

# Rapport

Oppdragsgiver: **NVE**

Oppdrag: **Topdalsveien 230-236, Ryen  
Kristiansand kommune**

Emne: **Kvikkleireområde  
Stabilitet**

Dato: **11. oktober 2012**

Rev. - Dato

Oppdrag- /  
Rapportnr. **312880 - 1**

Oppdragsleder: **Jostein Aasen**

Sign.: *Jostein Aasen*

Saksbehandler: **Ds.**

Sign.: *Jostein Aasen*

Kontaktperson  
hos Oppdragsgiver: **Ellen E. D. Haugen**

## Sammendrag:

Multiconsult har på oppdrag for NVE foretatt en kartlegging av stabiliteten av et kvikkleireområde på Ryen, mellom Rv41 ("Topdalsveien") og Topdalselva.

Stabilitetsberegninger og vurderinger er utført med jordparametere utledet med bakgrunn i resultatene av felt- og laboratorieundersøkelser, utført dels av Multiconsult og Statens vegvesen.

Resultatene av beregningene viser at stabiliteten av området ikke er tilstrekkelig etter NVEs retningslinjer. Bruk av utledede jordparametere gir en beregningsmessig sikkerhet mindre enn 1,0.

Konklusjonen er dermed at det må utføres supplerende felt- og laboratorieundersøkelser. Deretter må det foretas nye beregninger og vurderinger. Avslutningsvis må det foretas en faresonekartlegging av området med basis i veileder utarbeidet av NGI/NVE.

## Innholdsfortegnelse

|     |  |   |
|-----|--|---|
| 1.  | Innledning .....                               | 3 |
| 2.  | Topografi.....                                 | 3 |
| 3.  | Utførte grunnundersøkelser.....                | 3 |
| 4.  | Kritisk snitt – stabilitet.....                | 4 |
| 4.1 | Materialkoeffisient.....                       | 4 |
| 4.2 | Jordparametere.....                            | 4 |
| 4.3 | Laster og lastkoeffisienter.....               | 7 |
| 4.4 | Beregningsresultater og konklusjoner .....     | 8 |
| 5.  | Videre arbeider.....                           | 8 |
| 5.1 | Supplerende felt- og laboratoriearbeider ..... | 8 |
| 5.2 | Supplerende stabilitetsberegninger.....        | 9 |
| 5.3 | Områdekartlegging .....                        | 9 |

## Tegninger

|           |  |
|-----------|--|
| 312880 -1 | Oversiktskart  |
| V01       | Grunnundersøkelse; Oversikt borpunkter (utarbeidet av SVV) |

## Vedlegg

- A. NGU løsmassekart
- B. SVV tegn. nr. V01 påført plassering av kritisk snitt
- C. Utskrifter fra stabilitetsberegninger
- D. SVV tegn. nr. V01 påført plassering av anbefalte supplerende grunnundersøkelser

## Referanser

- /1/ NVE 1/2008. ”Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag”.
- /2/ Karlsrud, Kjell: ”Tolking og fastlegging av jordartsparmetre. Karakteristisk jordprofil”. Foredrag på NGF-kurs Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger”. 2003.
- /3/ NGI-rapport 20001008-2, rev. 2 datert 16.12.2002 ”Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire”.
- /4/ NGF melding nr. 11 - "Veiledning for prøvetaking".
- /5/ NGF melding nr. 5 - "Veiledning for utførelse av trykksondering".

## 1. Innledning

Statens vegvesen (SVV) har, i forbindelse med bygging av G/S-veg langs Rv41 ("Topdalsveien"), foretatt en del grunnundersøkelser på Ryen, øst for veien (jmf. vedlagt oversiktskart, tegn. nr. 312880-0). Disse undersøkelsene har avdekket at grunnen på store deler av området består av kvikkleire. Innledende stabilitetsberegninger foretatt av SVV indikerer at området har dårlig stabilitet ned mot Prestebekken. Det er også mottatt meldinger fra beboere i området om rystelser i forbindelse med anleggsarbeidene fra byggingen av G/S-vegen.

Kristiansand kommune har bedt NVE om hjelp til å kartlegge den reelle fare for bebyggelsen i/nær det aktuelle området. Multiconsult (MC) er engasjert av NVE til å foreta denne kartleggingen.

Foreliggende rapport gir en orienterende beskrivelse av topografi og grunnforhold, samt resultatene av utførte stabilitetsberegninger. Det gis også føringer mht. videre arbeider vedr. kartleggingen.

## 2. Topografi

Området som er vurdert ligger øst for Topdalsveien, mellom veien og Topdalselva, ved boligene nr. 230, 232, 234 og 236. Inntil veien ligger området relativt flatt og med nivå rundt ca. kote 33, ifølge innmålinger av terrenget ved borpunktene. Videre mot øst-nordøst i retning Prestebekken faller terrenget ned mot ca. kote +3. Terrenget ligger med en gjennomsnittlig helning lik 1:2, men stedvis inntil ca. 1:1,5.

Det er fjell i dagen på det øvre plataået både syd og nord for boligene, samt stedvis nord og syd for skråningen ned mot Prestebekken. Dette kan tyde på at det her ligger et løsmassesøkk, noe resultatene av enkelte av de utførte sonderboringene også gir en indikasjon på.

Nordøst for skråningen ligger det en lokal kolle/rygg (i området ved høyspentmasta, jmf. vedlagte tegn. nr. V01 utarbeidet av SVV). Herfra faller terrenget videre i retning Topdalselva i syd-sydøst, hvor terrenget ligger med nivå rundt ca. kote +1.

## 3. Utførte grunnundersøkelser

Våren 2011 ble det utført geotekniske grunnundersøkelser i området, dels av MC og dels av SVV. Resultatene av undersøkelsene er presentert i geoteknisk datarapport nr. 204218-046 datert 16.06.11 og utarbeidet av SVV.

Følgende er utført i felt:

- Totalsonderinger i 19 punkter med registrering av relativ lagringsfasthet.
- Prøvetaking i 2 punkter med opptak av både poseprøver og uforstyrrede 54 mm sylindereprøver.
- Trykksondering (CPTU) ved hvert prøvetakingspunkt.
- Nedsetting av hydrauliske piezometere i to punkter for måling av grunnvannstanden.

På opptatte prøver er følgende utført:

- Geoteknisk klassifisering og rutineanalyser med måling av vanninnhold. For sylindereprøvene omfatter dette også måling av udrenert og omrørt skjærfasthet (og derav sensitivitet) samt densitet, i tillegg til beregning av tyngdetetthet og porøsitet.
- Korngradering for enkelte av prøvene.

- Måling av konsistensgrenser for enkelte av sylinderprøvene.
- Ødometerforsøk på to av sylinderprøvene for måling av setningsparametere og spenningshistorie.
- Udrenert treaksialforsøk på to av sylinderprøvene for mer nøyaktig informasjon mht. udrenert skjærfasthet og tolking av effektivspenningsparametere.

De utførte grunnundersøkelsene viser at grunnen i hovedsak består av lag med sand og grus i toppen, etterfulgt av leire/tørskorpeleire og stedvis også kvikkleire. Over antatt fjell er det stedvis registrert fastere masser av antatt sand/grus/morene.

For detaljert informasjon mht. resultatene av undersøkelsene vises til ovennevnte datarapport.

NGU løsmassekart over området er for øvrig presentert på vedlegg A. Dette viser at området er dekket av tykk havavsetning.

#### 4. Kritisk snitt – stabilitet

Beliggenheten av kritiske snitt er valgt ut fra resultatene av utførte grunnundersøkelser samt topografi, og fremgår av planen vist i vedlegg B.

##### 4.1 Materialkoeffisient

Sikkerhetsnivå mot utglidning representeres ved materialkoeffisient  $\gamma_m$ . Krav til sikkerhetsnivå avhenger av tiltaksklasse og faregradsklasse slik det fremgår av NVE sine retningslinjer "Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag" med tilhørende tekniske veileder, jmf. /1/. Det er så langt ikke foretatt en vurdering iht. disse retningslinjene, men det er i denne rapporten i utgangspunktet forutsatt en materialkoeffisient lik  $\gamma_m \geq 1,4$ . Hvis det ikke kan dokumenteres tilstrekkelig sikkerhet, kreves det at stabiliteten forbedres.

##### 4.2 Jordparametere

Tolking av parametere er utført på basis av resultatene av laboratorieanalyser på opptatte 54 mm prøvesylindre, trykksonderinger og erfaringsdata. For vurdering av beliggenheten av laggrensene er i tillegg resultatene av utførte totalsonderinger hensyntatt.

##### Rutinedata

Vanninnholdet varierer generelt mellom ca. 35 og 70 % for leira/kvikkleira. Tyngdetettheten ligger generelt i området 16-18 kN/m<sup>3</sup>. I tolking av undersøkelsene er det det valgt å benytte en gjennomsnittlig tyngdetetthet på 16,5 og 17,5 kN/m<sup>3</sup> for leira/kvikkleira hhv. oppe på plataet og nede i skråningen. For stabilitetsberegningene er det benyttet en gjennomsnittlig tyngdetetthet lik 17,0 kN/m<sup>3</sup>.

Plastisiteten ( $I_p$ ) for leira/kvikkleira er i størrelsesorden 6-19 %, med et gjennomsnitt på 10 %.

##### Overkonsolidering

Prekonsolideringsforhold og grunnens deformasjonsegenskaper er bestemt ut i fra 2 stk. ødometerforsøk tatt på prøver fra prøveserien PR. v/8 ca. halvveis nede i skråningen ned mot Prestebekken.

Tolking indikerer at leira her er overkonsolideret med et overkonsolideringsforhold OCR lik 2,4 og 2,2 i hhv. 6,5 og 12,3 m dybde under terreng. Ved å anta at dette skyldes belastning fra tidligere terrengnivå som med tiden er erodert vekk/rast ut, kan man beregne ca. beliggenhet



av det gamle terrengnivået. Ved å forutsette en tyngdetetthet lik  $18 \text{ kN/m}^3$ , tilsvarer dette et gammelt terrengnivå beliggende hhv. 6,4 og 8,5 m over dagens nivå, antatt gjennomsnittlig ca. 7 m

### Skjærstyrke

Det er utført isotropt konsolidert, aktivt udrenert treaksial forsøk (CIUA forsøk) på prøver i hhv. 10,3 og 12,2 m dybde under terreng.

Resultatene av forsøkene viser at leira har en maksimal udrenert skjærfasthet lik hhv. ca. 52 og  $42 \text{ kN/m}^2$ , dvs. den grunnere prøven har en høyere skjærfasthet enn den dypere prøven.

### Kommentar:

Årsaken til disse resultatene mener vi skyldes at den dypeste prøven er konsolidert til et for lavt spenningsnivå, tilsvarende spenningstilstanden i ca. 4,9 m dybde (og ikke 12,2 m dybde, hvor prøven er tatt fra). Den grunneste prøven er også konsolidert til et for lavt spenningsnivå, men ikke like lavt som den dypere prøven. Bakgrunnen for valgte konsolideringsnivåer har vi imidlertid ingen opplysninger om.

### Trykksondering - CPTU

Det er utført trykksondering i 2 pkt., hhv. ved nr. 2 oppe på plataet og ved nr. 8 nede i skråningen.

### Kommentar:

CPTU v/2 er utført med en 1-tonns sonde. Her er det imidlertid stort avvik når det gjelder nullpunktsavlesningen, spesielt mht. spissmotstand. Det er derfor stor usikkerhet knyttet til kvaliteten på denne sonderingen.

CPTU v/8 er utført med en 5-tonns sonde, som må anses å være for grov for masser av leire/kvikkleire. I dybden mellom ca. 3,5 og 10,5 m under terrenget faller målt friksjonsmotstand betraktelig, men det er uvisst hvorvidt dette skyldes feil med loggen, eller at det er benyttet for grovt utstyr. Det kan nevnes at tilliggende totalsondering indikerer bløte masser i mellom ca. 5 og 13 m dybde under terreng. Nullpunktsavviket er imidlertid funnet tilfredsstillende.

### Styrkeparametere benyttet i beregninger - Anisotropi

Beregninger på totalspenningsbasis er utført som ADP-analyser i en anisotropisk jordmodell.

For bestemmelse av direkte og passiv skjærstyrke er det valgt å benytte erfaringsbaserte forhold mellom plastisitetsindeks ( $I_p$ ) og skjærstyrken fra aktiv, direkte og passiv treaksialforsøk ( $s_{uA}$ ,  $s_{uD}$  og  $s_{uP}$ ). Forholdene er basert på erfaringstall fra litteratur og på Multiconsult (Avdeling GEO) sin erfaring (ref. ESPAR, Corneliu Athanasiu).

Basert på plastisitetsindeks ( $I_p = 10 \%$ ) er følgende forholdstall utledet:

$$s_{uA} / s_{uD} = 1,58, \text{ som medfører } s_{uD} / s_{uA} = 0,63$$

$$s_{uP} / s_{uD} = 0,35, \text{ som medfører } s_{uP} / s_{uA} = 0,22$$

Erfaringsparametere mht. skjærstyrke og effektivt overlagingstrykk gir flg.:

$$s_{uA} / p_0' = 0,28 - 0,38. \text{ Gjennomsnittlig ca. } 0,33.$$

$$s_{uD} / p_0' = 0,16 - 0,26. \text{ Gjennomsnittlig ca. } 0,21. \text{ Dette medfører } s_{uA} / s_{uD} = 1,57, \text{ og } s_{uD} / s_{uA} = 0,64.$$

$$s_{uP} / p_0' = 0,06 - 0,16. \text{ Gjennomsnittlig ca. } 0,11. \text{ Dette medfører } s_{uP} / s_{uD} = 0,52, \text{ og } s_{uP} / s_{uA} = 0,33.$$

I /2/ gis følgende verdier for norske, normalkonsoliderte leirer (aldret leire 8-10 000 år gammel):

$$s_{uA} / p_0' = 0,30-0,38 \quad \text{middelverdi } s_{uA} / p_0' = 0,34.$$

$$s_{uD} / p_0' = 0,22-0,28 \quad \text{middelverdi } s_{uD} / p_0' = 0,25 \text{ gir } s_{uA} / s_{uD} = 1,36, \text{ og } s_{uD} / s_{uA} = 0,74.$$

$$s_{uP} / p_0' = 0,12-0,20 \quad \text{middelverdi } s_{uP} / p_0' = 0,16 \text{ gir } s_{uP} / s_{uD} = 0,64, \text{ og } s_{uP} / s_{uA} = 0,47.$$

Treksialforsøket på prøven fra 10,3 m dybde viser en kontraktant bruddutvikling, dvs. volumreduksjon og tilhørende økning av poretrykket, som er typisk for kvikkleire.

Skjærfastheten tolket ved ca. 1 % tøyning er funnet å være  $s_{uA,1\%} = 45$  kPa, som gir et forhold lik  $s_{uA}/p_0' = 0,43$ .

Treksialforsøket på prøven fra 12,2 m dybde viser også en kontraktant bruddutvikling. Skjærfastheten tolket ved ca. 1 % tøyning er funnet å være  $s_{uA,1\%} = 25$  kPa, som gir et forhold lik  $s_{uA}/p_0' = 0,34$ .

Resultatene av ødometerforsøkene viser at kvikkleira er overkonsolidert med et overkonsolideringsforhold OCR mellom 2,2 og 2,4. Dette indikerer en forkonsolideringsspenning på mellom ca. 116 og 153 kPa, tilsvarende mellom ca. 6,4 og 8,5 m overlaging. Ved å benytte et gjennomsnitt på ca. 7 m, medfører det et gammelt terrengnivå beliggende på ca. kote +30,5.

I Statens vegvesen håndbok 016 er det oppgitt følgende minimumsverdi for forholdet mellom udrenert skjærstyrke og effektivt overlagingstrykk for normalkonsolidert kvikkleire:

$$s_{uA}/p_0' = 0,27 \quad s_{uD}/p_0' = 0,16 \quad s_{uP}/p_0' = 0,03$$

Shansekorrelasjon mht. udrenert skjærstyrke for OC og NC leire viser følgende:

$$(s_u/p_0')_{OC} = (s_u/p_0')_{NC} * (OCR)^\alpha$$

$$\text{hvor } \alpha = 0,85 - 0,2 * (I_p/100) = 0,85 - 0,2 * (10/100) = 0,83$$

$$OCR = 2 \text{ (konservativt foreslått)}$$

$$\Rightarrow (s_u/p_0')_{OC} = (s_u/p_0')_{NC} * (OCR)^\alpha = (s_u/p_0')_{NC} * (2)^{0,83} = (s_u/p_0')_{NC} * 1,78 \approx 0,48 - \text{for aktiv styrke}$$

Forsiktig tolking av resultatene av utført trykksondering CPTU v/8, påført resultatene av rutineundersøkelsene (udrenert skjærfasthet fra konus og enaksiale trykkforsøk) og treksialforsøkene, gir  $s_{uA}/p_0' = 0,39$ . Redusert med 15% (iht. retningslinjer fra NVE) får man  $s_{uA}/p_0' = 0,33$  for design.

Ved å vurdere resultatene av samtlige forsøk og erfaringsparametere, er følgende styrkeparametere benyttet i beregningene

$$s_{uA}/p_0' = 0,33$$

$$s_{uD} / s_{uA} = 0,60. \text{ Dette medfører } s_{uD}/p_0' = 0,20.$$

$$s_{uP} / s_{uA} = 0,30. \text{ Dette medfører } s_{uP}/p_0' = 0,10.$$

Hvis man antar at det gamle terrengnivået har hatt en viss utstrekning, så kan leira i grunnen lengre ned i skråningen antas å være enda mer forkonsolidert ifht. ved pkt. nr. 8.

Ved. kote +13:

Gammelt terrengnivå medfører overlaging lik 17 m, og "gjennomsnittlig" overkonsolideringsforhold OCR lik ca. 4,0. Med plastisitetsindeks  $I_p$  lik 10, gir Shansep korrelasjon  $s_{uA}/p_0' = 0,77$ .

Ved. kote +5:

Gammelt terrengnivå medfører overlaging lik 25 m, og "gjennomsnittlig" overkonsolideringsforhold OCR lik ca. 5,5. Med plastisitetsindeks  $I_p$  lik 10, gir Shansep korrelasjon  $s_{uA}/p_0' = 0,98$ .

For området ved det øvre platået ved boligene antas det at leira er tilnærmet normalkonsolidert med bakgrunn i mangel av spesialforsøk her samt resultatene av ødometerforsøkene på leira v/8.

Forsiktig tolking av resultatene av utført trykksondering CPTU v/2, påført resultatene av rutineundersøkelsene (udrenert skjærfasthet fra konus og enaksiale trykkforsøk) gir  $s_{uA}/p_0' = 0,28$ . Redusert med 15% (iht. retningslinjer fra NVE) får man  $s_{uA}/p_0' = 0,24$  for design.

Dette gir følgende styrkeparametere benyttet i beregningene

$$s_{uA}/p_0' = 0,24$$

$$s_{uD}/s_{uA} = 0,60. \text{ Dette medfører } s_{uD}/p_0' = 0,14.$$

$$s_{uP}/s_{uA} = 0,30. \text{ Dette medfører } s_{uP}/p_0' = 0,07.$$

**Effektivspenningsparametre**

Med bakgrunn i resultatet av treaksialforsøkene på kvikkleira kan det utledes styrkeparametere for stabilitetsberegninger på effektivspenningsbasis.

Tabellen nedenfor gir en oversikt over effektivspenningsparametere benyttet i beregningene.

| Lag                     | Tan $\phi_k$ | Karakteristisk friksjonsvinkel, $\phi_k$ | Attraksjon, a |
|-------------------------|--------------|--|---------------|
| Sand og grus            | 0,67         | 34°                                      | 0             |
| Tørrskorpe/leire        | 0,58         | 30°                                      | 0             |
| Kvikkleire <sup>1</sup> | 0,45 (0,50)  | 24° (30°)                                | 0 (10 kPa)    |
| Sand/grus/morene        | 0,78         | 38°                                      | 5 kPa         |

1) Parametere i parentes er basert på alternativ tolking av resultatene av treaksialforsøkene.

**Grunnvannstand**

Grunnvannstanden ble registrert i ca. 3,3 m dybde i piezometer PZ. v/2 den 04.10.12, tilsvarende en grunnvannstand på ca. kote 29,9. Tidligere avlesninger av grunnvannstanden viser at denne varierer mellom ca. kote +29,8 og 30,0.

Grunnvannstanden ble registrert i ca. 3,4 m dybde i piezometer PZ. v/8 den 04.10.12, tilsvarende en grunnvannstand på ca. kote 20,2. Tidligere avlesninger av grunnvannstanden viser at denne varierer mellom ca. kote +20,2 og 20,5.

**4.3 Laster og lastkoeffisienter**

Boligene i området består stort sett av enebolig i opptil 2 etasjer. For disse boligene er det derfor erfaringsmessig valgt å benytte en jevnt fordelt terrenplast med karakteristisk verdi  $p_k$  lik 10 kN/m<sup>2</sup>, og med lastfaktor  $\gamma_L$  lik 1,3, resulterende i en dimensjonerende terrenbelastning  $p_d$  lik 13 kN/m<sup>2</sup>.

#### 4.4 Beregningsresultater og konklusjoner

Det er foretatt stabilitetsberegninger både på totalspenningsbasis (su og ADP analyse) og effektivspenningsbasis.

Resultatene av beregningene fremgår av tabellen nedenfor, og er også vist i vedlegg C:

| Beregningsmetode            | Vedlegg | Beregningsresultat, $\gamma_m$ | Kommentar                                    |
|-----------------------------|---------|--------------------------------|--|
| Udrenert analyse (ADP)      | C.1     | 0,50                           |  |
| Udrenert analyse (ADP)      | C.2     | 0,69                           | Med sidefriksjon                             |
| Drenert analyse (a $\phi$ ) | C.3     | 0,56                           |  |
| Drenert analyse (a $\phi$ ) | C.4     | 0,64                           | Med sidefriksjon                             |
| Drenert analyse (a $\phi$ ) | C.5     | 0,79                           | Alt. tolking av treaks.                      |
| Drenert analyse (a $\phi$ ) | C.6     | 0,97                           | Alt. tolking av treaks..<br>Med sidefriksjon |

Som det kan ses av ovennevnte tabell, så er beregningsmessig sikkerhet funnet å være under 1,0 for samtlige utledede parametere. Dette stemmer ikke overens med virkeligheten, da området står med sikkerhet minst lik 1,0. Mao. så kan ikke stabiliteten bekreftes med bakgrunn i utledede jordparametere fra undersøkelsene som er utført til nå, da disse ikke synes å ha tilfredsstillende kvalitet.

## 5. Videre arbeider

For å kunne gjøre stabilitetsberegninger som stemmer mer overens med virkeligheten, må det foretas supplerende arbeider.

### 5.1 Supplerende felt- og laboratoriearbeider

Vi foreslår at det utføres supplerende arbeider i felten som vist i vedlegg D. Dette omfatter følgende:

- Totalsonderinger i 4 punkter, hovedsakelig i skråningen nedenfor området som allerede er undersøkt.
- Supplerende prøvetaking ved pkt. nr. 2 og 8, samt i evt. 1-2 nye punkter, avhengig av resultatene av supplerende totalsonderinger. Prøvetakingen skal tilfredsstillende klasse 1, jmf. /4/.
- Laboratorieforsøk som omfatter rutineanalyser og konsistensgrenser på samtlige prøvesylindere. I tillegg bør det utføres 5-6 ødometerforsøk og 5-6 treaksialforsøk (aktive og muligens også passive) hhv. oppe på øvre platå (ved pkt. nr. 2) og nede i skråningen.
- Trykksondering (CPTU) ved nr. 2 og 8 (til erstatning for trykksonderingene som er utført til nå), samt i supplerende 1-2 punkter avhengig av resultatene av supplerende totalsonderinger. Trykksonderingene skal utføres iht. kravene i Anvendelsesklasse 1, jmf. /5/.
- Nedsetting av 1-2 hydrauliske piezometere ved siden av piezometerene som er installert til nå, men til forskjellige dybder.

Resultatene av supplerende undersøkelser bør presenteres i egen datarapport.

## 5.2 Supplerende stabilitetsberegninger

Når resultatene av supplerende undersøkelser foreligger må det gjennomføres nye stabilitetsberegninger. Resultatene av disse beregningene vil danne grunnlag for å vurdere hvorvidt det er behov for stabiliserende tiltak.

## 5.3 Områdekartlegging

Avslutningsvis bør det gjennomføres en faresonekartlegging av området iht. retningslinjer utarbeidet av NVE/NGI, jmf. /3/. Dette omfatter en vurdering av området mht. faregrad og skadekonsekvens.

Faregradsevalueringen vil igjen danne grunnlag for å vurdere området mht. videre utbygging iht. retningslinjene/veilederen utarbeidet av NVE, jmf. /1/.


**Arkivreferanser:**

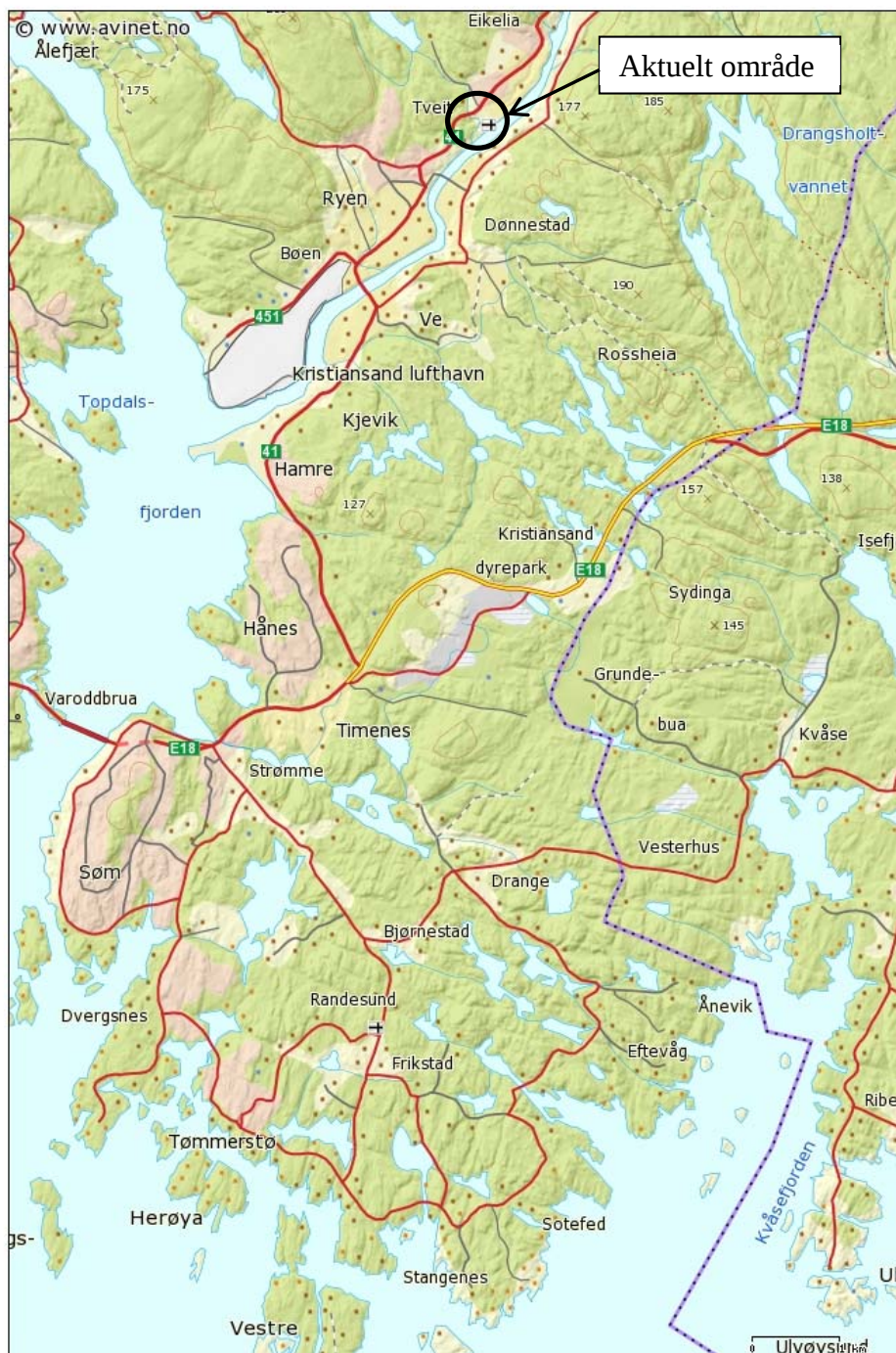
|             |                        |                        |               |
|-------------|------------------------|------------------------|---------------|
| Fagområde:  | Geoteknikk             |                        |               |
| Stikkord:   | Kvikkleire, stabilitet |                        |               |
| Land/Fylke: | Norge/Vest-Agder       | Kartblad:              |               |
| Kommune:    | Kristiansand           | UTM koordinater, Sone: | 32V           |
| Sted:       | Ryen                   | Øst: 448050            | Nord: 6454370 |

**Distribusjon:**

- Begrenset (Spesifisert av Oppdragsgiver)  
 Intern  
 Fri

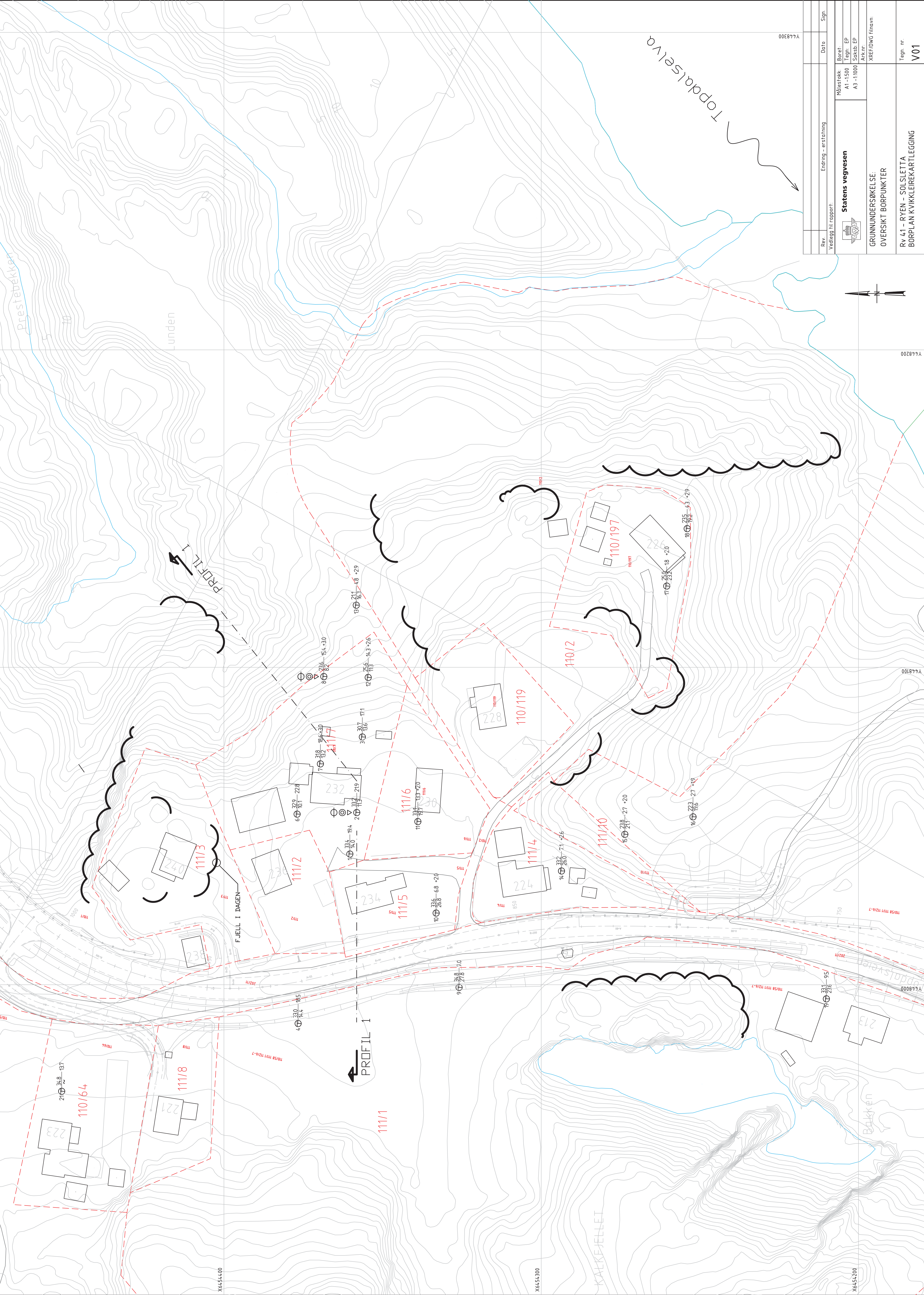
**Dokumentkontroll:**

|  |             | Dokument<br>11. oktober 2012 |      | Revisjon 1        |      | Revisjon 2  |      | Revisjon 3 |      |
|--|-------------|------------------------------|------|-------------------|------|---|------|------------|------|
|  |             | Dato                         | Sign | Dato              | Sign | Dato  | Sign | Dato       | Sign |
| Forutsetninger                             | Utarbeidet  | 01.10.12                     | JAa  |                   |      |   |      |            |      |
|  | Kontrollert | 01.10.12                     | JAa  |                   |      |   |      |            |      |
| Grunnlagsdata                              | Utarbeidet  | 01.10.12                     | JAa  |                   |      |   |      |            |      |
|  | Kontrollert | 01.10.12                     | JAa  |                   |      |   |      |            |      |
| Teknisk innhold                            | Utarbeidet  | 08.10.12                     | JAa  |                   |      |   |      |            |      |
|  | Kontrollert | 09.10.12                     | RSa  |                   |      |   |      |            |      |
| Format                                     | Utarbeidet  | 08.10.12                     | JAa  |                   |      |   |      |            |      |
|  | Kontrollert | 09.10.12                     | RSa  |                   |      |   |      |            |      |
| Anmerkninger                               |             |                              |      |                   |      |   |      |            |      |
| Godkjent for utsendelse<br>(Oppdragsleder) |             |                              |      | Dato:<br>11.10.12 |      | Sign.:<br> |      |            |      |

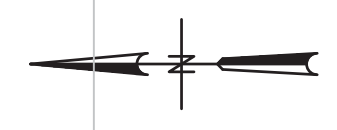


|  |             |   |                         |                    |   |
|--|-------------|---|-------------------------|--------------------|---|
| Rev.   | Beskrivelse | Dato                                    | Tegn.                   | Kontr.             | Godkj.  |
| <b>OVERSIKTSKART</b>   |             | Original format<br>A4                   | Fag<br>Geoteknikk       |                    |   |
|  |             | Tegningens filnavn<br>Tegn. nr. -0.docx |                         |                    |  |
| NVE<br>TOPDALSVEIEN 230-236, RYEN<br>KRISTIANSAND KOMMUNE                                      |             | Målestokk                               |                         |                    |   |
| <b>MULTICONSULT</b><br>Rigedalen 15 – 4626 Kristiansand<br>Tlf. 37 40 20 00 - Fax: 37 40 20 99 |             | Dato<br>5. oktober 2012                 | Konstr./Tegnet<br>jaa   | Kontrollert<br>jaa | Godkjent<br>jaa   |
|  |             | Oppdrag nr.<br><b>312880</b>            | Tegning nr.<br><b>0</b> | Rev.               |   |





|   |                     |      |            |
|---|---------------------|------|------------|
| Rev.  | Endring - erstating | Dato | Sign.      |
| Vedlegg til rapport:  |                     |      |            |
| <b>Statens vegvesen</b><br>   |                     |      |            |
| Målestokk:  | Boret:              |      |            |
| A1 - 1:500  | Tegp: EP            |      |            |
| A3 - 1:1000   | Saksb: EP           |      |            |
| ARK nr:   | XREF/DWG filnavn:   |      |            |
| <b>GRUNNUNDERSØKELSE:</b><br><b>OVERSIKT BOPUNKTER</b>                  |                     |      |            |
| <b>Rv 41 - RYEN - SOLSLETTA</b><br><b>BORPLAN KVIKKLEIREKARTLEGGING</b> |                     |      |            |
| Tegn. nr.   |                     |      | <b>V01</b> |



006877A

Y448200

Y448100

Y448000

X4454200

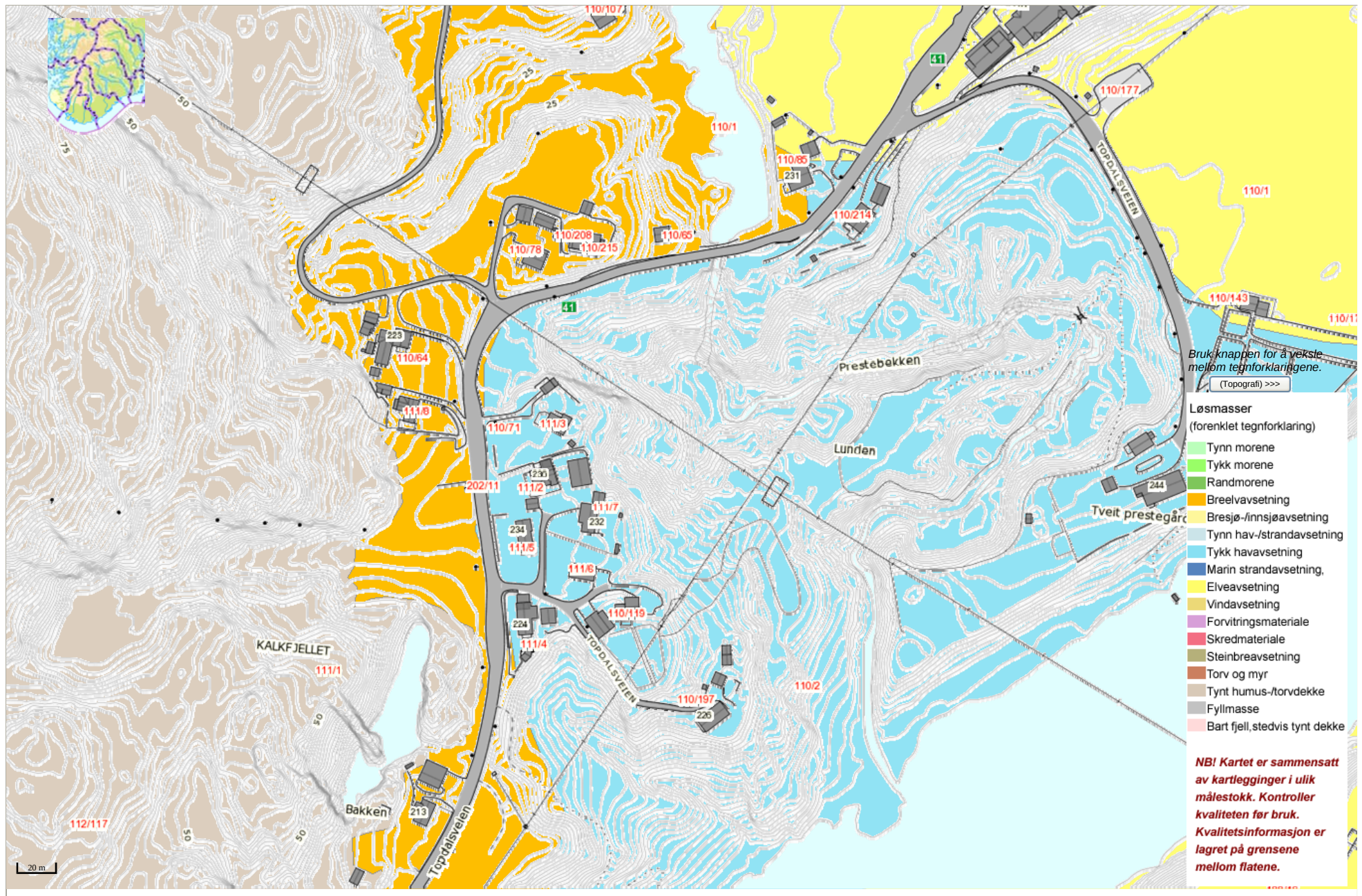
X4454300

X4454400



## **VEDLEGG A**

NGU løsmassekart



## **VEDLEGG B**

SVV tegn. nr. V01 påført plassering av kritisk snitt



312880  
 Topdalsveien 230-236, Ryen  
 Vedlegg B


Kritisk snitt

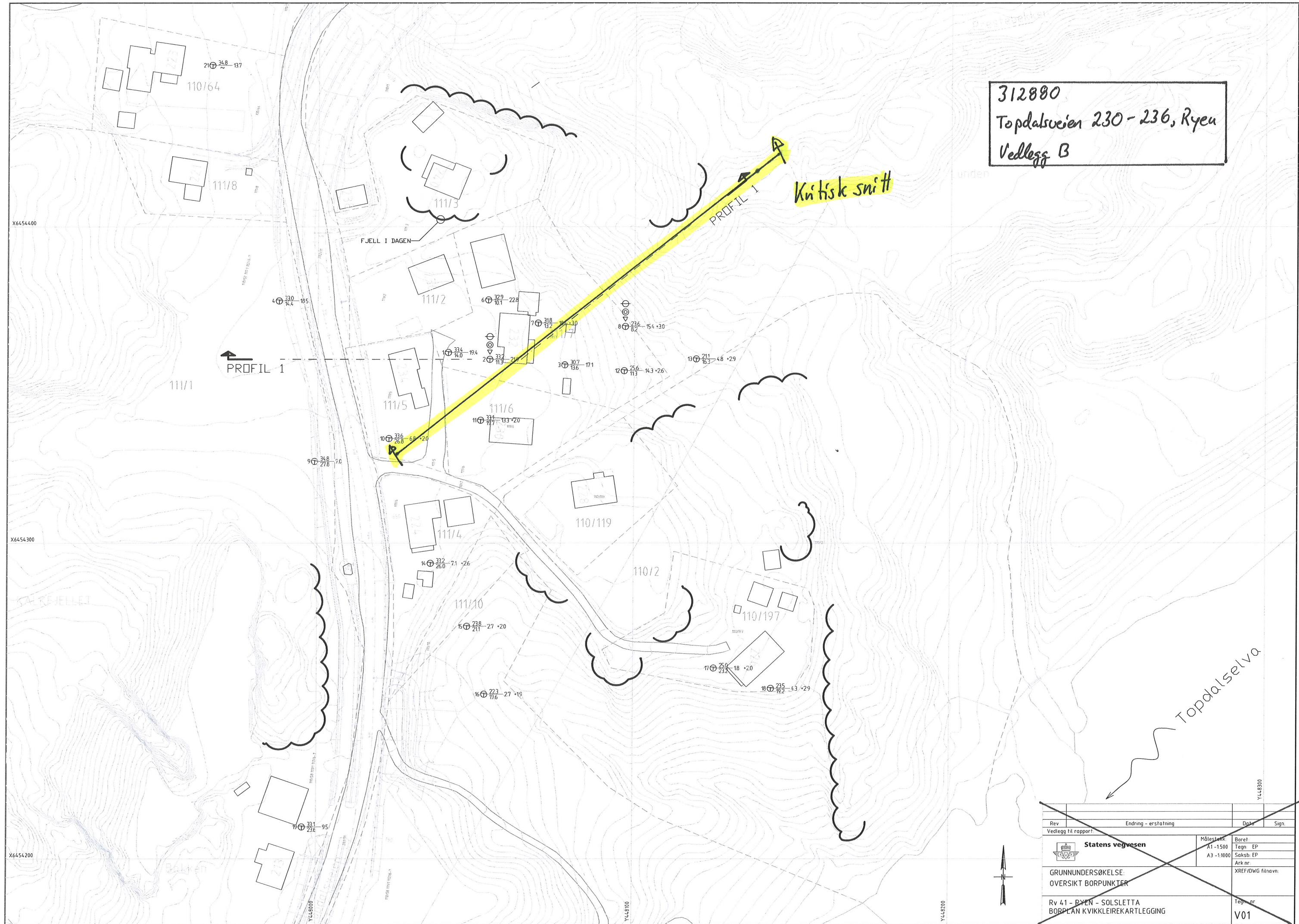
PROFIL 1

PROFIL 1

FJELL I DAGEN

Topdalselva

| Rev   | Endring - erstatning | Dato                                    | Sign.   |
|---|----------------------|---|---|
| Vedlegg til rapport   |                      |   |   |
|  <b>Statens vegvesen</b> |                      | Målestokk:<br>A1 - 1:500<br>A3 - 1:1000 | Boret:<br>Tegn: EP<br>Saksb: EP<br>Ark nr:<br>XREF/DWG filnavn: |
| GRUNNUNDERSØKELSE:<br>OVERSIKT BORPUNKTER   |                      |   | Tegn nr:<br>V01   |
| Rv 41 - BYEN - SOLSLETTA<br>BORPLAN KVIKKLEIREKARTLEGGING   |                      |   |   |





## **VEDLEGG C**

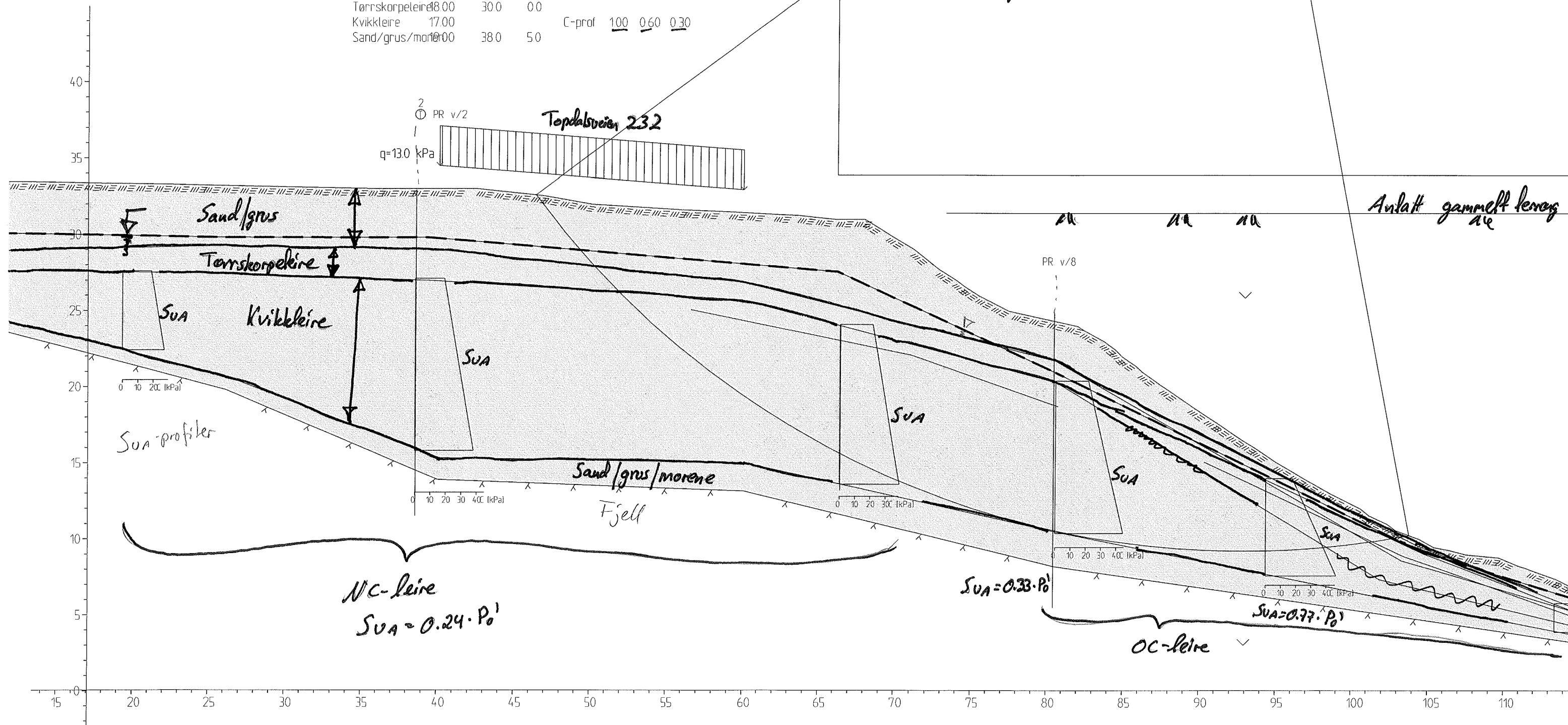
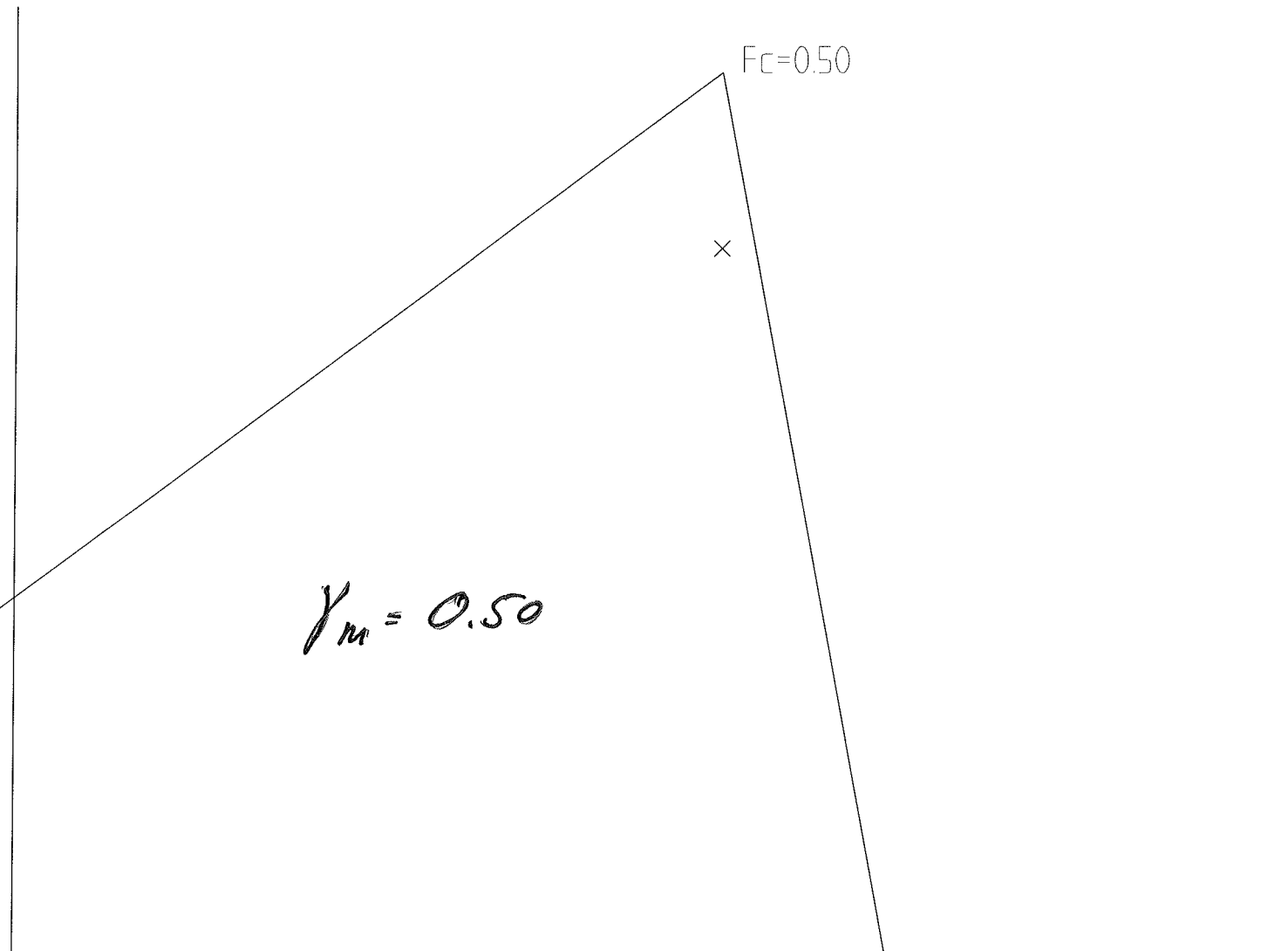
Utskrifter fra stabilitetsberegninger

Fil: 31288000

Vedlegg C.1

ADP-analyse

| Material      | Un    | Weight | Fi  | C' | C | Aa     | Ad   | Ap   |      |
|---------------|-------|--------|-----|----|---|--------|------|------|------|
| Sand/grus     | 18.00 | 34.0   | 0.0 |    |   |        |      |      |      |
| Tørskorpelire | 18.00 | 30.0   | 0.0 |    |   |        |      |      |      |
| Kvikkleire    | 17.00 |        |     |    |   | C-prof | 1.00 | 0.60 | 0.30 |
| Sand/grus/mor | 18.00 | 38.0   | 5.0 |    |   |        |      |      |      |

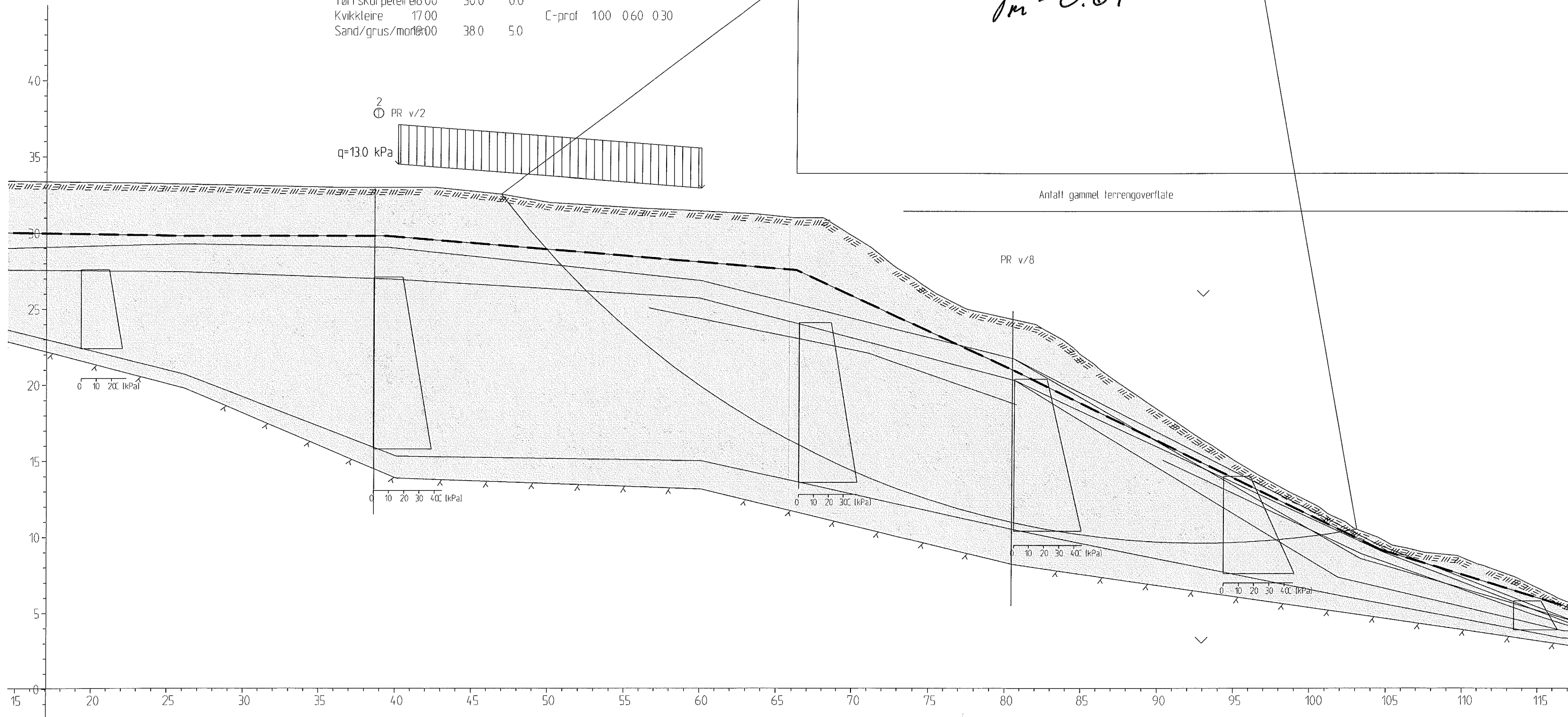


Fil: ~~31288000~~  
 31288001  
 Vedlegg C.2

ADP-analyse m/ 3D sidefraksjon

Systembredde = 50 m.

| Material      | Un    | Weight | Fi   | C'  | C      | Aa   | Ad   | Ap   |
|---------------|-------|--------|------|-----|--------|------|------|------|
| Sand/grus     | 18.00 |        | 34.0 | 0.0 |        |      |      |      |
| Tørskorpeter  | 18.00 |        | 30.0 | 0.0 |        |      |      |      |
| Kvikkleire    | 17.00 |        |      |     | C-prof | 1.00 | 0.60 | 0.30 |
| Sand/grus/mor | 18.00 |        | 38.0 | 5.0 |        |      |      |      |



$E_s: 3128800$

Vedlegg C.3

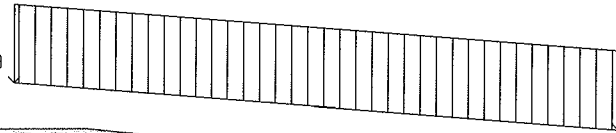
$\alpha\omega$ -analyse

| Material        | Un    | Weight | $F_i$ | $C'$ | $C$ | $A_a$ | $A_d$ | $A_p$ |
|-----------------|-------|--------|-------|------|-----|-------|-------|-------|
| Sand/grus       | 18.00 | 34.0   | 0.0   |      |     |       |       |       |
| Tørrskorpeteire | 18.00 | 30.0   | 0.0   |      |     |       |       |       |
| Kvikkleire      | 17.00 | 24.0   | 0.0   |      |     |       |       |       |
| Sand/grus/mor   | 18.00 | 38.0   | 5.0   |      |     |       |       |       |



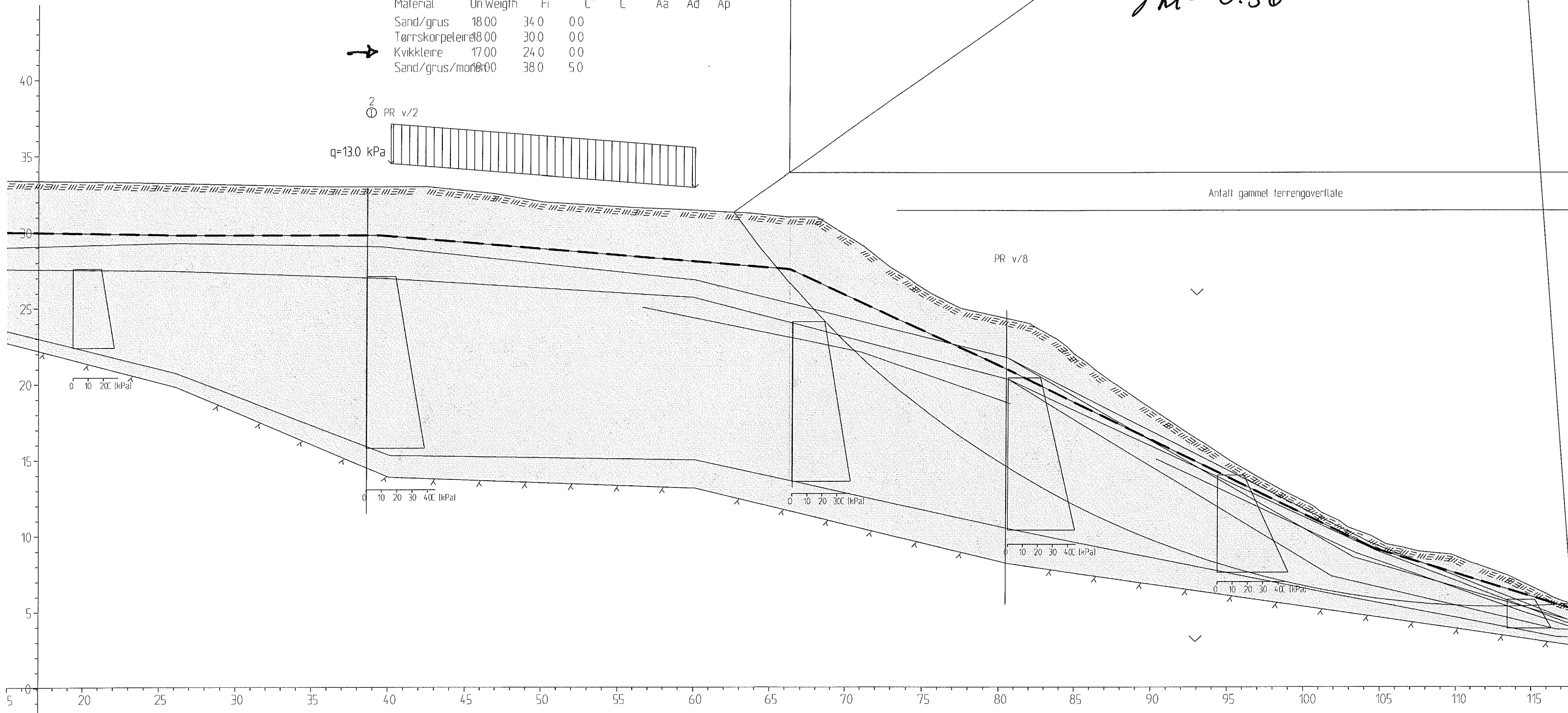
② PR v/2

$q=13.0$  kPa



$F_c \varphi = 0$

$\gamma_M = 0.56$





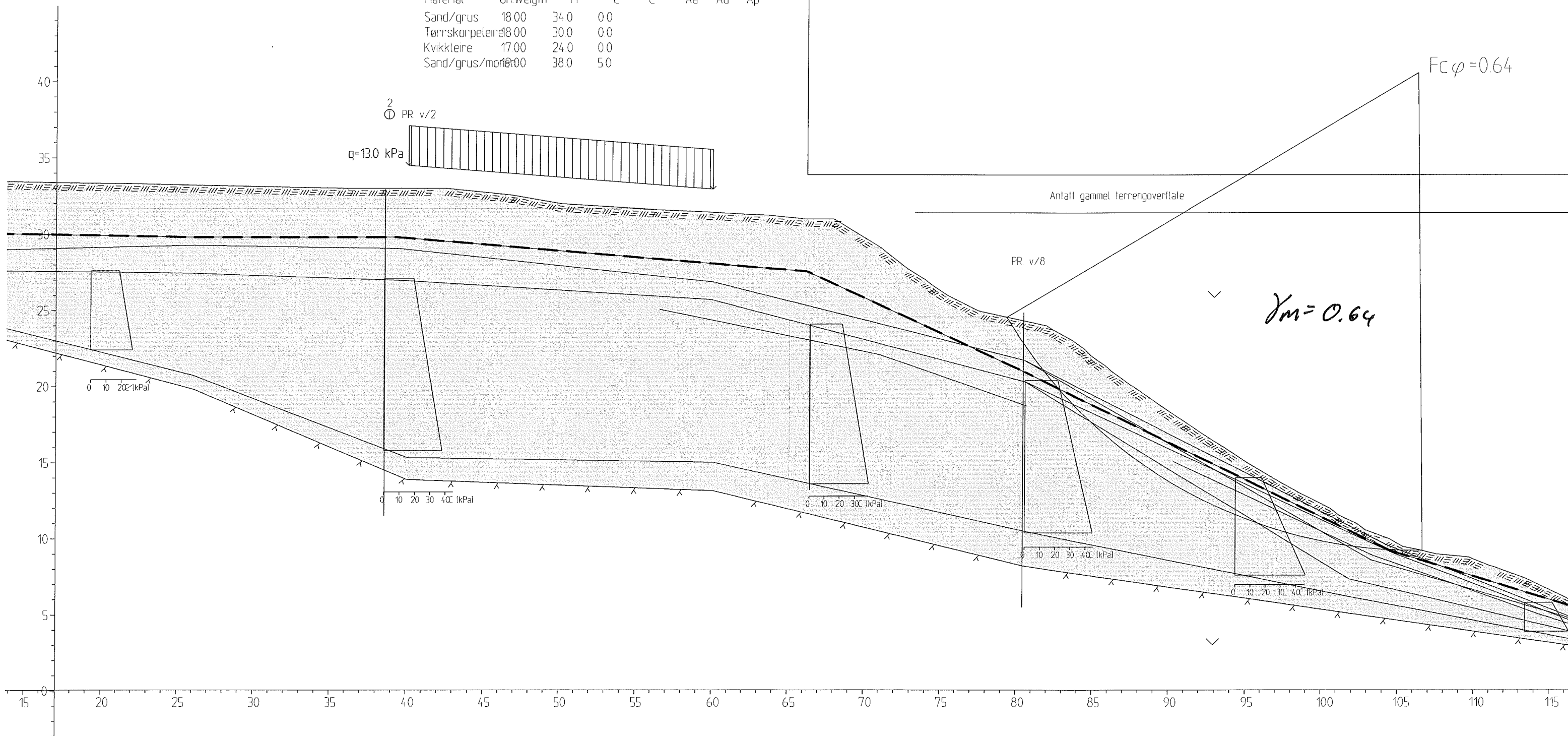
Fi: 31288003

Vedlegg C.4

aa-analyse ml 3D sidefiksasjon

systembredde = 50m

| Material          | Un    | Weight | Fi  | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|-------------------|-------|--------|-----|----|---|----|----|----|
| Sand/grus         | 18.00 | 34.0   | 0.0 |    |   |    |    |    |
| Tørreskorpeteir   | 18.00 | 30.0   | 0.0 |    |   |    |    |    |
| Kvikkleire        | 17.00 | 24.0   | 0.0 |    |   |    |    |    |
| Sand/grus/morleir | 18.00 | 38.0   | 5.0 |    |   |    |    |    |

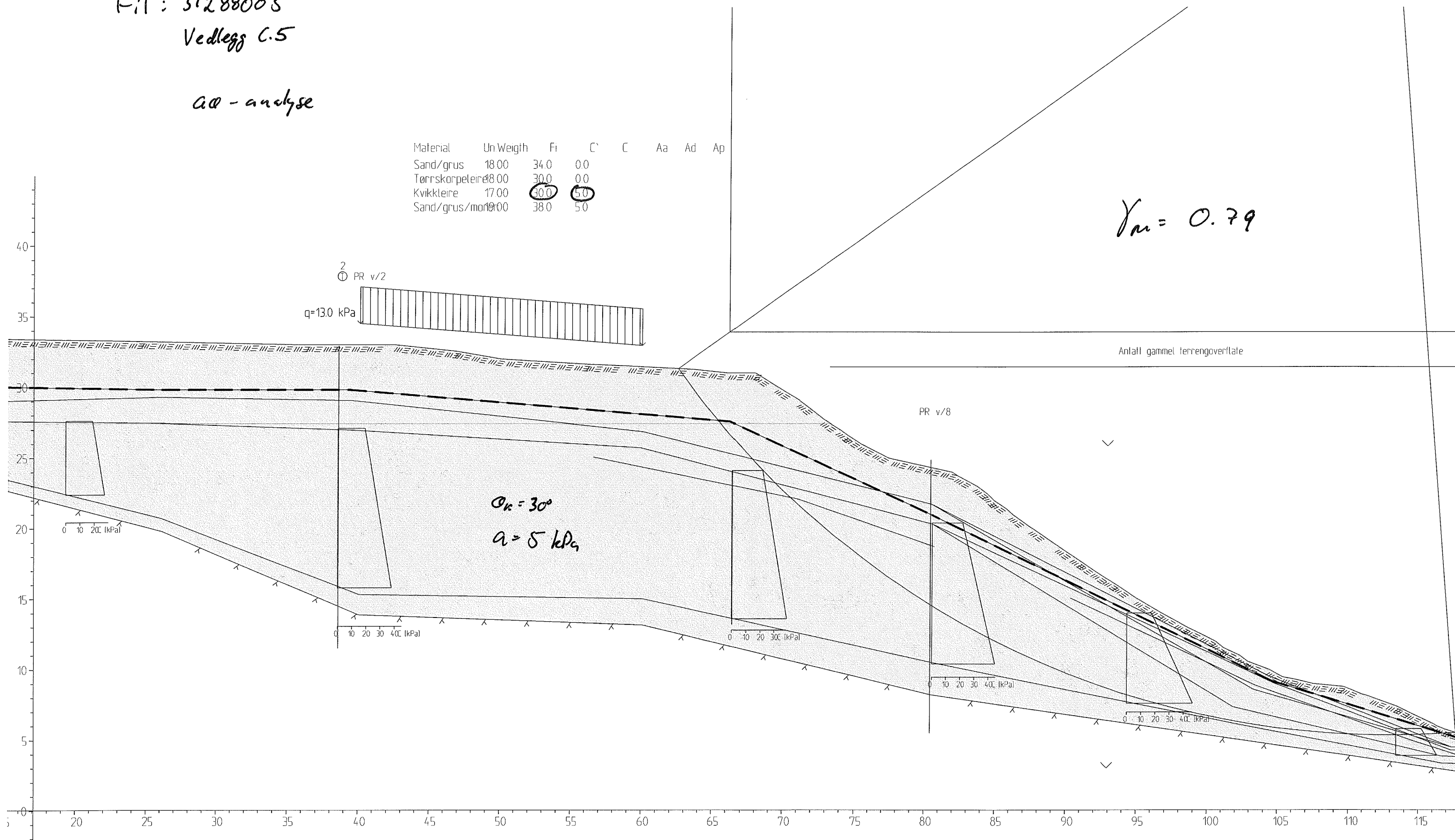


Fil: 31288005  
 Vedlegg C.5

aa - analyse

| Material       | Un. Weigih | Fi   | C'  | C | Aa | Ad | Ap |
|----------------|------------|------|-----|---|----|----|----|
| Sand/grus      | 18.00      | 34.0 | 0.0 |   |    |    |    |
| Tørrskorpelene | 18.00      | 30.0 | 0.0 |   |    |    |    |
| Kvikkleire     | 17.00      | 30.0 | 5.0 |   |    |    |    |
| Sand/grus/mor  | 17.00      | 38.0 | 5.0 |   |    |    |    |

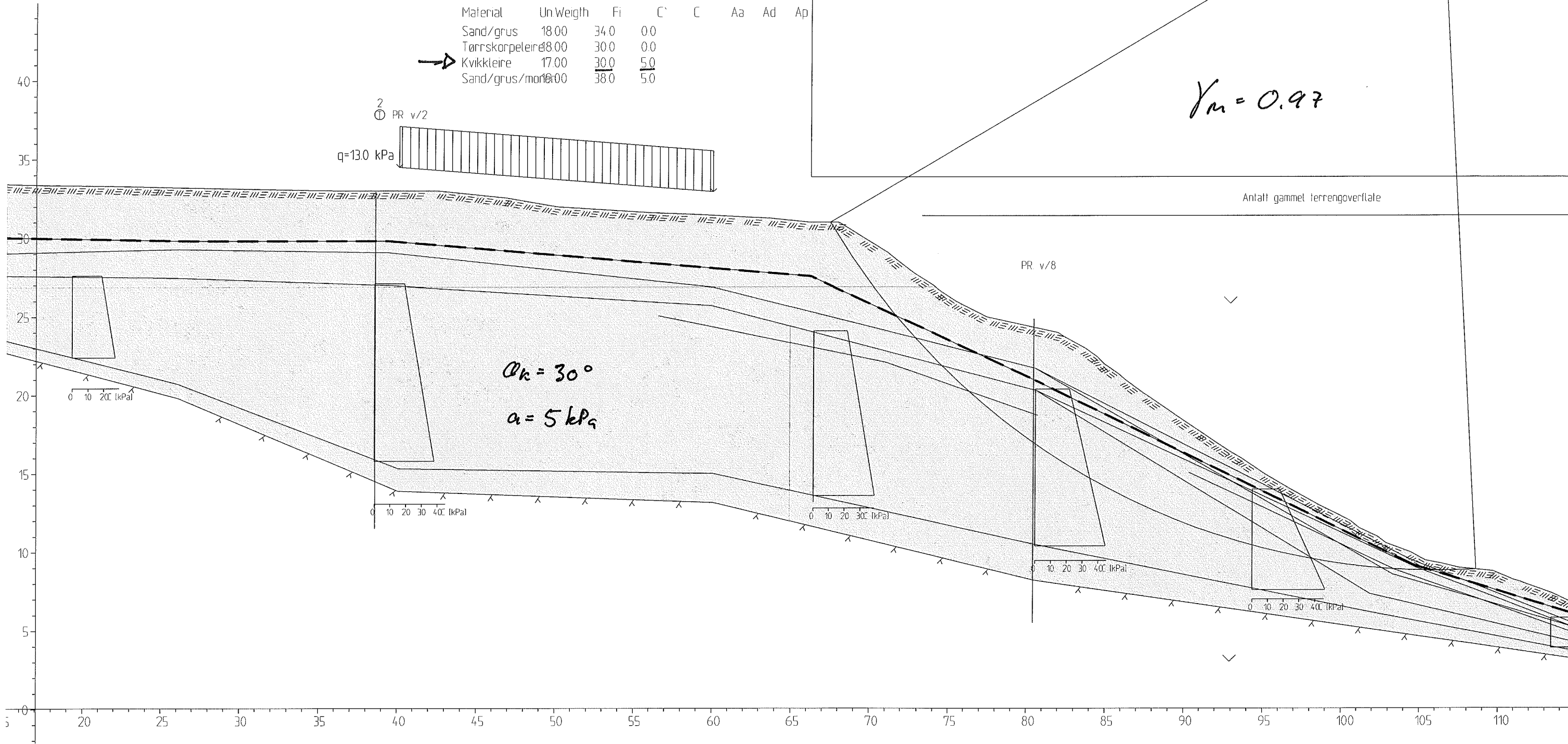
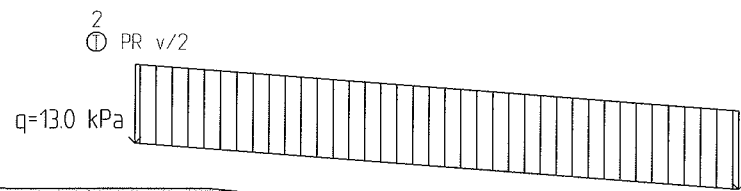
$\gamma_{sat} = 0.79$



Fil: 31288006  
 Vedlegg C.6

$\alpha\omega$ -analyse m/ 3D sidefiksjon  
 Systembredde = 50 m

| Material         | Un Weigth | Fi   | C'  | C | Aa | Ad | Ap |
|------------------|-----------|------|-----|---|----|----|----|
| Sand/grus        | 18.00     | 34.0 | 0.0 |   |    |    |    |
| Tørreskorpelaine | 18.00     | 30.0 | 0.0 |   |    |    |    |
| → Kvikkleire     | 17.00     | 30.0 | 5.0 |   |    |    |    |
| Sand/grus/mor    | 18.00     | 38.0 | 5.0 |   |    |    |    |



$\alpha_k = 30^\circ$   
 $a = 5 \text{ kPa}$

$\gamma_m = 0.97$

$F_c \varphi = 0.97$

Antatt gammel terrenngoverflate

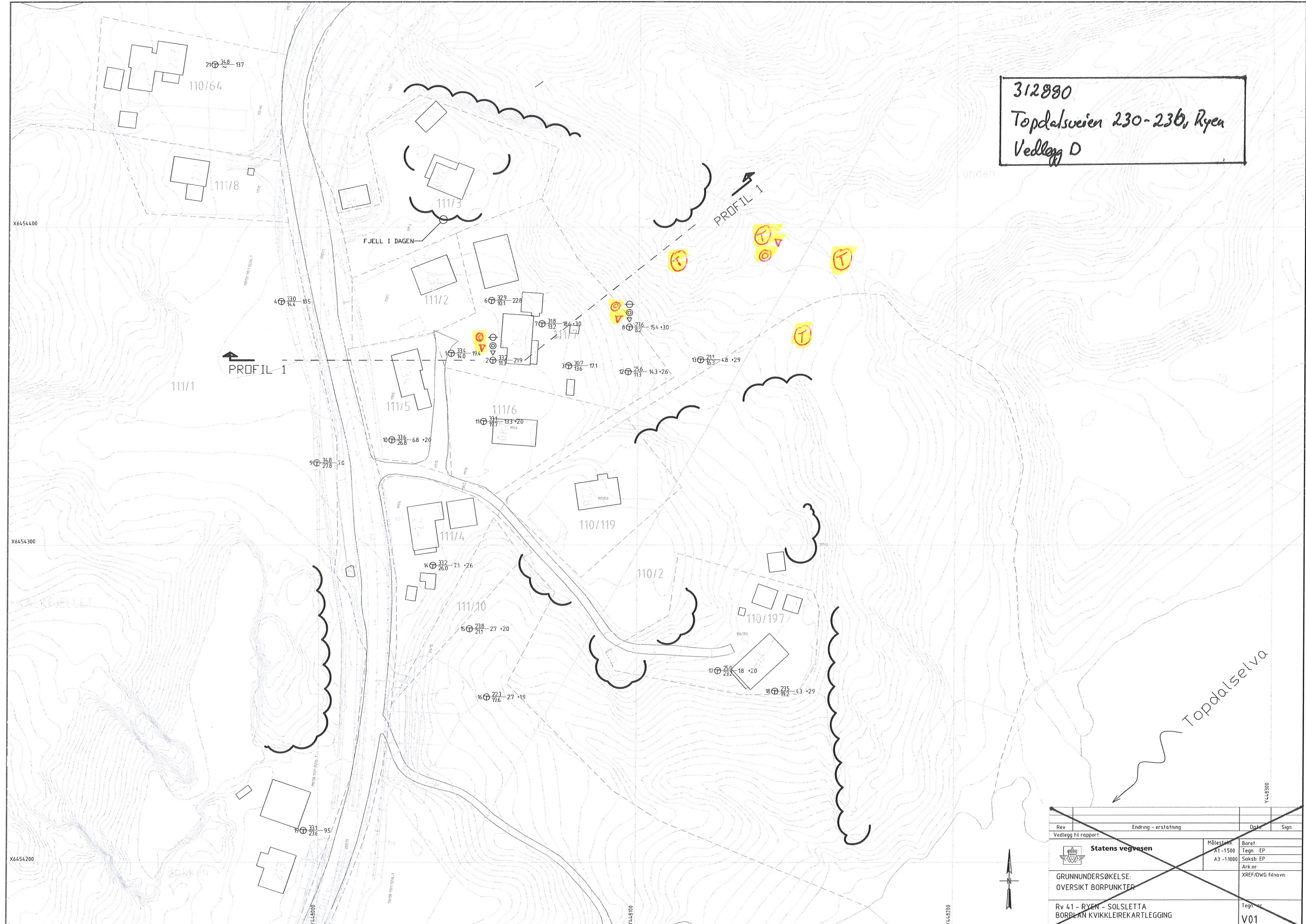
PR v/8

## **VEDLEGG D**

SVV tegn. nr. V01 påført plassering av anbefalte supplerende grunnundersøkelser



312890  
 Topdalsveien 230-236, Ryen  
 Vedlegg D



| Rev   | Endring - erstatning | Dato                                    | Sign.   |
|---|----------------------|---|---|
| Vedlegg til rapport:                                      |                      |   |   |
|   |                      | Målestokk:<br>A1 - 1:500<br>A3 - 1:1000 | Boret:<br>Tegn: EP<br>Saksb: EP<br>Ark.nr.: XREF/DWG filnavn: |
| GRUNNUNDERSØKELSE:<br>OVERSIKT BOPUNKTER                  |                      |   | Tegn: ar  |
| Rv 41 - RYEN - SOLSLETTA<br>BORPLAN KVIKKLEIREKARTLEGGING |                      |   | V01   |



0037714

0037714

0037714

0037714

X6454400

X6454300

X6454200