

|                       |                                                                                                     |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Rapportnr.</b>     | 23-33-1                                                                                             |
| <b>Dato:</b>          | 30. mai 2024<br>Rev. A01 2. september 2025                                                          |
| <b>Prosjekt</b>       | Tiltak 18 Kyrkjevegen Aust, Førde<br>Geotekniske vurderinger                                        |
| <b>Prosjektnr.</b>    | 23-33                                                                                               |
| <b>Saksbehandler</b>  | Arne Instanes, tlf. 4800 3443<br><a href="mailto:arne@instanes.no">arne@instanes.no</a>             |
| <b>Kontrollert av</b> | Johanna L. Rongved, tlf: 971 64 699<br><a href="mailto:johanna@instanes.no">johanna@instanes.no</a> |
| <b>Antall sider</b>   | 15 sider + 2 vedlegg                                                                                |

|                 |                                                                                                                                        |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Til</b>      | Rambøll Norge AS v/ Kristoffer Lerøy Neset<br><a href="mailto:kristoffer.leroy.neset@ramboll.no">kristoffer.leroy.neset@ramboll.no</a> |
| <b>Kopi til</b> |                                                                                                                                        |

## Sammendrag

Det skal etableres fortau og breddeutvidelse av eksisternde vegtrasé i Kyrkjevegen, Førde. Tiltaket er en del av Tiltak 18 i Førdepakken. Utvidelsen medfører en relativt beskjeden pålastning, maksimalt 1-2 meter fylling i relativt flatt terreng. I tillegg skal det etableres noen mindre murer langs traséen. Det forventes ikke spesielle utfordringer knyttet til bæreevne, setninger eller skråningsstabilitet, da grunnforholdene er antatt å bestå av friksjonsmasser (sandige, grusige løsmasser) i de øverste 4-5 meterne.

Ved Førde kyrkje er det en relativt bratt skråning ned mot bekkefar i nord. Det er utført stabilitetsanalyser som viser tilfredsstillende stabilitet etter at tiltaket er fullført.

Hvis det under gravearbeidene påtreffes andre grunnforhold en sandige, grusige løsmasser må geotekniker konsulteres.

| Revisjon | Dato       | Beskrivelse                                                       | Egenkontroll | Sidemannskontroll | Godkjent |
|----------|------------|-------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|----------|
| A01      | 02.09.2025 | Inkluderer profil 0-190.<br>Reviderte trafikklaste og murgeometri | AIN          | JLR               | AIN      |
| A00      | 30.05.2024 | Rev. A00 for kommentarer                                          | AIN          | JLR               | AIN      |

# INSTANES AS

Geoteknisk rådgivning og prosjektering

## Innhold

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Sammendrag .....                                                                  | 1  |
| 1 Innledning .....                                                                | 3  |
| 2 Problembeskrivelse .....                                                        | 3  |
| 3 Grunnforhold .....                                                              | 4  |
| 4 Prosjekterings- og beregningsforutsetninger .....                               | 5  |
| 5 Geotekniske vurderinger .....                                                   | 6  |
| 5.1 Generelt .....                                                                | 6  |
| 5.2 Karakteristiske styrkeparametere.....                                         | 7  |
| 5.3 Frostsikring.....                                                             | 7  |
| 5.4 Graveskråninger.....                                                          | 7  |
| 5.5 Tørrmurer.....                                                                | 8  |
| 5.6 Skråningsstabilitet (Profil 190-210) .....                                    | 10 |
| 5.7 Bæreevne og setninger .....                                                   | 11 |
| 6 Utførelse og kontroll.....                                                      | 14 |
| 7 Oppsummering og konklusjon.....                                                 | 14 |
| 8 Referanser.....                                                                 | 14 |
| <br>                                                                              |    |
| Figur 1 Oversiktsbilde fra [3].....                                               | 3  |
| Figur 2 Kvikkleiresone Falkenstein, Førde [1]. Børpunkt markert med sirkler. .... | 4  |
| Figur 3 Prinsippskisse for tørrmurer [12].....                                    | 9  |
| Figur 4 Mur/plastring i fot av bratt skråning ved ca. profil 210.....             | 11 |
| Figur 5 Profil 320 – antatt masseutskifting for VA-grøft.....                     | 12 |
| Figur 6 Profil 764 – antatt masseutskifting for VA-grøft.....                     | 13 |
| <br>                                                                              |    |
| Tabell 1 Oppsummering av sikkerhetsprinsipp .....                                 | 5  |
| Tabell 2 Partialfaktorer $\gamma_m$ for effektivspenningsanalyser [7] .....       | 6  |
| Tabell 3 Partialfaktorer $\gamma_m$ for totalspenningsanalyser [7].....           | 6  |
| Tabell 4 Antatt karakteristiske styrkeparametere .....                            | 7  |
| Tabell 5 Tørrmurer .....                                                          | 9  |
| <br>                                                                              |    |
| Vedlegg 1 Stabilitetsberegninger.....                                             | 16 |
| Vedlegg 2 Kontrollplan.....                                                       | 23 |

## 1 Innledning

Instanes AS er engasjert av Rambøll Norge AS som underleverandør på geoteknisk rådgivning for Statens Vegvesens prosjekt Førdepakken, Tiltak 18 Kyrkjevegen Aust, Førde. Det er planlagt nytt fortau langs Kyrkjevegen fra Førde kyrkje i vest til Angedalsvegen i øst, se Figur 1. Tiltaket starter ved profil 190 i vest og stopper ved profil 800 mot Angedalsvegen i øst.

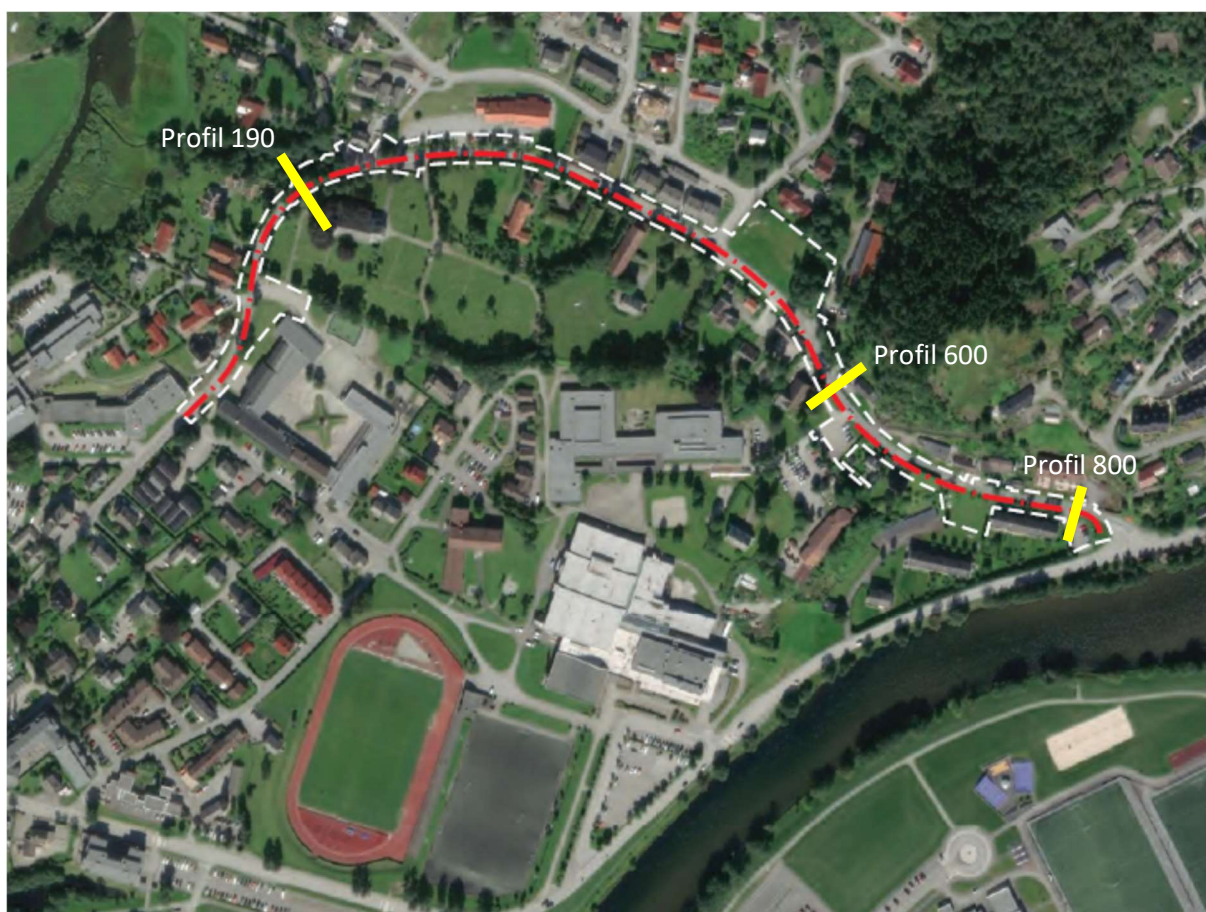
Tiltaket ligger delvis i, og delvis i utløpssonen for kvikkleiresone 2425 Falkenstein, se [1] og Figur 2.

Dette notatet omhandler premisene for den geotekniske prosjekteringen og den geotekniske prosjekteringen som er utført for tiltaket.

## 2 Problembeskrivelse

Langs strekningen skal det etableres fortau og eksisterende trasé skal utvides i bredden med opptil 2-3 meter, i hovedsak på nordsiden av eksisterende veg. Utvidelsen medfører en beskjeden pålastning, maksimalt 1-2 meter fylling. I tillegg skal det etableres noen mindre murer langs traséen. Ved profil 190-200 er det en relativt bratt skråning ned mot et bekkefar i foten av skråningen. Det er etablert en mur i foten av skråningen. Tiltaket ligger i en kvikkleiresone frem til ca. profil 600.

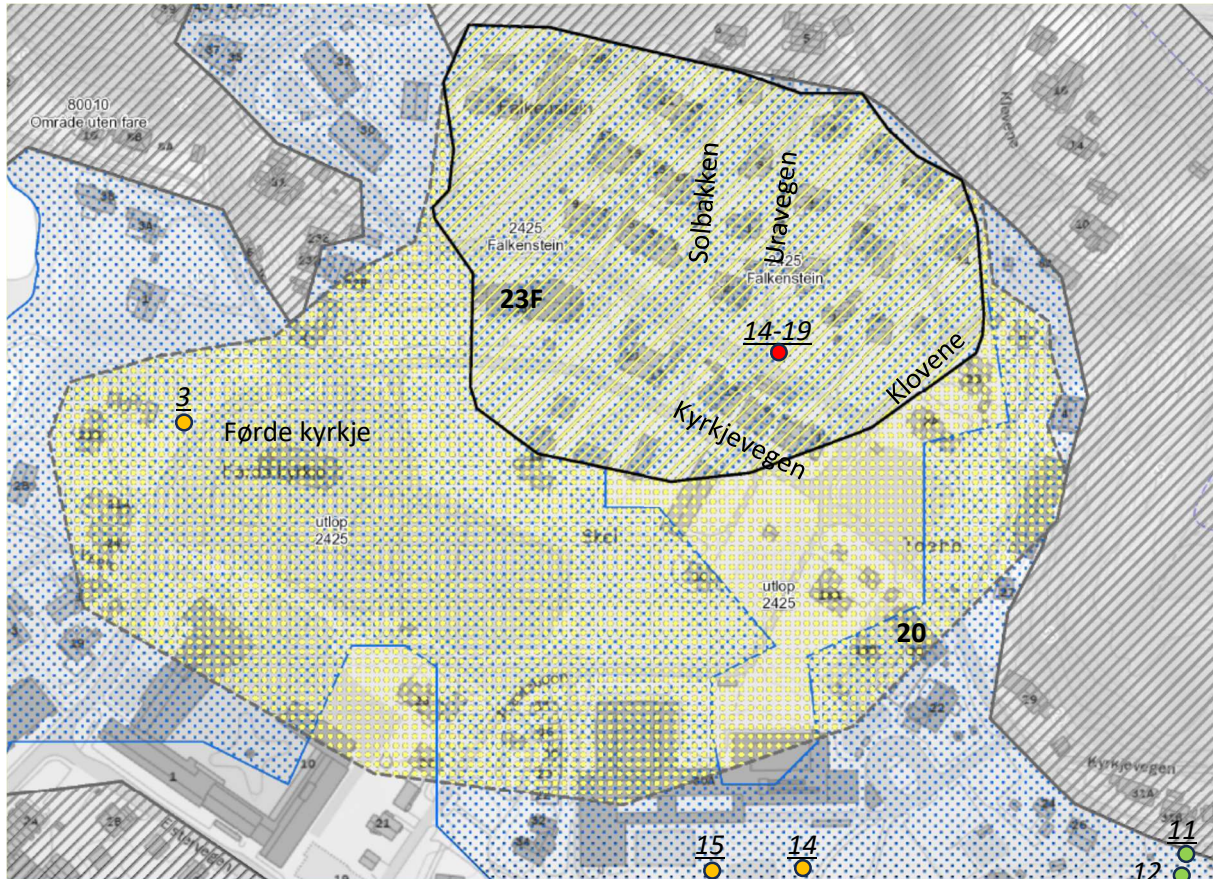
Det er utført grunnundersøkelser i forbindelse med tiltaket [2], men boringene er begrenset til profil 170 (som ligger utenfor tiltaksområdet), og profil 725.



Figur 1 Oversiktsbilde fra [3]

### 3 Grunnforhold

Kvartærgeologisk kart over området viser elveavsetninger i hele prosjektområdet, se [4]. Området befinner seg imidlertid delvis i kvikkleiresone 2425 Falkenstein, se Figur 2 og [5]. Kvikkleiresonen er vurdert til å ha faregrad 1 – lav, konsekvensklasse 3 – meget alvorlig og risikoklasse 3 [5].



Figur 2 Kvikkleiresone Falkenstein, Førde [1]. Borpunkt markert med sirkler.

Fra Førde kyrkje til Kyrkjevegen 20 er terrenget relativt flatt og ligger på ca. kote +9 til +15. Fra Kyrkjevegen 20 ligger tiltaket utenfor kvikkleiresonen. Herfra skråner terrengoverflaten ned til ca. kote +4 i krysset mot Angedalsvegen.

Borpunkt 14-19 i krysset Falkensteinsvegen/Uravegen er en del av grunnlaget for vurdering av kvikkleiresonene, se [5]. Boringen ligger på kote +13,0, og det er påvist kvikkleire i dybde 4,2 meter (kvikkleire fra ca. kote +8,8).

Det er utført grunnundersøkelser for tiltaket i 2021 [2]. Grunnundersøkelsene består av 3 totalsonderinger (borpunkt 3, 11 og 12) og opptak av representative prøver ned til 4-5 meter under terrengoverflaten. Ved profil 170 (borpunkt 3 på Figur 2) vest for Førde kyrkje er det utført en totalsondering til 28,4 meter under terreng uten å treffe berg. Denne boringen ligger i utløpssonen for kvikkleiresonen. Prøveserien fra dybde 1-5 meter viser sandig, grusig materiale. Totalsonderingen antyder et svakt lag fra ca. 12 meters dybde (fra ca. kote -4 til -12), som erfaringsmessig kan være

sprøbruddsmateriale. Det er ikke utført prøvetaking eller CPTu ved denne dybden for å bekrefte eller avkrefte sprøbruddsmateriale. Det er derfor valgt å anta kvikkleire fra kote -4 til -12 i dette området.

Ved profil 725, like vest for Kyrkjevegen 28A, er det utført to totalsonderinger på sørsiden av Kyrkjevegen (borpunkt 11 og 12 på Figur 2). Berg er påtruffet på henholdsvis 6,1 og 7,8 meters dybde (bergkote -1,1 og -3,1). Prøveserien fra dybde 1-4 meter viser siltig sand, sandig silt, leirig silt og sandig, grusig materiale. Det er ingen indikasjoner på sprøbruddsmateriale i disse boringene.

I forbindelse med grunnundersøkelsene utført ved Førdehuset og Førde ungdomsskule i 2024 [6], ble det utført 15 totalsonderinger, 4 CPTu og 3 prøveserier. Det er kun mottatt kopi av datarapporten fra undersøkelsene, uten tolkning av CPTu. Basert på rådata fra trykksonderingene (CPTu) vurderes det at det er mulig kvikkleire fra ca. 15-20 meter under terrengoverflaten. Totalsonderingene i borpunkt 14 og 15 med terrengkote på henholdsvis +13,38 og +10,90 (se Figur 2) indikerer mulig sensitiv leire fra 15 til 17 meters dybde under terreng for de to boringene (fra ca. kote -1,6 til -6).

## 4 Prosjekterings- og beregningsforutsetninger

Håndbok N200 Vegbygging [7] definerer hvilke standarder og veiledninger som er gjeldende for geoteknisk prosjektering. I tillegg til Statens Vegvesens håndbøker benyttes Eurokodene, og da i hovedsak Eurokode 0, 7 og 8, se [8] [9] og [10]. For vurdering av områdestabilitet i kvikkleireområder benyttes NVEs kvikkleireveileder [11].

Avgrensing av kvikkleiresonen er allerede utført, og dokumentert, se [1]. Byggeplanen omfatter derfor kontroll av lokalstabilitet, samt detaljprosjektering av de tiltak som er funnet nødvendige for å ivareta lokalstabilitet og områdestabilitet.

Det er gjort en vurdering av geoteknisk kategori, samt konsekvens- og pålitelighetsklasse i forbindelse med denne detaljprosjekteringen. Oppsummering av geoteknisk kategori, konsekvens- og pålitelighetsklasse for ulike deler av tiltaket er oppsummert i Tabell 1 under. I områder med kvikkleire (sprøbruddmaterialer) skal vegprosjekter plasseres i geoteknisk kategori 3. Geoteknisk kategori 2 kan benyttes ved spesielt gunstige forhold [7]. I dette tilfellet er det gunstige forhold ved at tiltaket ikke medfører pålastning på grunnen, terrenget er relativt flatt og antatt sprøbruddsmateriale ligger dypt. Prosjektet er på bakgrunn av dette nedklassifisert til geoteknisk kategori 2.

Tabell 1 Oppsummering av sikkerhetsprinsipp

|                                                                            | Geoteknisk kategori | CC/RC    | PKK      | UKK      |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------|----------|----------|
| ÅDT < 1500 [12]                                                            |                     | 1        |          |          |
| <b>Tiltak i kvikkleireområde (gunstige forhold)</b>                        | <b>2</b>            | <b>2</b> | <b>2</b> | <b>2</b> |
| Tiltak i kvikkleireområde (generelt)                                       | 3                   | 3        | 3        | 3        |
| Beregningsprofiler uten sprøbruddmateriale, og støttemurer med høyde < 5 m | 2                   | 2        | 2        | 2        |

For numeriske analyser er det iht. Håndbok V220 benyttet dimensjoneringsmetode 3, hvor fasthetsparameterne er faktorisert med  $\gamma_m$  i beregningene. Karakteristiske parametere er vurdert på bakgrunn av totalsonderingene, laboratorieanalyser og erfaringer fra tilstøtende prosjekt. For

fyllmasser og faste friksjonsmasser er det i hovedsak benyttet erfaringsparametere. For slike masser er det altså i hovedsak ikke benyttet målte parametere.

Håndbok N200 gir også utgangspunkt for valg av partialfaktorer,  $\gamma_m$ . Valg av partialfaktorer avhenger av bruddmekanisme og konsekvensklasse, samt av om det regnes på totalspenningsbasis eller effektivspenningsbasis. For effektivspenningsanalyse og totalspenningsanalyse er minimumskravet til  $\gamma_m$  på henholdsvis 1,25 og 1,4 iht. Eurokode 7. Håndbok N200 gir imidlertid strengere krav til materialfaktor for alvorlige konsekvensklasser og sprøe brudd (se Tabell 2 og Tabell 3). Det er generelt forholdt seg til disse tabellene i detaljprosjekteringen. ÅDT for Kyrkjevegen er ca. 1000. Veggen har gode omkjøringsmuligheter og konstruksjoner med liten skadekonsekvens. Dette medfører i utgangspunktet konsekvensklasse CC1 i henhold til håndbok V220 [12]. På grunn av mulig sprøbruddsmateriale i dybden, og ellers gunstige forhold er det valgt konsekvensklasse CC2 for tiltaket i kvikkleiresonen.

Tabell 2 Partialfaktorer  $\gamma_m$  for effektivspenningsanalyser [7]

| Konsekvensklasse    | Bruddmekanisme        |                |                           |
|---------------------|-----------------------|----------------|---------------------------|
|                     | Seigt, dilatant brudd | Nøytralt brudd | Sprøtt, kontraktant brudd |
| CC1 Mindre alvorlig | 1,25                  | 1,3            | 1,4                       |
| CC2 Alvorlig        | 1,3                   | 1,4            | 1,5                       |
| CC3 Meget alvorlig  | 1,4                   | 1,5            | 1,6                       |

Tabell 3 Partialfaktorer  $\gamma_m$  for totalspenningsanalyser [7]

| Konsekvensklasse    | Bruddmekanisme        |                |                           |
|---------------------|-----------------------|----------------|---------------------------|
|                     | Seigt, dilatant brudd | Nøytralt brudd | Sprøtt, kontraktant brudd |
| CC1 Mindre alvorlig | 1,4                   | 1,4            | 1,4                       |
| CC2 Alvorlig        | 1,4                   | 1,4            | 1,5                       |
| CC3 Meget alvorlig  | 1,4                   | 1,5            | 1,6                       |

## 5 Geotekniske vurderinger

### 5.1 Generelt

Sikkerhetsprinsipper for prosjektet er oppsummert ovenfor. Det benyttes dimensjoneringsmetode 3, hvor karakteristiske styrkeparametere reduseres med  $\gamma_m$  i beregningene. For tiltak i kvikkleiresone er det valgt konsekvens- og pålitelighetsklasse CC2/RC2. For sprø bruddmekanisme medfører dette krav til materialfaktor 1,5 både for totalspenningsanalyse og effektivspenningsanalyse, og dette settes som en forutsetning for ferdigtilstanden.

For tørrmurene er det antatt at de i kvikkleiresonen frem til ca. profil 600, blir fundamentert på friksjonsmasser av sand og grus over eventuelt sprøbruddsmateriale. Det er antatt minimum 4 meter med friksjonsmateriale over kvikkleire. Det er benyttet materialfaktor 1,5 i henhold til tabellene ovenfor.

Fra profil 600 til 800 er grunnundersøkelsene utført ved profil 725 lagt til grunn i beregningene. Boringene viser ikke antydning til sprøbruddsmateriale. For samtlige murer er det på bakgrunn av dette valgt konsekvens- og pålitelighetsklasse CC2/RC2 og krav til materialfaktor 1,4.

## 5.2 Karakteristiske styrkeparametere

Tiltaket medfører som nevnt svært beskjeden pålastning på undergrunnen. Grunnundersøkelsene som er utført for traséen er svært begrenset, og det er derfor også benyttet resultater fra tilsvarende grunnforhold i nærområdet, se for eksempel [13]. For stabilitetsanalyser ved profil 190 og dimensjonering av murer er det valgt styrkeparametere presentert i Tabell 4.

Tabell 4 Antatt karakteristiske styrkeparametere

| Materiale                       | Tyngde-<br>tetthet, $\gamma$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | Kohesjon,<br>c (kPa) | Friksjons-<br>vinkel, $\phi$<br>(°) | Udrenert<br>skjærfasthet,<br>$c_{uA}$ (kPa) | Telefarlighets-<br>klasse |
|---------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------|
| Fyllmasser                      | 19                                                   | 1                    | 38                                  |                                             | T1                        |
| Ny fylling                      | 19                                                   | 1                    | 42                                  | -                                           | T1                        |
| Stedlige masser av sand og grus | 19                                                   | 1                    | 34                                  | -                                           | T1 til T2                 |
| Sensitiv leire (siltig) *)      | 18                                                   | 0                    | 26                                  | 30                                          | T3 til T4                 |
| Kvikkleire (siltig) *)          | 18                                                   | 0                    | 26                                  | 30+3,3/m                                    | T3 til T4                 |

\*) Det er ikke utført CPTu eller prøvetaking av antatt sprøbruddsmateriale. Erfaringene fra CPTu og lab. utført i forbindelse med Tiltak 15 Angedalsvegen [14], viser at kvikkleiren i området er noe overkonsolidert ( $OCR \approx 2$ ). Udrenerte skjærfastheter benyttet i beregningene er basert på CPTu og lab. fra borhull A20 fra [14]. Ved borhull A20 ligger kvikkleiren ca. 3 meter under terreng (grunnvannsstand 1 m under terreng) mot antatt 5-12 meter under terreng ved profil 190. Skjærfasthets-parameterne anses derfor som konservative verdier. Det er tatt hensyn til anisotropforhold i beregningene i henhold til anbefalingene i [15].

## 5.3 Frostsikring

For  $\Delta T \leq 1500$  skal tiltak vurderes for å unngå ujevnt telehiv. Det skal benyttes dimensjonerende frostmengde  $F_{10}$  for T3- og T4-materiale [7]. Dimensjonerende frostmengde for Kyrkjevegen er  $F_{10} = 6\,753 \text{ h}^\circ\text{C}$ . Dette gir en nødvendig dybde på frostsikringslag med steinmaterialer på ca. 1,2-1,5 m. Grunnundersøkelsene [13] viser kun T1- og T2-materiale, men undersøkelsene er som nevnt begrenset til profil 170 og 725. Det kan derfor ikke utelukkes telefarlig materiale i traubunn langs traséen. Det anbefales derfor å masseutskifte til mest mulig jevn dybde i traséen, slik at risiko for ujevnt telehiv blir minst mulig.

Etablering av VA-grøfter medfører graving til ca. 3-4 meter under dagens terrengoverflate langs traséen. Det anbefales at eventuelle siltige løsmasser masseutskiftes med T1- og T2-materiale ned til dybde minimum 1,5 meter under ferdig terrengoverflate.

Ved vinterarbeid må det gjøres tiltak for å hindre frostnedtrengning i traue-/grøftebunn under anleggsarbeidene.

## 5.4 Graveskråninger

Det kan tillates graveskråning 1:1,5 i fyllmasser og løsmasser av sand for masseutskifting og etablering av VA-grøfter. Hvis det påtreffes silt eller leire under gravearbeidene for VA-grøfter, eventuelt for graving under grunnvannsstand, kan det være behov for å slake ut graveskråningene

ytterligere, eventuelt bruke grøftekasser. Geotekniker bør konsulteres for å avklare eventuelle utfordringer knyttet til silt og leire.

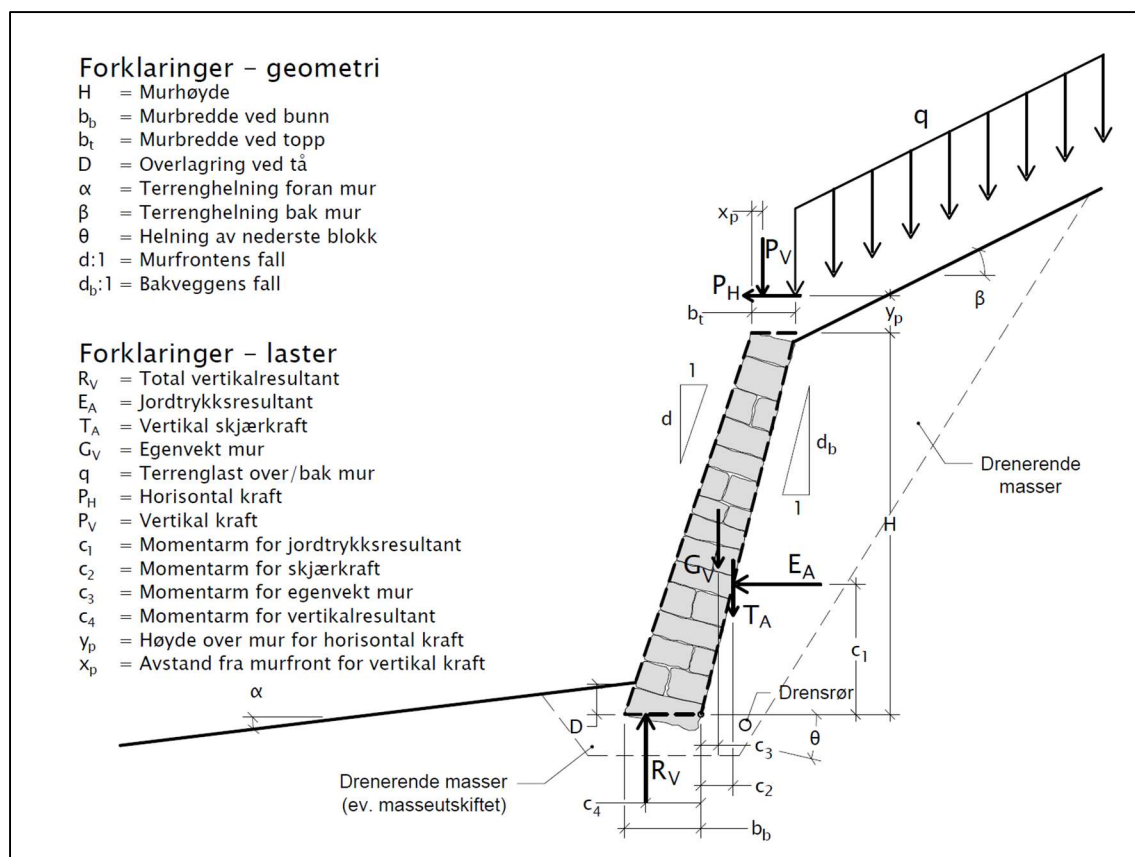
Fra ca. profil 740-780 skal det etableres VA-grøft på nordsiden av vegen i foten av en skråning. Det må vurderes å grave seksjonsvis med noe brattere graveskråning (max. 1:1) eventuelt etablere midlertidig støttekonstruksjon eller benytte grøftekasser.

De sandige løsmassene kan være utsatt for erosjon under store nedbørsmengder og bør dekkes til under anleggsarbeidene ved eventuelt varsel om ekstremnedbør. Avhengig av silt-innholdet kan de sandige løsmassene bli tilnærmet flytende ved tilførsel av vann. Ved ekstremnedbør bør graveskråninger dekkes til i anleggsperioden, for å unngå lokale utglidninger.

## 5.5 Tørrmurer

Tørrmurer skal utformes i henhold til Figur 3. Det må masseutskiftes under nederste blokk og bak muren med drenerende masser. Det skal legges drenerør på innsiden av nederste blokk. Tørrmurer må utføres med forband, og overlaging over tåen bør være minimum 0,5 meter.

Det er gjort overslagsberegninger for nødvendig blokkbredde for tørrmurene langs traséen med fronthelning 5:1 og fotdybde 0,5 m. Murbredden anbefales å være konstant eller øke fra topp til bunn, slik at blokkbredden blir størst nederst i muren. I beregningene er det antatt konstant murbredde. Det er videre antatt at murene ved profil 20-60 og mot nord fra profil 600-800 kun får snølast (3,5 kPa) på terreng, se Tabell 5. Resterende murer er dimensjoner med trafikklast på gang- og sykkelveger på 5 kPa og trafikklast veg på 25 kPa. Det er benyttet lastfaktor  $\gamma_Q=1,3$  og materialfaktor  $\gamma_m=1,4$  i beregningene. Beregningene må revideres hvis det påtreffes andre grunnforhold enn de forutsatt sandige, grusige materialer. Anbefalte minimum blokkbredder er vist i Tabell 5.



Figur 3 Prinsippskisse for tørrmur [12]

Tabell 5 Tørrmur

| Profil         | Ca. max.høyde, inkludert 0,5 m fotdybde | Antatte grunnforhold        | Terrenplast                    | Terrenghelning |                                                                 | Minimum blokkbredde (m) |               |
|----------------|-----------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------|
|                |                                         |                             |                                |                |                                                                 | Bunn $b_b$              | Topp $b_t$    |
| 20             | 2,3 m                                   | Sandige, grusige materialer | Snølast                        | Flatt          | $\gamma_m = 1,5$                                                | 0,9                     | 0,9           |
| 60             | 1,8 m                                   | Sandige, grusige materialer | Snølast                        | Flatt          | $\gamma_m = 1,5$                                                | 0,6                     | 0,6           |
| 300-340 (nord) | 2,0 m                                   | Sandige, grusige materialer | Trafikklast gang- og sykkelveg | Flatt          | $\gamma_m = 1,5$                                                | 0,8                     | 0,8           |
| 600-640 (nord) | 2,0 m                                   | Sandige, grusige materialer | Snølast                        | 1:5 bak mur    | $\gamma_m = 1,4$                                                | 0,7                     | 0,7           |
| 670-695 (sør)  | 2,0 m                                   | Sandige, grusige materialer | Snølast                        | Flatt          | $\gamma_m = 1,4$                                                | 0,7                     | 0,7           |
| 660-720 (nord) | 1,5 m                                   | Sandige, grusige materialer | Snølast                        | 1:3 bak mur    | $\gamma_m = 1,4$                                                | 0,5                     | 0,5           |
| 710-760 (sør)  | 3,0 m                                   | Sandige, grusige materialer | Trafikklast                    | 1:8 foran mur  | $\gamma_m = 1,4$<br>$\gamma_m = 1,4$ (lette fyllmasser bak mur) | (2,4)*<br>1,8           | (2,4)*<br>1,8 |
| 740-800 (nord) | 2,5 m                                   | Sandige, grusige materialer | Snølast                        | 1:6 bak mur    | $\gamma_m = 1,4$                                                | 1,0                     | 1,0           |

\*) nødvendig med lette fyllmasser bak mur for å redusere blokkbredde

## 5.6 Skråningsstabilitet (Profil 190-210)

Det er utført geotekniske stabilitetsberegninger for skråning ned mot bekkefar nord for Førde kyrkje. Skråningshelningen er lokalt opp til ca. 45°, og det er etablert en mur/plastring mot bekken i foten av skråningen, se Figur 4. Denne type bratte skråninger kan være utsatt for overflateerosjon og mindre overflateutglidninger lokalt. I forbindelse med planlagt etablering av overvannsgrøft fra Kyrkjevegen ned til bekken i dette området, anbefales det å vurdere masseutskifting/erosjonssikring av skråningen ned mot bekken.

Det er utført stabilitetsberegninger ved hjelp av likevektsprogrammet (limit ekvilibrum) Slope/W [16]. Formålet er å undersøke om kravet til materialfaktor er tilfredsstillende for kritiske skjærflater ned i mulig sprøbruddsmateriale. I henhold til [7] er det for stabilitetsberegningen benyttet en jevnt fordelt karakteristisk trafikklast på 15 kPa over hele vegbredden for Kyrkjevegen. Det er benyttet en partialfaktor  $\gamma_Q=1,3$  på trafikklasten. Beregningene er i første omgang utført med dagens geometri og karakteristiske styrkeparametere for en beregning av dagens sikkerhet.

For fremtidig situasjon og for dimensjonering av eventuelle stabiliserende tiltak er det også utført beregning med dimensjonerende parametere. Tiltaket medfører i hovedsak masseutskifting og tilbakeføring av terreng til dagens situasjon. Dette er utført ved å legge inn aktuelle materialfaktorer i beregningsprogrammet. Kravet i disse beregningene er en overdesignfaktor (ODF) > 1,0. Det er utført stabilitetsanalyser for ferdigtilstanden ved bruk av dimensjonerende parametere ( $\gamma_m=1,5$  og  $\gamma_m=1,6$ ).

I beregningene er det antatt sprøbruddsmateriale fra kote -4. For dype sirkulærsylindriske skjærflater er det for dagens situasjon beregnet en sikkerhet på 1,62 på totalspenningsbasis. På effektivspenningsbasis viser beregningene en sikkerhet på ca. 1,60 for en relativ grunnskjærflate, se Vedlegg 1. Dette gir tilfredsstillende stabilitet for dagens situasjon for konsekvensklasse CC3 i det aktuelle området. For ferdigtilstand etter masseutskifting er det beregnet en overdesignfaktor på 1,07 og 1,27 for henholdsvis totalspenningsbasis og effektivspenningsbasis med  $\gamma_m=1,5$ . For  $\gamma_m=1,6$  reduseres ODF til henholdsvis 1,01 og 1,30.

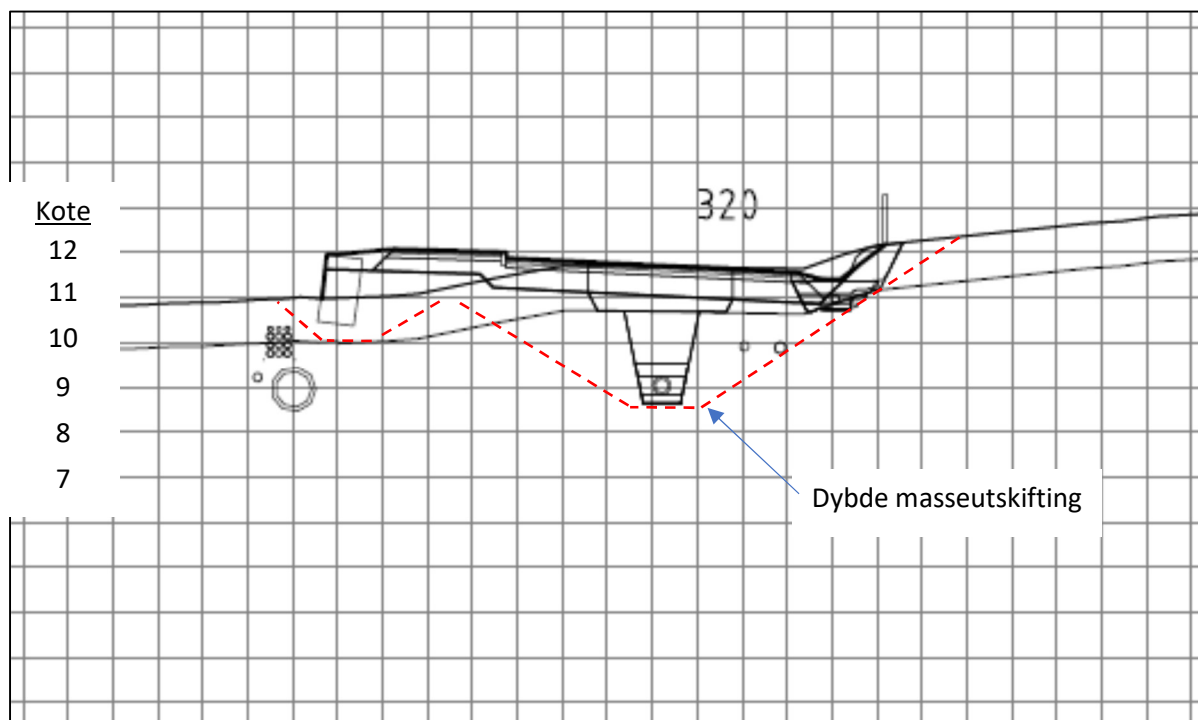


Figur 4 Mur/plastring i fot av bratt skråning ved ca. profil 210

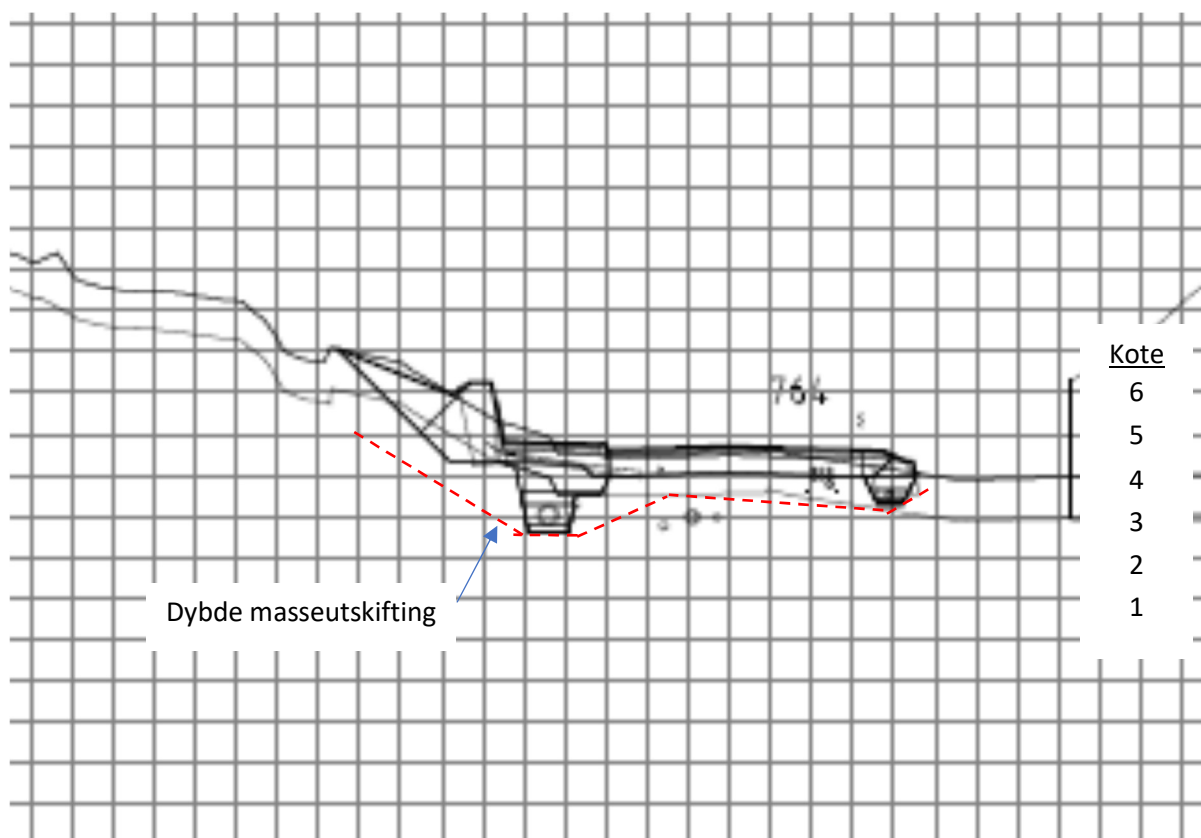
### 5.7 Bæreevne og setninger

Terrenget er i hovedsak relativt flatt på begge sider av vegtraséen. Tiltaket medfører oppfylling over eksisterende terrengoverflate på mindre enn 1-2 meter. Masseutskifting i forbindelse med breddeutvidelse og etablering av VA-grøft vil gi gunstige geotekniske forhold for etablering av fyllinger og murer med beskjedne høyder (< 2 meter). Det forventes derfor ikke spesielle utfordringer knyttet til bæreevne, setninger eller skråningsstabilitet utover det som er behandlet i foregående avsnitt. Hvis det påtreffes andre grunnforhold en sandige, grusige materialer under gravearbeidene må geotekniker konsulteres.

Det skal etableres nytt VA-anlegg i traséen med dybde opptil 3 meter under terreng, se Figur 5. VA-grøfter kan etableres med skråningshelning 1:1,5 i sandige, grusige løsmasser, se Figur 5.



Figur 5 Profil 320 – antatt masseutskifting for VA-grøft



Figur 6 Profil 764 – antatt masseutskifting for VA-grøft

## 6 Utførelse og kontroll

Forslag til kontrollplan er vist i vedlegg 2

## 7 Oppsummering og konklusjon

Dette notatet omhandler premissene for den geotekniske prosjekteringen og beskriver den geotekniske prosjekteringen som er utført for tiltaket. Deler av tiltaket befinner seg i kvikkleiresone 2425 Falkenstein.

Langs strekningen skal det etableres fortau og eksisterende trasé skal utvides i hovedsak 2-3 meter på nordsiden av eksisterende veg. Utvidelsen medfører svært begrenset pålastning, maksimalt 1-2 meter fylling i relativt flatt terreng. I tillegg skal det etableres noen mindre murer langs traséen. Det forventes ikke spesielle utfordringer knyttet til bæreevne, setninger eller skråningsstabilitet.

Ved Førde kyrkje er det en relativt bratt skråning ned mot bekkefar i nord. Det er utført stabilitetsanalyser som viser tilfredsstillende stabilitet etter tiltaket er fullført.

VA-grøfter kan etableres med skråningshelning 1:1,5 i sandige, grusige løsmasser.

Hvis det påtreffes andre grunnforhold en sandige, grusige materialer under gravearbeidene må geotekniker konsulteres.

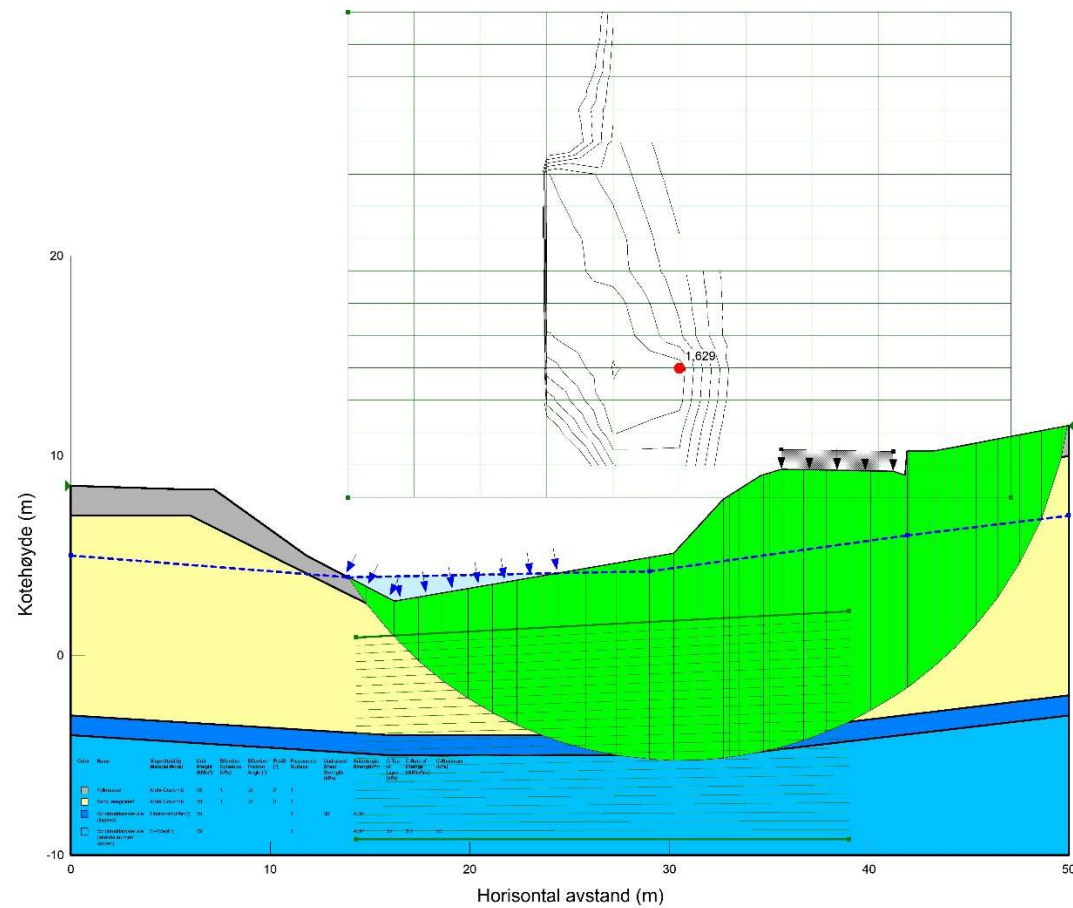
## 8 Referanser

- [1] NVE, Kvikkleiresoner. <https://temakart.nve.no/tema/kvikkleire>.
- [2] Statens vegvesen, Førdepakken. Kyrkjevegen Aust - tiltak 18. Reguleringsplan. Nr. B11918-GEOT-01, Labsysnr. 3210014. Dato: 2021-04-19. 27 sider.
- [3] Statens vegvesen, Førdepakken. Nytt fortau langs Kyrkevegen. Sunnfjord kommune. Teikningshefte. Datert 15.01.2021. 10 sider.
- [4] Norges Geologiske Undersøkelser (NGU), Nasjonal løsmassedatabase. [www.ngu.no](http://www.ngu.no).
- [5] NVE/NGI, NVE Ekstern rapport nr. 8/2022. Oversiktskartlegging kvikkleire. Risiko for kvikkleireskred i Sunnfjord kommune. Mars 2022. 153 sider.
- [6] Sweco Norge AS, Førdehuset - grunnundersøkelser. Datarapport - grunnundersøkelser. Prosjektnummer 10240167. Dokumentnummer RIG\_R01. Rev. A01. Datert 25.01.2024. 67 sider.
- [7] Statens vegvesen, Håndbok N200 Vegbygging. N200:2022. Nov. 2022. Digital utgave.
- [8] Standard Norge, Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner. Norsk Standard NS-EN 1990:2002+NA:2016.

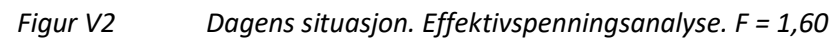
- [9] Standard Norge, Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Norsk Standard NS-EN 1997-1:2004+A1+NA. NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 (no).
- [10] Standard Norge, Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning Del 1: Almenne regler, seismiske laster og regler for bygninger. NS-EN 1998-1:2004+NA:2008.
- [11] NVE, Sikkerhet mot kvikkleireskred. Veileder. Nr. 1/2019. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper. 86 sider.
- [12] Statens Vegvesen, Geoteknikk i vegbygging. Håndbok V220. Vegdirektoratet, juli 2022. 653 sider.
- [13] Statens vegvesen, Fv. 481 Angedalsvegen, Førdepakken tiltak 15 og 19. Geoteknisk rapport for reguleringsplan. 30208-GEOT-2, ref. 3. Datert 2020-08-14. 31 sider + 8 bilag.
- [14] Rambøll Norge AS, Fv. 601 Angedalsvegen. Datarapport fra grunnuundersøkelse. Oppdragnr. 1350047381. Rapportnr. 001. Dato 18.02.2022. 367 sider.
- [15] NIFS, Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer. NVE/Jernbaneverket/Statens vegvesen. NIFS-rapport 14, 2014.
- [16] Seequent, GeoStudio geotechnical software. [www.geoslope.com](http://www.geoslope.com).
- [17] Standard Norge, Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 m.fl.

## Vedlegg 1

# Stabilitetsberegninger ved Profil 190



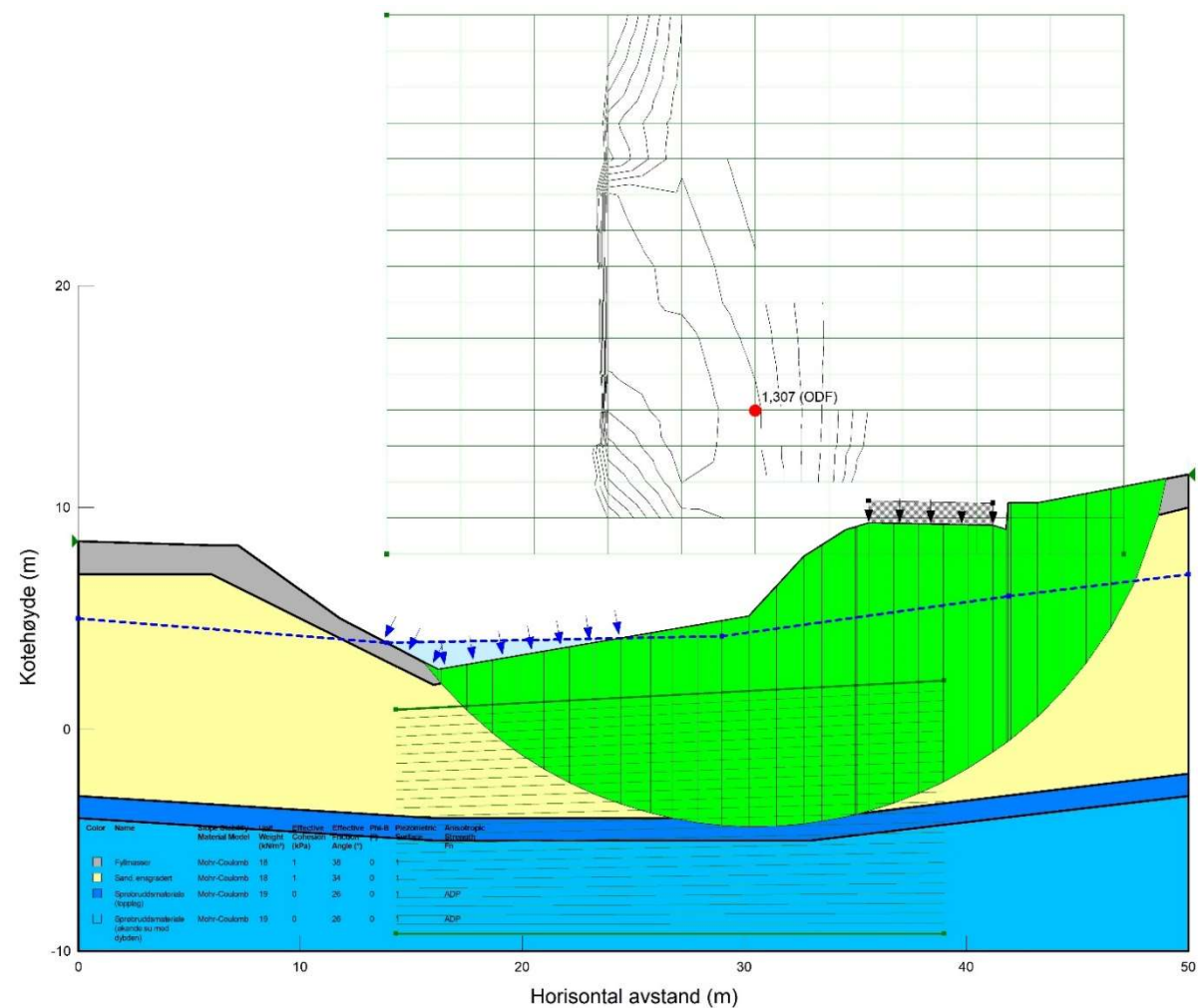
Figur V1 Dagens situasjon. Totalspenningsanalyse  $F = 1,62$











Figur V6

Ferdigtilstand. Effektivspenningsanalyse  $\gamma_m=1,6$ . ODF = 1,30

## Vedlegg 2

# Kontrollplan

---

**INSTANES AS**

Geoteknisk rådgivning og prosjektering

Plan for kontroll - Geoteknikk NS-EN 1997-1 2.8(4)P

INSTANES AS  
Geoteknisk rådgivning og prosjektering

|                                         |              |                  |       |            |          |   |
|-----------------------------------------|--------------|------------------|-------|------------|----------|---|
| 23-33 Tiltak 18 Kyrkjevegen Aust, Førde | Utarbeidet:  | Arne<br>Instanes | Dato: | 29.05.2024 | Revisjon | 0 |
|                                         | Kontrollert: | J. L.<br>Rongved | Dato: | 30.05.2024 | Rev.dat  |   |

| Kontrollpunkt               | Formål                                                                                          | Konstruksjonsdel / område                 | Type måling                                                                                                    | Hyppighet / frekvens                  | Vurderingskriterie                          | Sannsynlig variasjonsområde | Varighet av målinger                 | Ansvarlige for måling                                                                                                                                                    |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Løsmassekvalitet grøft/trau | Oversikt over masseutskifting av fyllmasser og eventuelle humusholdige og bløte, siltige masser | Grøft- og traubunn                        | Bilder, befaringsnotat, eventuell oppfølging av geotekniker                                                    | Fortløpende ved utgraving             | Visuell beskrivelse                         | Forventes sandige løsmasser | Under utgravingsarbeid               | Utførende entreprenør. Sender over billedokumentasjon til byggeleder/geotekniker.<br><br>Geotekniker kontaktes hvis det påtreffes andre type løsmasser enn sand og grus. |
| Komprimering                | Dokumentere komprimering av ny fylling                                                          | Vegfylling og områder for masseutskifting | Responsmålinger fra maskin. Sjekklist.                                                                         | Ved komprimering                      | Etter kriterier angitt i N200, V220 og V221 | -                           | Inntil fyllingene er bygget helt opp | Utførende entreprenør.                                                                                                                                                   |
| Tørrmur                     | Dokumentere utførelse i henhold til prosjektert løsning                                         | Tørrmur langs traséen                     | Bilder av massutskifting under nederste murblokk, og bak mur. Drenering. Blokkstørrelser. Geometri og forband. | Fortløpende ved oppbygging av tørrmur | Sjekklist. Målebrev. Billedokumentasjon.    | -                           | Inntil tørrmurene er bygget helt opp | Utførende entreprenør.                                                                                                                                                   |