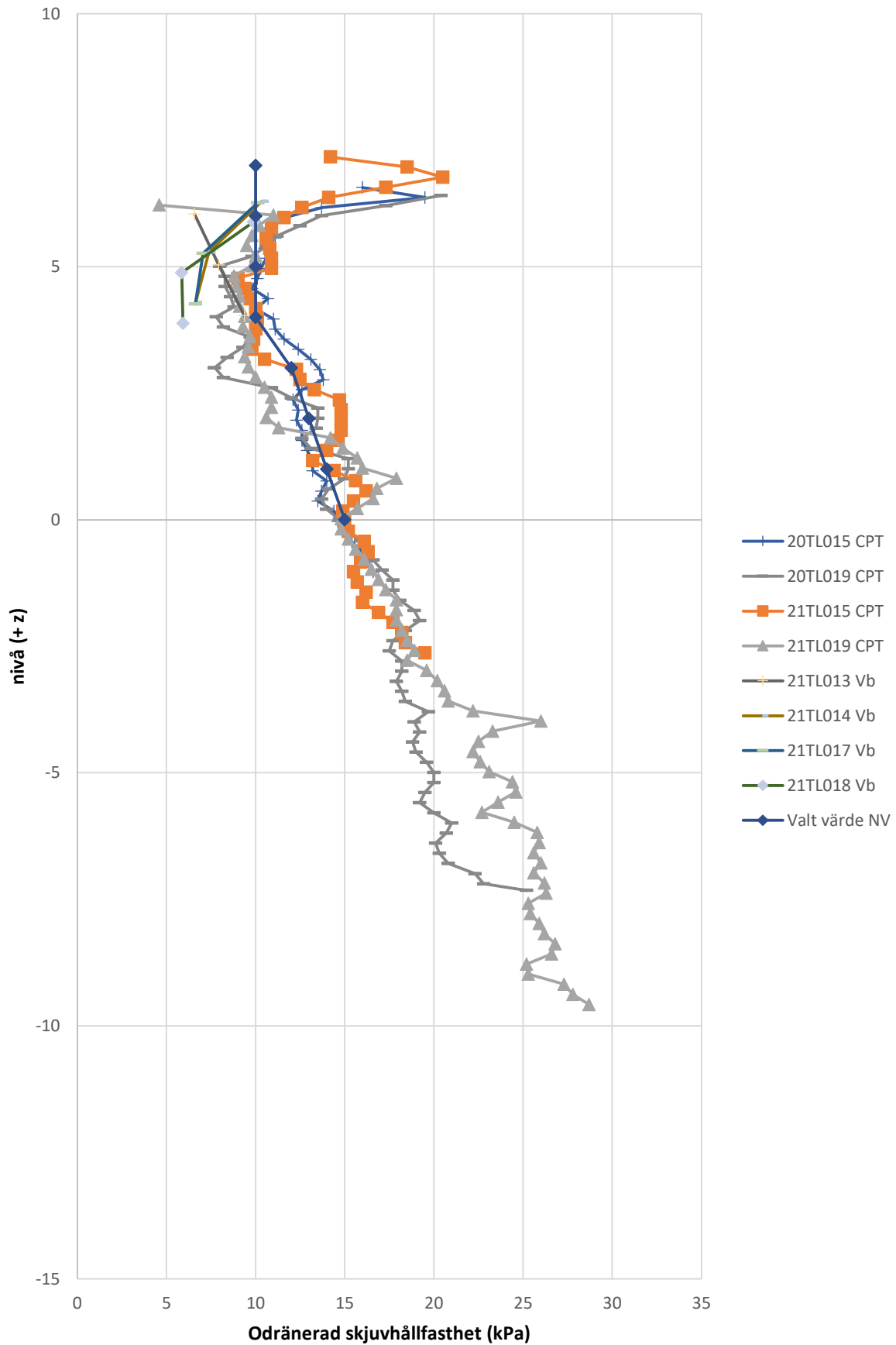


Korrigerad skjuvhållfasthet c_u (kPa) i sydöstra vallen



Odränerad skjuvhållfasthet (kPa)

Korrigerad skjuvhållfasthet c_u (kPa) i nordvästra vallen



Korrigerad skjuvhållfasthet c_u (kPa) i sydvästra vallen

