



E6 Gyllan – Kvål

Notat geoteknikk, stabilitet Horg bygdatun

20.03 | 23

Detaljreguleringsplan

Oppdragsnummer:	5207617
Oppdragsnavn:	E6 Gyllan - Kvål
Dokumentnummer:	NV50E6GK-GTK-NOT-0001
Dokumentnavn:	Notat geoteknikk, stabilitet Horg bygdatun

Versjonsoversikt

Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
01	20.03.2023	Til høring	TelKyd/Knu Kje	GunHen	JHSve

SAMMENDRAG

Nye veier planlegger ny E6 i Trøndelag fra Nedgård i sør til Asp i nord. Utbyggingen skal bedre trafikksikkerheten, forkorte reisetiden og styrke vekst i landsdelen. Norconsult AS er engasjert til å utføre grunnundersøkelser og geotekniske vurderinger i forbindelse med reguleringsplan på strekningen Gyllan-Kvål. For hele parsellen planlegges det etablering av firefelts motorvei, på en strekning på 17 km. Prosjektet omfatter større bruer, og tunneler, samt omlegging av flere fylkesveier og lokalveier.

Denne rapporten tar for seg beregninger og vurderinger for en særlig komplisert skråning, ved Horg bygdatun, ved Hovin i Melhus kommune. Området består av flere gårdstun med gamle bygninger og et statlig sikra friluftsområde. Det er derfor lagt særlig vekt på å minimere inngrep av de geotekniske tiltakene. Terrengforholdene på stedet gjør imidlertid at det er lite plass til både 4-felts motorvei, lokalvei og gang- og sykkelvei forbi området. Sammen med kompliserte grunnforhold, gjør dette at større inngrep ikke kan unngås, men det er jobbet med optimalisering og utforming av inngrepene.

Multiconsult har i forbindelse med tidligere regulering av E6-Gyllan-Kvål utarbeidet en geoteknisk vurderingsrapport av stabilitet ved Horg bygdetun og vurdert denne i forhold til planlagt vei. Foreliggende rapport omhandler nye vurderinger av stabiliteten ved Horg bygdetun, basert på supplerende grunnundersøkelser og justert veigeometri. Vurderingene kan deles inn i to deler; stabilitet av fylling for ny lokalvei ned mot E6 forbi Horg bygdatun, og stabilitet av skråningen opp mot øvre platå på bygdetunet.

Uten tiltak medfører ny E6 en vesentlig forverring av stabiliteten i området. Skråningsstabiliteten er fra før lav og grunnforholdene komplekse. Det var tidligere ikke gjort beregning av stabilitet av den store skråningen/terrengryggen i nordlig del av Horg bygdatun. I dette området er det en høydeforskjell på over 40 meter mellom E6 og platået ved øvre del av Horg bygdatun. Det var skissert omfattende bruk av støttemurer i foten av skråningen, ned mot E6.

Norconsult har utført flere grunnundersøkelser og videre beregninger i området for å undersøke gjennomførbarheten av tiltaket. Beregninger viser at geoteknisk sikkerhet i de høye skråningene er for lav, og at det er behov for omfattende avlastning av terreng, men at sikring med høye murer ned mot ny E6 kan unngås. Endelig situasjon får tilstrekkelig sikkerhet ved å avlaste terrenget på toppen av skråningen ved Horg bygdetun med i overkant av 10 meter. Skråningen er planlagt med to terrasser med en helning på skjæringer på 1:2-1:2,5. Skråning fra bunn til topp får en gjennomsnittlig helning på ca. 1:3. Kontroll på grunnvann kan være kritisk, både i anleggsfase og for endelig situasjon. Nedsatte poretrykksmålere må derfor følges opp videre og dokumenteres nærmere for endelig tiltak. Tiltak for håndtering av overflatevann og sikring mot erosjon blir avgjørende.

Beregninger viser at bygninger knyttet til det nedre bygdetunet, nærmest Fossveien, kan bli stående på nåværende plassering. Dette er oppnådd ved justering av geometri på lokalveien, samt utskifting av masser i skråning mellom E6 og bygdetunet, slik at ny lokalvei

blir liggende på tilførte kvalitetsmasser. Skråning mellom E6 og Fossvegen er planlagt med helning 1:1,5. Avlastning av terreng i øvre del fører imidlertid til at en røykestue og to grillhytter må flyttes, samt at takoverbygg for benker og grill må rives/flyttes. På nedre plan må tingstuggu flyttes.

INNHold

1	INNLEDNING	6
1.1	Bakgrunn	6
1.2	Prosjektets formål og mål	7
1.3	Planprosess for detaljregulering med konsekvensutredning for E6 Gyllan – Kvål.....	7
1.4	Geotekniske vurderinger ved Horg bygdatun	8
2	GRUNNLAG	9
2.1	Tidligere utførte grunnundersøkelser og oppsummering av påviste grunnforhold.....	9
2.2	Terreng og grunnforhold	9
3	SIKKERHETSPRINSIPPER.....	11
3.1	Geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse	11
3.1.1	Partialfaktorer for jordparametere	11
4	GEOTEKNISKE VURDERINGER	13
4.1	Tidligere vurderinger	13
4.2	Nye vurderinger	14
4.3	Grunnforhold og lagdeling	15
4.3.1	Generelt.....	15
4.3.2	Grunnforhold – supplerende undersøkelser	15
4.4	Beregninger	17
4.4.1	Beregningsforutsetninger	17
4.4.2	Beregningsprofiler	17
4.4.3	Valg av beregningsparametere	18
4.4.4	Anisotropi	19
4.4.5	Grunnvannstand og poretrykk.....	19
4.5	Beregningsresultat.....	20
4.5.1	Profil 1 (Tegning V121-V122).....	21
4.5.2	Profil 2 (Tegning V123 og V124).....	21
4.5.3	Profil 3 (Tegning V125-V126).....	22
4.5.4	Profil 3600 (Tegning V127-V128).....	22
5	GEOTEKNISK VURDERING	23
5.1	Generelt	23
5.2	Beregningsresultater og diskusjon	23
6	TEGNINGER	25
7	REFERANSER.....	26

1 INNLEDNING

Nye Veier har ca. 175 km ny E6 i sin portefølje i Trøndelag. Målet til Nye Veier er å bedre trafiksikkerheten, forkorte reisetiden og styrke vekst og utvikling i landsdelen. E6 Gyllan – Kvål inngår som en del av denne store oppgraderingen av E6 gjennom Trøndelag fra Nedgård i sør (Rennebu kommune) til Asp i nord (Steinkjer kommune), som vist i Figur 1-1.



Figur 1-1 Nye Veiers portefølje i Trøndelag (Illustrasjon: Nye Veier)

1.1 Bakgrunn

E6 er hovedveien i Norge mellom nord og sør. Veien er hovedtransportåren for godstrafikk til og fra, samt gjennom Trøndelag. E6 er dessuten den viktigste persontrafikkåren for regionen. E6 Gyllan – Kvål er ca. 17 km lang og ligger i sin helhet i Melhus kommune. På strekningen er det tofelts vei med randbebyggelse gjennom tettstedene Ler og Lundamo. Årsdøgntrafikken (ÅDT) for strekningen i 2020 var mellom 8 600 og 11 400 kjøretøy. Strekninger med redusert hastighet og blandet trafikk kombinert med begrensa muligheter for forbikjøring reduserer fremkommeligheten. I perioden 2011–2020 er det registrert 34 ulykker på strekningen, hvorav åtte er påkjøring bakfra, ti er møteulykker og 12 er utforkjøringer. To personer har mistet livet og tre personer har blitt hardt skadde.

1.2 Prosjektets formål og mål

Formålet med planarbeidet er å skaffe et formelt grunnlag for erverv av grunn og bygging av ny E6 som en firefelts motorvei. Løsningene skal bidra til å oppnå målene i Nasjonal transportplan 2022 – 2030 [1], gjengitt i Figur 1-2.



Figur 1-2 Målene for transportsektoren fra Nasjonal transportplan (Illustrasjon: Nasjonal transportplan [1]).

1.3 Planprosess for detaljregulering med konsekvensutredning for E6 Gyllan – Kvål

Nye Veier startet en ny planprosess i 2020 med bakgrunn i et ønske om å øke den samfunnsøkonomiske lønnsomheten, redusere kostnader, minimere jordbruksbeslag og redusere belastning på ytre miljø sammenlignet med gjeldende plan.

Det er i perioden 2021–2022 utarbeidet konsekvensutredning for flere alternativer på strekningen. Dimensjoneringsklasse H3, og fartsgrense 110 km/t lå til grunn for utredningen. En mulighetsstudie for fartsgrense 100 km/t inngikk også i beslutningsgrunnlaget for valg av trasé. Melhus kommune vedtok 25. oktober 2022 at alternativ 1.1A og 2.1 skulle legges til grunn for utarbeidelse av reguleringsplan på strekningen, se Figur 1-3.



Figur 1-3 Oversiktskart der alternativ som er lagt til grunn for planforslaget er vist med rød linje. Andre utredede alternativ er vist med lysere farge (Illustrasjon: Nye Veier).

Planforslaget ligger hovedsakelig i samme trasé som gjeldende plan. De største endringene er følgende:

- Løsning og plassering av Fosskrysset.
- Løsningen på Røskaft der man unngår omlegging av jernbane og brusøyler i elv.
- Kryss på Losen/Ler er tatt ut.
- Løsningen ivaretar sikkerhet mot skred og flom bedre enn gjeldende plan.
- På deler av strekningen har E6 en høyere standard og høyere dimensjonerende fart.

1.4 Geotekniske vurderinger ved Horg bygdatur

Stabilitetsvurderinger for området ved Horg bygdatur er en del av prosjekteringen av ny E6 på strekningen Gyllan – Kvål. Rett sør for området planlegges et omfattende planskilt motorveikryss, Foss-krysset. Hensyn til lokalveier og gående og syklende gir behov for omfattende arealbruk for nytt veisystem. Krav til kurvatur på ny E6, kryssløsning på Foss, og begrenset areal mellom Gaulfosen og Horg bygdatur, medfører at lokalvei med gangvei går delvis tungt inn i terrenget gjennom området. Krevende grunnforhold medfører behov for stabiliserende tiltak.

Norconsult AS er engasjert av Nye Veier for utførelse av grunnundersøkelser og for å gjøre geotekniske vurderinger for reguleringsplan. I denne rapporten presenteres beregninger og anbefalt tiltak, sammen med beskrivelse av utfordringer mht. grunnforhold, krav til sikkerhet, tolkning av styrke- og stivhetsparametere, vurdering av usikkerhet og geotekniske vurderinger for byggefase og endelig terreng.

I forbindelse med tidligere regulering av E6-Gyllan-Kvål har Multiconsult utarbeidet en geoteknisk vurderingsrapport av stabilitet ved Horg bygdatur og vurdert denne i forhold til planlagt vei. Det er gjort endringer på veilinj, utført supplerende grunnundersøkelser og gjort nye geotekniske vurderinger og beregninger, som presenteres i denne rapporten.

Området berørt ved Horg ligger i Melhus kommune i Hovin, og er vist på Figur 1-4.



Figur 1-4: Oversikt over Horg bygdatur i Melhus kommune, Trøndelag

2 GRUNNLAG

2.1 Tidligere utførte grunnundersøkelser og oppsummering av påviste grunnforhold

Området rundt Horg har blitt undersøkt tidligere av Multiconsult og Norconsult. Geotekniske grunnundersøkelser oppsummeres i Tabell 2-1

Tabell 2-1 Oversikt over grunnundersøkelser ved Horg bygdatun

Rapport nr.	Utførende	Oppdragsnavn	Datert
5207617-E6GK-RIG0002	Norconsult	Geoteknisk datarapport Gyllan-Røskaft	20.03.2023
416981-RIG-RAP-002	Multiconsult	Geoteknisk vurderingsrapport	04.03.2016
416981-RIG-RAP-001	Multiconsult	Datarapport grunnundersøkelser	14.09.2015

2.2 Terreng og grunnforhold

Dette kapittelet omhandler topografi og grunnforhold i området rundt Horg bygdetun. Multiconsult [2] har tidligere vurdert området og ga følgende beskrivelse av området:

«Øst for planlagt E6 på strekningen fra Gyllan-Røskaft ligger Horg bygdetun. Horg bygdetun ligger i en bratt skråning som stiger mot øst, opp mot kote +160 til +200. Skråningen har en gjennomsnittlig helning på ca. 1:1.8-1:2. Lokalt er skråningen brattere enn 1:1.5. Vest for bygdetunet ligger Gaulfossen, som ligger i et smalt juv. Juvet er inntil ca. 50 m dypt. Toppen av juvet ligger på ca. kote +95. Mellom eksisterende E6 og Gaulfossen er det berg i dagen, hvor utførte grunnundersøkelser viser at det er en djupål i berghorisonten øst for E6.»

Terrenget domineres av de to platåene/terreng-terrassene på området til Horg bygdatun og en terrengrygg som går fra øvre platå og ned på nordsiden av nedre del av bygdetunet. Det øvre platået har liten utbredelse, mens det nedre platået har lang utstrekning mot sør og avgrensning mot terrengryggen i nord. Se Figur 2-1 for en oversikt over det aktuelle området. På nedsiden av Horg bygdatun planlegges en utvidelse av Fossvegen, slik at den blir liggende med bratt fyllingsskråning ned mot E6.

Ødometerforsøk presentert i tidligere rapporter [2] viser at tidligere terreng minst må ha ligget på kote +110 til +130 i området. Aktuelle prøver er tatt opp på 5-10 m dyp i borehull MC2-1037 og -1042 hvor terrenget i dag ligger på kote +95 til +100. Leirmassene er derfor overkonsolidert, og fastheten i leiren varierer fra middels til meget fast.

På øvre platå tilknyttet ved Horg bygdatun er det et tykt topplag av sand og grus over middels fast til fast leire. Mektighet av leirlaget kan være opp mot 30 m, og har tydelige sjikt av silt og sand over store dybder.

Poretrykksmålinger gjort i området, tilgjengelig fra 2015 [3] og 2021-2022 [4], viser at grunnvannet står dypt i øvre terrasse tilknyttet bygdetunet og at det kan være et hengende grunnvannsspeil i øvre lag lenger ned i skråningen.

For ytterligere beskrivelse av grunnforhold vises kapittel 4.3, og videre til gjennomgang av hvert enkelt beregningsprofil i kapittel 4.5.



Figur 2-1: Oversikt over områder som vurderes geoteknisk for E6 utbyggingen ved Horg, og samtidig angivelse av hva som menes med øvre og nedre del av Horg bygdatur eller øvre- og nedre platå.. (Kilde: Norconsult)

3 SIKKERHETSPRINSIPPER

3.1 Geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse

For planlagt E6 er det valgt geoteknisk kategori 3 med konsekvens-/pålitelighetsklasse (CC/RC) 3. Forbi Horg bygdatun er samme sikkerhetsprinsipp valgt for Fossveien, grunngitt den korte avstanden mellom lokal- og hovedvei.

Skjæringen i bakkant av terrengavlastingen vil ligge godt tilbaketrukket i terrenget. Grunnundersøkelser tilsier at skjæringen ligger over grunnvannstand. En hendelse her vurderes ikke å kunne påvirke Fossveien eller E6, men tilgrensende bygg og publikumsarealer ved Horg bygdatun. Her velges geoteknisk kategori 2 og CC/RC 2.

3.1.1 Partialfaktorer for jordparametere

Partialfaktorer for jordparametere (γ_M) bestemmes avhengig av bruddmekanisme og konsekvensklasse iht. håndbok N200 [5], tabell 205.1 og tabell 205.2. Bruddmekanisme vil avhenge av grunnforhold for aktuell problemstilling.

Tabell 205.1 Partialfaktorer for γ_M , ϕ' og γ_M , c' ved effektivspenningsanalyser

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 205.2 Partialfaktorer for γ_M , c_u ved totalspenningsanalyser

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

* Eurokode 7 krever at γ_M , $c_u \geq 1,4$ ved totalspenningsanalyser

Sprøtt, kontraktant brudd tolkes etter NVEs regelverk [6]. Det er ikke påvist sprøbruddsmateriale i tidligere eller nye opptatte prøver, og heller ikke indikasjon på dette ut fra tolkning av utførte sonderinger.

Aktuell bruddmekanisme vurderes å være nøytralt brudd.

For dype skjærflater i terrenget ved Horg bygdatun, vil noen berøre hovedveien (E6) mens andre kun vil gå i jordskjæringen tilknyttet lokalvei (Fossveien) eller gang- og sykkelvei. Lokalvei settes normalt i en lavere konsekvensklasse, men siden det er kort avstand mellom

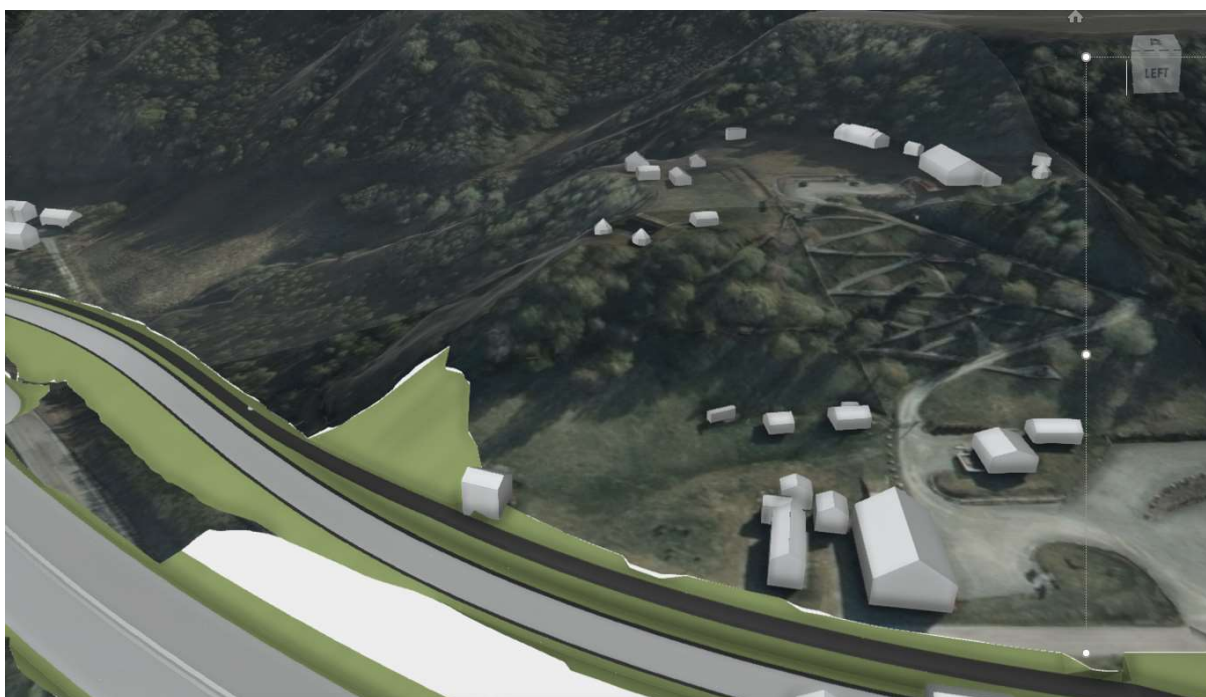
E6 og Fossveien vurderes det at en hendelse i overliggende terreng også kan påvirke E6. Som følge av dette velges geoteknisk kategori (3), skadekonsekvens (CC3 meget alvorlig) og bruddmekanisme (sprøtt, kontraktant brudd) i hovedsak for alle skjærflater. Dette gir da krav om $\gamma_M \geq 1,50$ på både totalspenningsanalyse og effektivspenningsanalyse.

For grunne skjærflater som vurderes å ikke påvirke vei – dette gjelder i bakkant av planlagt terrengavlastning; er det tilstrekkelig med $\gamma_M \geq 1,40$ ut fra geoteknisk kategori 2 og CC2.

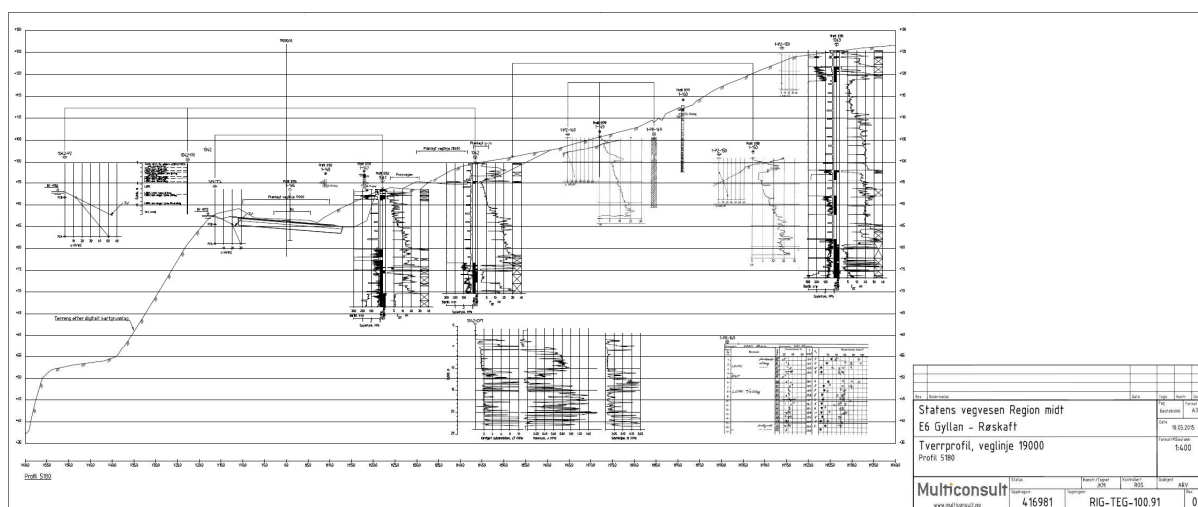
4 GEOTEKNISKE VURDERINGER

4.1 Tidligere vurderinger

Det har tidligere blitt utført stabilitetsberegninger av Multiconsult [2] i området i forbindelse med tidligere reguleringsarbeid i 2015/2016. Underlag, prinsippsskisse og beregning av tiltaket er vist i Figur 4-2 og Figur 4-3. Vurderingene den gang konkluderte med at det var tilfredsstillende sikkerhet for tiltak, og anbefalte å benytte mur i området.

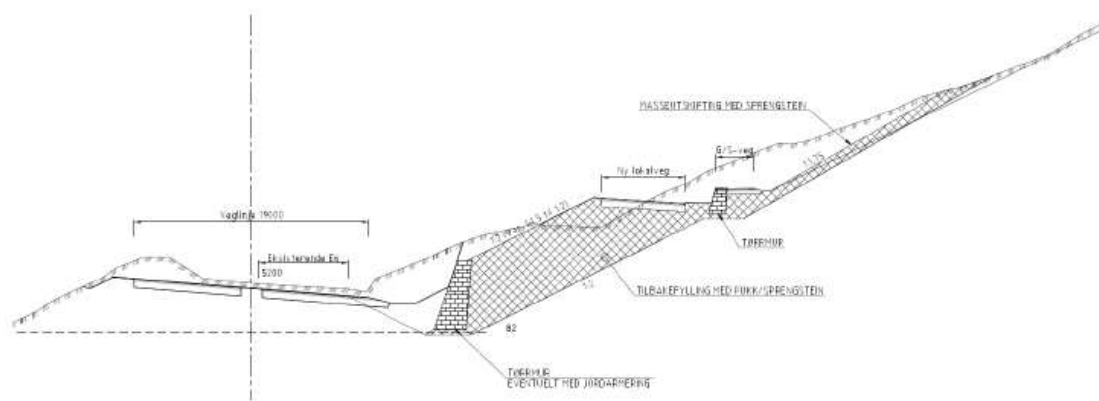
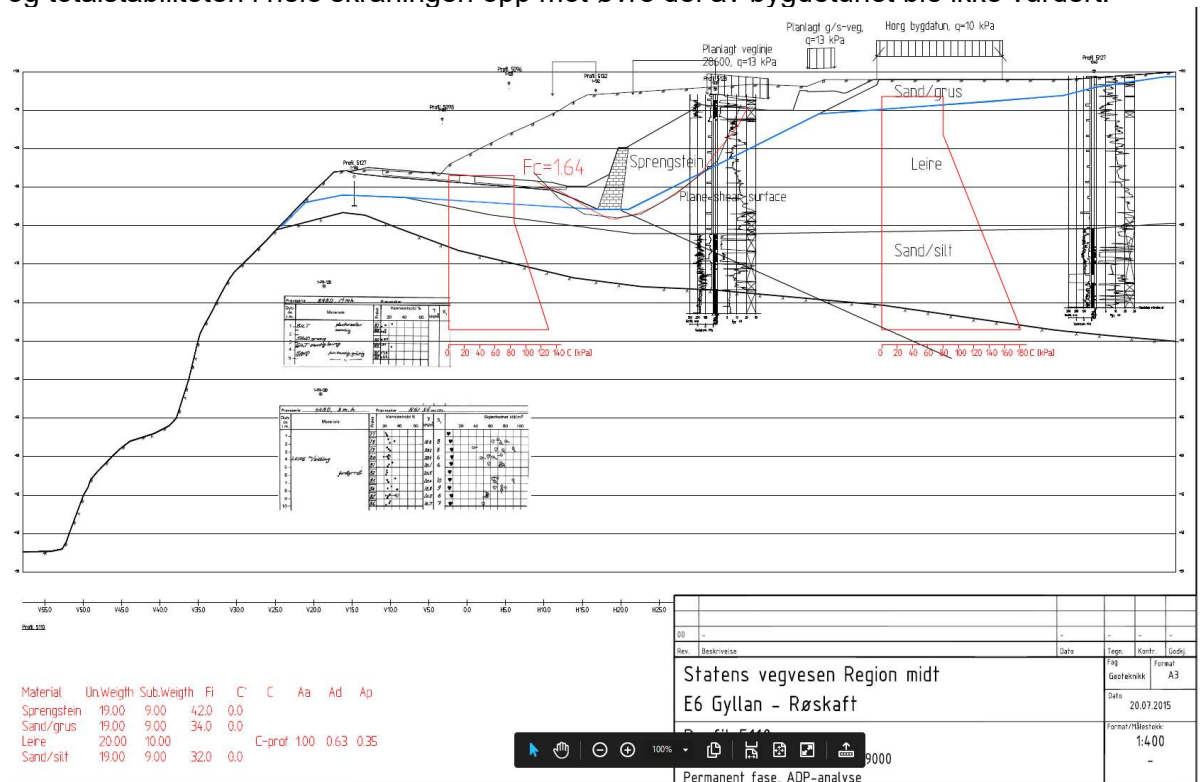


Figur 4-1 Oversikt over tiltak for Horg bygdetun reguleringsplan 2016 (Kilde: Norconsult)



Figur 4-2 Tverrsnitt fra tidligere datarapport (Kilde: Multiconsult [3])

Tidligere utførte beregninger baserer seg på stabilitet i nedre del av skråningen (figur under), og totalstabiliteten i hele skråningen opp mot øvre del av bygdetunet ble ikke vurdert.



Figur 6: Prinsipsnitt tørrmur, hevet G/S-veg samt oppstramming av skjæring (PR. 5200 - utsnitt av tegning nr. J022).

Figur 4-3 Tverrsnitt og prinsipskisse fra tidligere vurderinger (Kilde: Multiconsult [7])

4.2 Nye vurderinger

Ny E6 uten tiltak medfører en vesentlig forverring av stabiliteten i området, og stabiliteten opp mot Horg bygdatun må vurderes på nytt. Stabilitet i skråningen er fra før lav, noe som gjør tidligere planlagt tiltak med mur vanskelig å gjennomføre med tilstrekkelig sikkerhetskrav. Dette fordi verken anleggsfasen og stabilitet av en større skjærflate opp mot bygdetunet, tidligere har blitt vurdert. For å gjennomføre planlagt tiltak, er det derfor

nødvendig med en betydelig avlastning i området for å bedre stabiliteten. Det har derfor blitt utført supplerende grunnundersøkelser og nye beregninger i området for å undersøke gjennomførbarheten av tiltaket.

De nye vurderingene kan deles i to ; (1) stabilitet av fylling på ny lokalvei ned mot E6 forbi Horg bygdatur, og (2) stabilitet av skråningen opp mot øvre platå på bygdetunet. For (1) planlegges en fyllingsskråning med helning 1:1,5 mellom E6 og Fossvegen, og det må gjøres tiltak for å oppnå tilstrekkelig geoteknisk sikkerhet for lokalveien og de nærmeste bygningene på bygdetunet. (2) krever en vesentlig avlastning av terreng opp mot øvde del av bygdetunet, der avlastingen blir over 10 meter dyp. Tiltaket vil fremstå som en opp mot 35 meter høy jordskjæring. Total høydeforskjell fra planlagt E6 til topp skjæring blir opp til ca. 40 meter.

4.3 Grunnforhold og lagdeling

4.3.1 Generelt

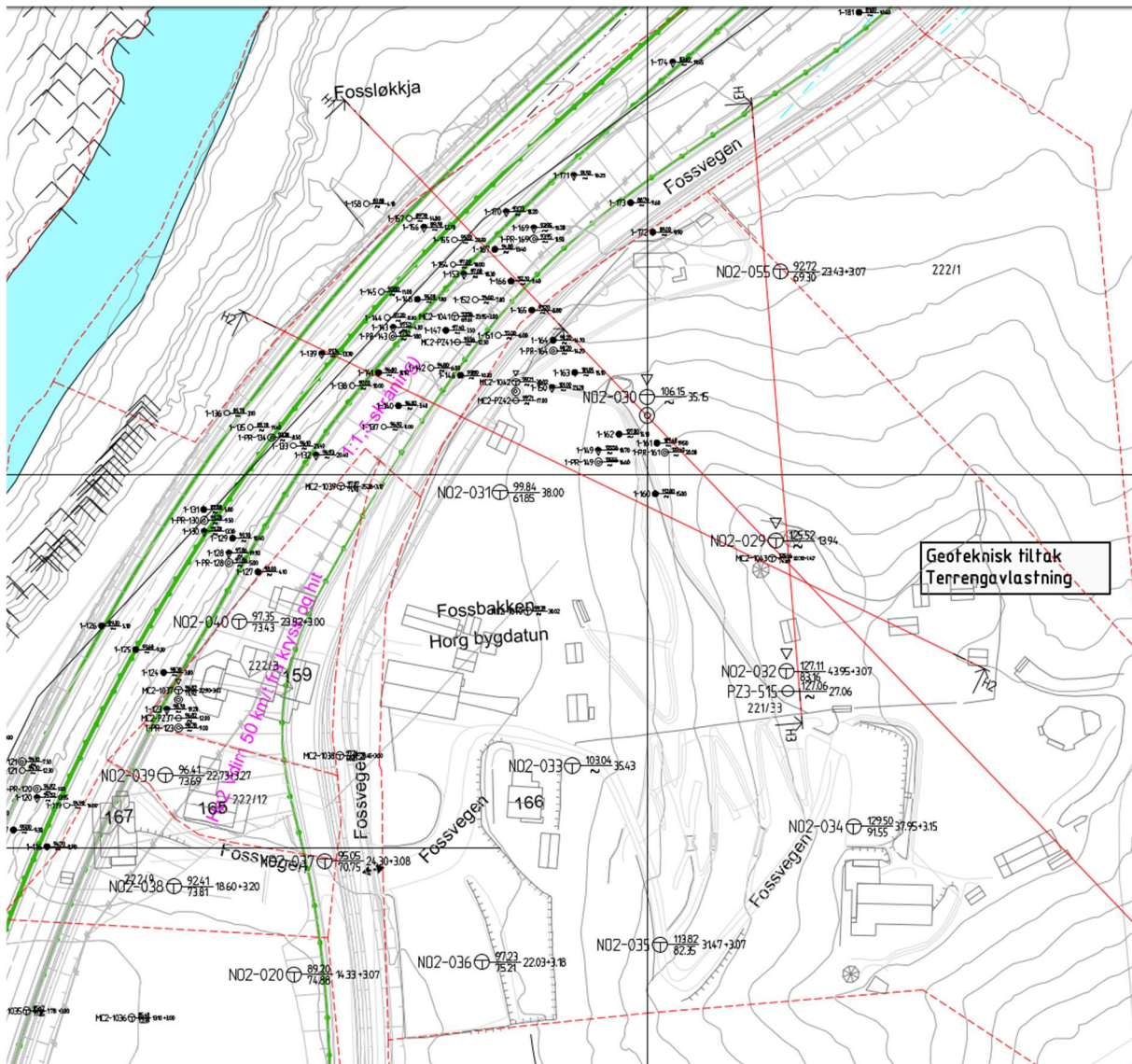
Løsmassene består hovedsakelig av et topplag av sand/grus ved øvre del av Horg bygdatur, over middels fast til fast leire. Leirlagets mektighet er opp mot 30 meter, og har enkelte innskutte lag med silt/sand. I leiravsetningen er det to innskutte lag dominert av friksjonsmasser. Ut fra en grunn prøveserie midt i skråningen og tolkning av trykksonderinger, antas disse lagene å bestå av leir, silt, sand og grus, med en mektighet på opp til ca. 5 meter. En overordnet tolkning av grunnforholdene, tyder på at lagene heller svakt mot vest – ut av skråningen. Poretrykksmålinger tyder på at lag med vesentlig innhold av friksjonsmasser kan virke drenerende. Det er målt tydelige avvik fra hydrostatisk trykk i den høye skråningen. Under leiravsetningen antas det å være morene over berg.

Laboratorieanalyser av opptatte prøver viser leire med sensitivitet på 3 til 11, vanninnhold mellom 20 og 40 %, plastisitetsgrense på 15-25 og flytegrense 35-45. I_p ligger typisk i området 12-15, men er også målt til ca. 25 for to prøver. Omrørt skjærfasthet fra konus ligger over 2 kPa i alle prøver. Direkte skjærfasthet fra konus og enaks ligger typisk mellom 40 og 90 kPa, i enkelte prøvepunkter uten antydning til økt styrke med dybden – som også bekreftes av trykksonderinger.

4.3.2 Grunnforhold – supplerende undersøkelser

Supplerende undersøkelser er i sin helhet dokumentert i geoteknisk datarapport [4]. Aktuelt grunnlag for tolkning er i tillegg vist i tolkningsvedlegg 1.

Supplerende undersøkelser rettet mot å få økt kontroll på grunnforhold i området rundt bygdetunet og den høye løsmasseryggen/skråningen hvor veiltaket skjærer seg inn er vist på utklipp av borplanen i Figur 4-4: Dette har gitt et bedre bilde på lagdeling og utstrekning av lagene, samt grunnlag for å beregne stabilitet i skråningene med retning mot nord, nordvest og vest, hhv. beregningsprofil 3 (tegning V125-V126), 1 (tegning V121-V122) og 2 (tegning V123-V124).



Figur 4-4 Utlipp fra boreplankart i datarapport, som viser supplerende undersøkelser (NO2-serien + PZ-515) og tidligere grunnundersøkelser (punktnummere i liten skrift) [4]

Supplerende borepunkter ved Horg bygdutun viste lavere boremotstand enn tidligere undersøkelser i nedre del av den høye skråningen. Det ble utført trykksonderinger og prøvetaking i punkt NO2-030 for å komme frem til designparametere i nedre del og for eventuell påvisning av sprøbruddsmateriale. Sprøbruddsmateriale ble ikke påvist. Tolkning av trykksonderinger viser verdier som passer mot tidligere prøvetaking i nærliggende hull, og kompletterer tolkningsgrunnlaget.

Det har også blitt utført to trykksonderinger, i forskjellige posisjoner og dybder (NO2-029 og NO2-032), på toppen av skråningen ved Horg bygdutun. Dette for å undersøke utstrekningen av leiravsetningen ved foten av skråningen (sammenheng mot posisjon NO2-030), og for tolkning av designparametere i øvre del av leiravsetningen. Informasjonen fra

trykksonderingene viser større variasjon, og et høyere silt/sand innhold enn for laget funnet i NO2-030. Videre kan man finne igjen noen likhetsstrekk i NO2-032, dybde 25-30 meter, som for NO2-030. NO2-029 viser imidlertid betydelig fastere masser, noe som tyder på lokale variasjoner.

Ut fra resultatene fra grunnundersøkelsene er det mulig å tolke sammenhengende lag, med svak helning i vestlig retning, men med lokale variasjoner i fasthet og andelen sjikt/innhold av silt og sand. Tykkelse på lag og helning på lag-grenser, basert på opptegnede profil med borprofiler, er vanskelig å bestemme sikkert. Grunnforholdsmodellen som er lagt til grunn i beregninger er derfor beheftet med usikkerhet, men lag-grenser er bestemt ut fra et totalbilde med hovedvekt på boringene nærmest profilet. Sikkerhet på tolkning vurderes størst i profil 1 og 2. I profil 3 er det mindre grunnlag: Her er derfor lagdeling og parametersetting basert på data og tolkning fra profil 1 og 2.

4.4 Beregninger

4.4.1 Beregningsforutsetninger

Stabilitetsberegningene er utført med beregningsverktøyet GeoSuite Stability v.15.2.2.0 med beregningsmetode Beast 2003. Beregningsmetoden er basert på grenselikevektsmetoden og anvender versjon av lamellemetoden som tilfredsstiller både kraft- og momentlikevekt. Programmet søker selv etter kritisk sirkulær skjærflater for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også mulig å definere egne skjærflater i programmet. Både sirkulære og plane skjærflater er vurdert, og utforsket med funksjoner som «stretch» og «optimize» som søker etter kritiske skjærflater med annen utstrekning og geometri.

For en konservativ betraktning, gitt usikkerhet og variasjoner i grunnforhold, er beregningene utført uten å bruke av sidefriksjonseffekt (3D). 3D effekter påvirker beregningsresultater både for dagens terreng, og for endelig terreng etter tiltak, og ville slått særlig ut for den øvre delen av terrenget i profil 1 hvor profilet følger en løsmasse-rygg.

Beregningene er utført i flere omganger, der utforming av tiltaket har vært i utvikling underveis, med blant annet endring i veimodell. Beregninger i Plaxis ble utført i en tidlig fase, og er ikke videreført etter endringene. Tidligere beregninger viste behov for en større støttemur i foten av skråningen, som resulterte i mer kompleks geometri og kritiske anleggsfaser. Gjeldende løsning gir enklere geometri med kun løsmasseskjæring og terrengavlastning som tiltak. Det er derfor valgt å kun vise beregninger fra GeoSuite Stability for endelig valgt løsning.

Det er utført effektivspenningsanalyse og totalspenningsanalyse med ADP-metoden.

4.4.2 Beregningsprofiler

Tegning V100 viser plantegning med totalt 3 valgte kritiske profil for vurdering av stabilitet i den høye skråningen opp mot øvre del av Horg bygdatun, samt beregnet profil 3600 for lokalstabilitet fra Horg bygdetunet og ned mot E6. Profil 1 viser antatt kritisk tverrsnitt der terrenginngrepet blir størst, profil 2 viser et representativt tverrsnitt sør for løsmasse-ryggen

og profil 3 viser et tilsvarende tverrsnitt på nordsiden av løsmasseryggen. Det er mest tilgjengelige data i profil 1, meg også godt med data i profil 2. Modell for lagdeling, skjærfasthetsprofiler og grunnvann er utviklet med utgangspunkt i profil 1, og tilpasset med godt samsvar mot profil 2. I profil 3 er det lite data, og data her er derfor i stor grad basert på vurderinger og data fra profil 1 og 2. Det er betydelige variasjoner mellom borer i forskjellige profiler, men det er forsøkt å lage en representativ, enhetlig modell for alle tre profiler der konservative betraktninger er lagt til grunn for lagdeling og valg av parametere. Det er i tillegg benyttet konservative drenerte parametere på leirlagene, sammenliknet med tolkning av aktive treaksiale forsøk.

Det er utført beregninger av anleggssituasjon og ferdigsituasjon av planlagt tiltak ved profil 3600, mens det i profil 1-3 i hovedsak er sett på ferdigsituasjon. Det er i innledende fase sett på stabilitet av dagens terreng i alle profiler, men gjennom endringer i veimodell og utvikling av løsning for terrengavlastning er det gjort endringer i geotekniske parametere. Se Tegning V121-V128 for beregningsprofiler.

4.4.3 Valg av beregningsparametere

For bestemmelse av udrenert skjærfasthet til bruk i beregninger sammenstilles resultater fra rutineundersøkelser, ødometerforsøk, treaksforsøk og CPTU i et representativt profil for valg av skjærfasthet. Det er benyttet både tidligere [3] og nyere [4] grunnundersøkelser.

I tolkningen av CPTU benyttes tyngdetetthet fra de mest relevante prøveseriene, som et gjennomsnitt med dybden. For bestemmelse av fasthetsprofil er det benyttet Karlsruds $N_{\Delta u}$ - og N_{kt} -korrelasjoner, sammen med tolkning basert på SHANSEP-metoden og tilpasning mot treaksialforsøk. For tolkning av OCR-linje er Karlsruds Q_t -korrelasjon benyttet. Tolkninger er gjort i Statens vegvesens regneark ([8]).

SHANSEP-modellen avhenger av overkonsolideringsgraden slik: $s_{uA} = \alpha_A \cdot OCR^m \cdot \sigma'_{v0}$, der α_A er normalisert styrke for ung leire, OCR overkonsolideringsgrad og m er eksponent som varierer mellom 0,6–0,9 for norske leirer [9]. Ut fra tilpasning til treaksresultater er det valgt $\alpha_A = 0,3$ og $m = 0,65 - 0,85$ i tolkningene.

Variasjon av udrenert skjærfasthet med dybden er tegnet opp basert på CPTU-tolkninger, som vist i vedlegg 1. I posisjon MC2-1037 og -1042, hvor det er resultater fra treakssialforsøk, er disse tatt med i tolkning av CPTU. For profil 3600 tolkes et sammenhengende leirlag, mens i beregningsprofil 1-3 deles dette i et øvre- og nedre lag, hhv. «Leire 1» og «Leire 2». I øvre del av skråningene får laget «Leire 1» mindre overdekning. Her er skjærfastheten redusert med et forenklet uttrykk av SHANSEP, basert på reduksjon i overdekning: $\alpha_A \cdot \sigma'_{v0}$. Eksempelvis gir en 5 meter reduksjon i overdekning da følgende reduksjon i C_u : $0,3 \cdot 50 = 15$ kPa. Tilsvarende reduksjon benyttes ved terrengavlastning, for å hensynta fremtidig skjærfasthetsreduksjon i leira.

Følgende sonderinger og lab-resultater har blitt lagt til grunn for vurderingene: MC2-1037, MC2-1042, NO2-030, NO2-029 og NO2-030. Beregningsprofilene viser isolinjene av den udrenerte skjærfastheten benyttet i beregningen, definert ut fra tolkede C_u -profiler, som vist i

vedlegg 1. Benyttede treaks-resultater er fra punkt MC2-1037 og MC2-1042, som vist i vedlegg 1. MC2-1042 ligger nærmest beregningssnitt 1-3, mens MC2-1037 ligger nærmest profil 3600. Begge posisjoner er tatt med i vurdering for alle profiler for et helhetsbilde av avsetningene i området.

Tolkning av treaks-resultater gir en friksjonsvinkel i drenert tilstand på 32-36 grader og kohesjon mellom 0 og 15 kPa. Dette sammenfaller med tolkning av friksjonsparametere fra CPTU, der friksjonsvinkel er tolket mellom 32 og 35 grader med en attraksjon opp til 20 kPa. Cu fra treaksresultater er tatt ut ved 2 % deformasjon og plottet sammen med trykksonderingene. Tolkningsgrunnlaget er vist i vedlegg 1.

Tabell 4-1: Valgte drenerte parametere basert på tilgjengelige grunnlagsdata og erfaringsverdier fra N200 [5]

Material	Romvekt	Friksjonsvinkel	Kohesjon
Leire	20	30	10
Sammensatt lag av leire/silt/land/grus	20	33	2
Sand	19	33	2
Morene	19	38	10

4.4.4 Anisotropi

Anisotropifaktorene er valgt i henhold til anbefalinger i NIFS rapport 14/2014 «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering av norske leirer» [10]. Forholdene mellom aktiv, direkte og passiv styrke avhenger av materialets plastisitet. Følgende forhold er utledet:

$$\frac{s_{uD}}{s_{uC}} = 0,63 + 0,00425 * (I_p - 10)$$

$$\frac{s_{uE}}{s_{uC}} = 0,35 + 0,00375 * (I_p - 10)$$

Med bakgrunn i variasjon i plastisitetsindeks, som omtalt i kapittel 4.3.1 er det valgt en I_p lik 15 % som representativt for hele leiravsetningen i området. Anisotropiforholdene beregnet og vist i tabellen under.

Tabell 4-2 Anisotropiforhold basert på tilgjengelig grunnlagsmateriale

Materiale	I_p	s_{uD}/s_{uC}	s_{uE}/s_{uC}
Leire	15 %	0,65	0,37

4.4.5 Grunnvannstand og poretrykk

Grunnvannsmålinger er fra tidligere gjort i nedre del av skråningen nord for bygdetunet i punkt MC2-1041 og MC-1042. Disse er presentert i rapport [3] for perioden januar 2015 til juni 2015, og viser at det er et hengende grunnvannspeil i øvre del av skråningen ved bygdetunet. Her ble det satt ned piezometere i fire forskjellige nivå av Norconsult i 2021. Avlesninger av disse er presentert i geoteknisk datarapport for nåværende planarbeid [4]. Hengende grunnvann i øvre del av skråningen er ikke påvist. Grunnvannet her ligger dypt. Grunnvanns-målinger viser tydelig avvik fra hydrostatisk gradient, særlig i nedre del av

skråningen, og en sammenstilling med tolkning av grunnforhold kan tyde på et drenerende lag midt i leiravsetningen. Dette er diskutert med prosjektets hydrogeologer; man ser en tendens flere steder i Gauldalen at grunnvannet står lavt i leirskråninger som domineres av store, høye terrasseformasjoner – som her ved Horg bygdatun. Trykksonderinger i øvde leirlag gir likevel god poretrykksrespons, og kapillært vann fra sug eller en hengende poretrykksfront fra infiltrasjon av nedbør og overflatevann er derfor sannsynlig.

Eventuelt hengende grunnvann i øvre del av leiravsetningen fra infiltrering av overflatevann vurderes å gi liten effekt på store glidesirkler. Økning i tyngdetetthet i massene vurderes som liten, og poretrykksfronten lokalt i massene vil ha størst effekt på grunne skjærflater. For dype skjærflater ventes poretrykk i dybden å være vesentlig lavere enn hydrostatisk, ut fra tilgjengelige poretrykksmålinger, og effekten av poretrykksøkning lokalt i øvre del av leiravsetningen vurderes å ha begrenset betydning. I beregninger er det derfor ikke tatt hensyn til eventuell poretrykksfront i leire over grunnvannstand, og poretrykk under grunnvannstand er modellert hydrostatisk – noe som begrunnes med usikkerhet i poretrykksforhold i levetiden til veien, ut fra et klimaperspektiv og de korte måleseriene som ligger til grunn.

Valgt grunnvannsnivå er basert på tilgjengelige målinger i punkt 1-PZ-169, MC2-1042, 1-PZ-149, 1-PZ-161, 1-PZ-159 og NO3-515. PZ3-515 ligger nært NO2-032.

4.5 Beregningsresultat

For å sikre tilstrekkelig stabilitet for skjæringen opp mot Horg-bygdetun er det planlagt en avlastning i øvre del av området. Dette er basert på kontroll av stabilitet i langtidssituasjonen for endelig terreng, på effektivspenningsbasis og totalspenningsbasis med skjærfasthetsreduksjon i leire der terrenget avlastes. Det er imidlertid ikke sett på hvilken effekt midlertidig avlastning for masseutskifting av lokalveien har på skråningsstabiliteten i de høye skråningene. Dette er kun kontrollert i profil 3600.

Avlastning på opptil 10-12 meters dybde nedenfor øvre del av bygdetunet anses som nødvendig for å få tilfredsstillende sikkerhet. Terrenget planlegges ellers med helning ca. 1:2,5, dels terrassert slik at gjennomsnittshelningen i endelig skråning blir ca. 1:3. For avlastingen og løsmasseskjæringen er det laget en egen landskapsmodell, basert på de geotekniske beregningene.

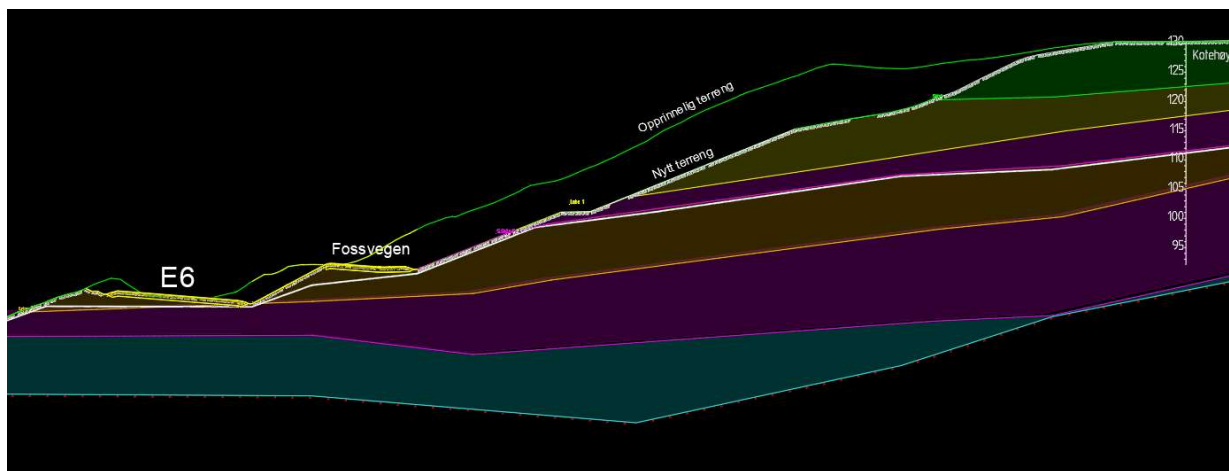
Mellom E6 og Horg bygdetun, er det nødvendig å masseutskifte hele Fossvegen, for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet.

Beregningene er utført uten 3D-effekt. En mulig optimalisering kan være bruk av 3D-effekt i GeoSuite eller modellering av 3D-effekt ved å beregne parallelle nabosnitt. Det er gjennomgående for de fleste resultater at søk etter kritiske skjærflater med funksjonene «stretch» og «optimize» gir lite avvik fra resultater i sirkulære skjærsirklene. Der det er funnet lavere sikkerhet ved bruk av slike søkefunksjoner, kommer dette fram i de aktuelle beregningsprofilene.

Sikkerhet for dagens terreng er beregnet tidligere, med da med en litt annen lagdeling og grunnvannstand, og disse beregningene er derfor ikke vist i rapporten.

4.5.1 Profil 1 (Tegning V121-V122)

Profil 1 er det profilet med størst høydeforskjell. Profilet følger også en rygg, slik at det her er 3D-effekter som påvirker både dagens situasjon og planlagt fremtidig situasjon som ikke er hensyntatt i beregningene. Siden det planlegges avlasting av terreng, er det kun regnet på endelig situasjon for siste veimodell og utforming av tiltak. Sikkerhet i anleggsfaser kan ivaretas med faseplaner.



Figur 4-5 Prinsippskisse som viser lagdeling og terrengavlasting i profil 1. For detaljer om lagdelingen vises til tegning V121 og V122.

Beregninger viser udrenert sikkerhet på $F_{cu}=1.49$ for dyp kritisk skjærflat i øvre del av skråningen, og $F_{cu}=1.74$ for dyp sirkel i nedre del. Drenert sikkerheten er beregnet å variere mellom $F_{c\phi}=1.51$ og $F_{c\phi}=1.54$, der sikkerheten er størst for de store skjærflatene.

4.5.2 Profil 2 (Tegning V123 og V124)

Profil 2 har en mindre høydeforskjell enn profil 1, da profilet går utenom terrengryggen som dominerer terrenget i profil 1. Profil 2 går i tilnærmet øst-vest retning, rett nord for plataet som utgjør nedre del av Horg bygdatur. Det er kun funnet behov for terrengavlasting i øvre del av skråningen i dette profilet, som vist i tegning V123 og V124.

Ny E6 og lokalvei medfører imidlertid en avlasting i foten av skråningen. Det planlegges også masseutskifting for fyllingen til Fossvegen, for å ivareta tilstrekkelig lokalstabilitet. Dette vil gi en midlertidig situasjon med lavere sikkerhet for den høye skråningen. Det er ikke gjort beregninger for anleggsfase i dette profilet. Beregningen tar høyde for fremtidig styrkereduksjon i leira fra avlasting, og dette ventes ha større effekt enn en kortvarig anleggsperiode med avlasting for masseutskifting av lokalvei. Lokalstabilitet for tilsvarende profil i anleggsfase og driftsfase er kontrollert i profil 3600, se kapittel 4.5.4. Kritiske beregningsprofil for lokalvei er vist i tegning V127-V128.

Beregninger viser en udrenert sikkerhet på $F_{cu}=1.50$ for kritiske skjærflater. Videre er den drenerte sikkerheten $F_{c\phi}=1.77$ for kritisk dyp skjærflate og $F_{c\phi}=1.74$ for øvre skråning i bakkant av avlastingen.

4.5.3 Profil 3 (Tegning V125-V126)

I dette profilet planlegges avlasting av terreng fra ca. kote +100 og oppover, med en utslaking av gjennomsnittlig terrenghelning ved å legge inn to terrasser som vist i tegning V125 og V126. Størst er avlastingen i øvre del, hvor terrenget senkes fra ca. kote +126 til ca. kote +115. Det er ikke tatt opp prøver eller gjort trykksonderinger mot nord, hvor dette profilet går.

Beregning viser drenert sikkerhet på $F_{c\phi}=1.50$ for en skjærflate i nedre del av skråningen. Udrenert sikkerhet er beregnet til $F_{cu}=1.60$, for en dyp skjærflate som omfatter hele skråningen og en vesentlig del av den øvre terrassen på Horg bygdatun. Grunne skjærflater har vesentlig høyere sikkerhet i dette profilet.

4.5.4 Profil 3600 (Tegning V127-V128)

Dette profilet er vurdert å være kritisk mellom E6 og Fossvegen, samtidig som lokalveien ligger svært nær en av byggene ved Horg bygdatun. Skissert tiltak medfører å grave bort Fossvegen midlertidig, for utskifting av masser og reetablering av veien på kvalitetsfylling. Midlertidig graveskråning er skissert 1:3 og medfører akseptabel avstand inn mot bygget.

For disse profilene er det ikke modellert bergflate og morene, da kritiske skjærflater ikke går så dypt at dette anses relevant. Udrenerte og drenerte parametere er basert på lab og CPTU fra borepunkt MC2-1037 og MC2-1042. Skjærfasthet i leiren er redusert for å hensynta styrkereduksjon fra avlasting iht. kapittel 4.4.3.

4.5.4.1 Endelig terreng

Beregninger viser drenert sikkerhet på $F_{c\phi}=1.53$. For udrenert sikkerhet gir kritisk skjærflater $F_{cu}=1.57$. Alle kritiske skjærflater går gjennom fyllingen til lokalveien. Forenklet er CU-reduksjon gjort for hele leiravsetningen, for en konservativ betraktning av stabilitet inn mot bygning på Horg bygdatun.

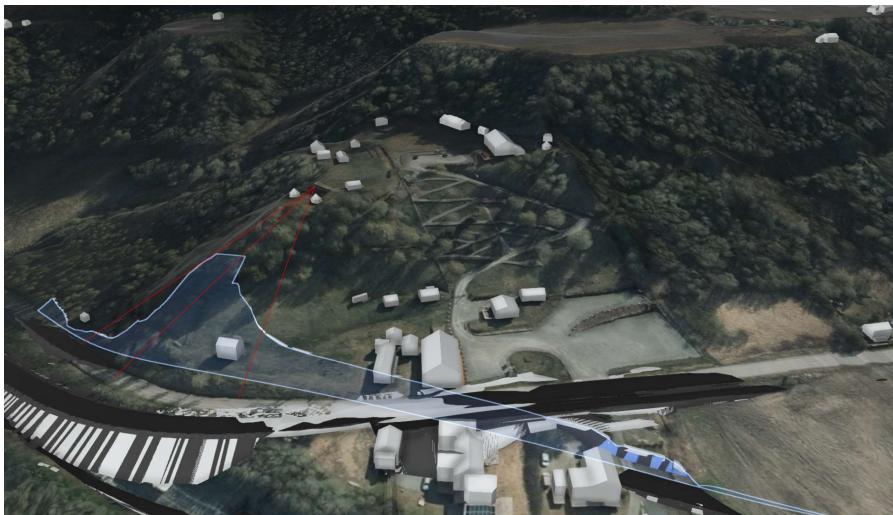
4.5.4.2 Anleggsfase

Beregninger viser drenert sikkerhet på $F_{c\phi}=1.49$. For udrenert sikkerhet gir kritisk skjærflater $F_{cu}=1.98$. Forenklet er CU-reduksjon gjort for hele leiravsetningen, for en konservativ betraktning av stabilitet inn mot bygning på Horg bygdatun.

5 GEOTEKNISK VURDERING

5.1 Generelt

Tidligere planlagte tiltak i den høye skråningen ved Horg bygdetun har blitt vurdert som ikke gjennomførbart. Tiltaket ligger i et område med lav geoteknisk sikkerhet. Tidligere beregningsprofiler med mur har ikke ivare tatt anleggsfasen, eller kritiske skjærflater opp mot bygdetunet. Nye beregninger viser at det er behov for omfattende avlastning i skråningen, for å oppnå tilfredsstillende sikkerhetsnivå. Anleggsfasen er særlig kritisk, da det er en høy graveskråning der store deler av grunnen består av leire. Grunnvann kan komme ut i graveskråningen under utgraving, og det er viktig å ha kontroll på dette for å unngå utglidninger i graveskråning eller nærliggende terreng. Det kan være behov for supplerende grunnundersøkelser, for med detaljert kartlegging av grunnvannstanden i området. I byggefase kan det være nødvendig å samle grunnvannsuttrekk i pukkstrenger eller drengrofter. En plan for håndtering av overflateerosjon må også foreligge før oppstart av anleggsarbeidene. Se kapittel 3.1 Statens vegvesens håndbok V221 for anbefaling av sikringstiltak i jordskråninger [11].



Figur 5-1. 3D modell over området og de tre beregningsprofilene; fra venstre Profil 3, Profil 1 og Profil 2. Blå markering er ikke representativ for skråningsutslag i området da det er laget egen modell på landskapsutformingen i dette området. (Kilde: Norconsult)

Fossvegen, på nedsiden av Horg bygdatun er flyttet ut mot E6 for å unngå å rive eller flytte to av byggene ved Horg bygdatun. Dette krever masseutskifting med sprengstein, for å legge fyllingen med helning 1:1,5.

5.2 Beregningsresultater og diskusjon

Beregning av de tre profilene 1-3 viser at det er mulig å oppnå tilstrekkelig sikkerhet ved en avlastning av terrenget. Avlastingen er betydelig i øvre del, over 10 meter dyp, med en terrassering av skjæringen ned mot veien. Gjennomsnittlig helning på skråningen blir ca. 1:3, mens terrenghelningen lokalt er forutsatt ca. 1:2 i bakkant av avlastingen og 1:2,5 ned mot veien.

Beregningene er beheftet med usikkerhet knyttet til geometri og 3D-effekter, grunnvannstand og poretrykksforhold, geotekniske parametere og lag-grenser, samt generell romlig variasjon i grunnen. Det er gjort mye grunnundersøkelser, men kompleksiteten i grunnforhold tilsier det kunne vært gjort mer. Det er særlig mot nord, i profil 3, det er lite data.

Som en del av usikkerhetsvurderingen er det gjort kontrollberegninger av justert terreng, for å se på mulige tiltak for ytterligere økning av sikkerhet i beregningsprofilene. I profil 1 og 2 (vest og sør) er det mulig å øke avlastingen i øvre del av skråningen innenfor det arealet som i dag er tilgjengelig for tiltaket. I profil 3 gir ikke en større avlasting økt sikkerhet, fordi skråningsgeometrien da gir kritiske skjærflater i andre deler av skråningen. Her er det behov for andre tiltak, som f.eks. motfylling i bunn av skråningen for å øke sikkerheten ytterligere.

Det vurderes ikke å være særlig usikkerhet beheftet med profil 3600, siden kritiske skjærflater går gjennom fyllingen til lokalveien.

5.2.1.1 Grunnvann

Beregningene viser at det er særlig den drenerte sikkerheten som er kritisk for alle profiler. I en slik beregning har grunnvannet stor betydning på sikkerhetsnivået. Da informasjon om poretrykk er begrenset, og representerer en usikkerhet i plassering av grunnvannet i de høye skråningene, bør eksisterende poretrykksmålere følges opp videre, og det bør vurderes i videre detaljprosjektering om det er behov for ytterligere grunnundersøkelser for å redusere denne usikkerheten. Det er ikke gjort setningsberegninger for eksisterende bygg ved bygdetunet, da grunnvannet er vurdert å ligge så dypt at tiltaket får liten påvirkning. Det er likevel viktig å gjøre nye vurderinger av dette senere, etter innsamling av lengre måleserier og eventuelt måling i flere posisjoner.

5.2.1.2 Drenerte parametere

De kritiske skjærflatene går alle i leirlaget beregnet med en friksjonsvinkel på 30 grader. Utførte treaksialforsøk i 6 og 9 meters dybde i borpunkt 1042, tyder derimot på en vesentlig høyere styrke i dette leir-laget. Ved å hente ut spenninger på 2 % tøyning blir friksjonsvinkel vurdert til i størrelsesorden 38-35 grader, og med betydelig kohesjon. Dette vil gi økt sikkerhetsnivå for beregnede profiler, og gi mulighet for å redusere omfang av stabiliserende tiltak. På bakgrunn av usikkerheten i beliggenhet av grunnvannet, har det derimot blitt valgt å benytte konservative parametere i denne omgang, for å undersøke gjennomførbarheten av tiltaket. I senere fase kan tiltakene optimaliseres med modifiserte parametere. Det anbefales derfor å vurdere ytterligere trykksonderinger og treaksialforsøk i senere faser, fortrinnsvis på prøver tatt opp med større sylinderdiameter eller blokkprøver.

6 TEGNINGER

1. V120: Planoversikt over utførte stabilitetsprofil
2. V121: Stabilitetsberegninger i Profil 1, Endelig terreng. Udrenert situasjon med terrengavlasting
3. V122: Stabilitetsberegninger i Profil 1, Endelig terreng. Drenert situasjon med terrengavlasting
4. V123: Stabilitetsberegninger i Profil 2, Endelig terreng. Udrenert situasjon med terrengavlasting
5. V124: Stabilitetsberegninger i Profil 2, Endelig terreng. Drenert situasjon med terrengavlasting
6. V125: Stabilitetsberegninger i Profil 3, Endelig terreng. Udrenert situasjon med terrengavlasting
7. V126: Stabilitetsberegninger i Profil 3, Endelig terreng. Drenert situasjon med terrengavlasting
8. V127: Stabilitetsberegninger i Profil 3600, Endelig terreng. Udrenert situasjon med masseutskifting i Fossvegen
9. V128: Stabilitetsberegninger i Profil 3600, Endelig terreng. Drenert situasjon med masseutskifting i Fossvegen

7 REFERANSER

- [1] Regjeringen, «Nasjonal transportplan,» 2020-2021. [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/contentassets/fab417af0b8e4b5694591450f7dc6969/no/pdfs/stm202020210020000dddpdfs.pdf>.
- [2] Multiconsult, «E6 Røskift-Skjerdingstad vurdering av områdestabilitet kvikkleiresone Forset,» Multiconsult, Trondheim, 2015.
- [3] Multiconsult, «416981-RIG-RAP-001 Geoteknisk datarapport.,» 2015.
- [4] Norconsult, «NV50E6GK-GTK-RAP-0002. Geoteknisk datarapport.,» 2023.
- [5] Statens vegvesen, «N200 Vegbygging. Vegnormal.,» 2022.
- [6] NVE, Sikkerhet mot kvikkleireskred, Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat, 2019.
- [7] Multiconsult, «416981-RIG-RAP-002 Geoteknisk vurderingsrapport.,» 2016.
- [8] Statens vegvesen, «CPTu v.2020.01. Tolkingsverktøy for CPTu.,» 2020.
- [9] NIFS, «Rapport 77/2014 Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire - Valg av karakteristisk cuA - profil basert på felt- og laboratorieundersøkelser,» 2015-05-19.
- [10] NIFS, «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer,» 30.01.2014.
- [11] Statens vegvesen, «V221. Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger. Veileder.,» 2014.
- [12] Statens vegvesen, «Konsekvensanalyser, håndbok V712,» 2018.
- [13] NGI, «Forset,Kvål-Utgilidning og forslag til sikringstiltak,» NGI, Oslo, 2020.

8 VEDLEGG 1 - TOLKNINGSGRUNNLAG

Tolkning av CPTU (20 sider)

Tolkning av treksforsøk (13 sider)