
RAPPORT

Fv.118 Ny Sarpsbru – Områdestabilitet Tarris

OPPDRA GSGIVER

Østfold fylkeskommune

EMNE

Områdestabilitet iht. NVE-veileder 1/2019 –
Tarris

DATO / REVISJON: 06. februar 2026 / 03

DOKUMENTKODE: 10245026-RIG-RAP-005



Multiconsult

Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt for den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult. Enhver bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn de som er godkjent skriftlig av Multiconsult, er forbudt, og Multiconsult påtar seg intet ansvar for slikt bruk. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter.

RAPPORT

OPPDRAAG	10245026 Fv.118 Ny Sarpsbru	DOKUMENTKODE	10245026-RIG-RAP-005
EMNE	Områdestabilitet iht. NVE-veileder 1/2019 – Tarris	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Østfold fylkeskommune	OPPDRAAGSLEDER	Ottar Gundersen
KONTAKTPERSON	Lene Lie Hermansen	UTARBEIDET AV	Øyvind Andersen, Kim-Levi Wood, Aleksander Worren
KOORDINATER	Sone: NTM-11 Øst: 79000 Nord: 1142400	ANSVARLIG ENHET	10111063 Geoteknikk
GNR./BNR./SNR.	/ / / Sarpsborg		

SAMMENDRAG

Rapporten omhandler vurdering av områdestabilitet på vestsiden av Sarpsfossen i området Tarris/Borregaard for prosjektet fv.118 ny Sarpsbru.

Det er for fv.118 ny Sarpsbru revidert én kvikkleiresone («Ruinparken») på vestsiden av Sarpsfossen. Sonen er evaluert på nytt av Multiconsult Norge AS, blant annet på grunnlag av supplerende grunnundersøkelser, topografi og kvartærgeologi. Evalueringen har endret utstrekningen av sonen (løsne- og utløpsområder), og faregraden er endret fra «Middels faregrad» til «**Høy faregrad**», skadekonsekvensen er fortsatt «**Meget alvorlig**» og risikoklassen er økt fra «risikoklasse 4» til «**risikoklasse 5**».

Det foreligger krav i regelverk fra Bane NOR, Statens vegvesen og NVE som er relevante for utredningen. Beregninger viser at stabiliteten før utbygging ikke tilfredsstillende disse kravene flere steder i kvikkleiresonen, og det er derfor behov for stabilitetsforbedrende tiltak før bygging av fv.118 ny Sarpsbru.

I tillegg til å vurdere områdestabilitet, samt foreta stabilitetsforbedrende tiltak, er det særdeles viktig at prosjektet og anleggsgjennomføringen for øvrig utføres på en slik måte at kvikkleireskred unngås. God planlegging og kontroll i alle faser av prosjektet er helt avgjørende for å kunne bygge ny Sarpsbru på en trygg måte.

På Tarris er det behov for omfattende geotekniske tiltak for å sikre områdestabiliteten. Det må legges opp til en fremgangsmåte der stabiliteten ivaretas i alle faser. Dette gjøres hovedsakelig med utstrakt bruk av støttefyllinger, avlasting av terreng, støttekonstruksjoner og grunnforsterkning. Den nye gang- og sykkelveien skal i hovedsak legges i skjæring, der den legges over terreng skal oppfyllingen gjøres kompensert og med EPS, eller plasseres på jetpeler. Det vil være behov for å utføre deler av arbeidene i perioder uten trafikk på jernbanesporet. Det er derfor viktig at det legges en detaljert fremdriftsplan, slik at fremtidige togbrudd kan utnyttes optimalt. Sikker utførelse krever at arbeidene utføres i riktig rekkefølge og at det ikke utføres arbeider som forverrer stabiliteten i kritiske områder i noen faser av prosjektet.

Omfanget av grunnundersøkelser er begrenset og tilpasset detaljreguleringsfasen. Grunnforholdene er kompliserte, og det forventes at det kan bli endringer i nødvendige sikringstiltak og faresoneevalueringer etter hvert som resultatene fra supplerende grunnundersøkelser foreligger, og det utføres mer detaljerte vurderinger.

Det er i rapporten utarbeidet anbefalinger knyttet til de stabilitetsforbedrende tiltakene inklusive krav til rekkefølge, og innspill til planbestemmelser.

Foreliggende rapport friskmelder ikke områdene utenfor det undersøkte området, men konkluderer med at prosjektet fv. 118 ny Sarpsbru på Tarris er gjennomførbart dersom man utfører tilstrekkelig sikring av området med stabilitetsforbedrende tiltak. Det er gitt innspill til detaljreguleringsplanen basert på utførte vurderinger, og med tanke på å regulere tilstrekkelige arealer for de sikringstiltakene som er funnet nødvendige. Det anbefales et tett samarbeid med andre interessenter i området, spesielt Borregaard, Sarpsborg kommune og Bane NOR.

Revidert faresone er meldt inn til NVE.

Rapporten er kontrollert og godkjent gjennom uavhengig kontroll av Asplan Viak AS. Uavhengig kvalitetssikring er dermed utført.

03	06.02.2026	Endelig utgave etter gjennomført 3.partskontroll. Alle kommentarer lukket.	Øyvind Andersen, Kim Levi Wood	Kim-Levi Wood	Ottar Gundersen
02	20.06.2025	Revidert rapport etter kommentarer fra uavhengig kontroll	Øyvind Andersen, Aleksander Worren	Emil D. Olsen	Ottar Gundersen
01	07.03.2025	Revidert rapport med stabilitetsforbedrende tiltak	Øyvind Andersen, Kim-Levi Wood, Aleksander Worren	Emil D. Olsen	Ottar Gundersen
00	03.09.2024	Vurdering av områdestabilitet iht. NVE-veileder nr. 1/2019	Øyvind Andersen, Kim-Levi Wood	Emil D. Olsen	Ottar Gundersen
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	7
1.1	Krav til utredning tilpasset detaljreguleringsplan	8
1.2	Revisjonshistorikk	8
2	Relevante regelverk	9
2.1	Prosjekteringsforutsetninger	9
3	Områdebeskrivelse	9
3.1	Grunnundersøkelser	10
3.1.1	Tidligere grunnundersøkelser	10
3.1.2	Supplerende grunnundersøkelser utført av Multiconsult	10
3.1.3	Supplerende grunnundersøkelser utført av Cowi/NGI for Borregaard/Geovita	12
3.2	Kartgrunnlag	12
3.3	Topografi	13
3.4	Løsmasser	13
3.5	Berg	13
3.6	Grunnvannstand og poretrykk	14
3.7	Tidligere utførte stabilitetsvurderinger	14
4	Potensiell fare knyttet til vassdrag	15
4.1	Sikkerhet mot flom eller stormflo	15
4.2	Tidligere skredhendelser	16
4.3	Bunnsenkning/erosjon i Glomma	18
5	Gjennomgang av prosedyre NVE-veileder 1/2019	19
5.1	Steg 1: «Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området»	20
5.1.1	Område i faresonen som tidligere ble friskmeldt	21
5.1.2	Utførte tiltak i skråning bak kokeriet på Borregaard	21
5.2	Steg 2: «Avgrens områder med mulig marin leire»	21
5.3	Steg 3: «Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred»	22
5.4	Steg 4: «Bestem tiltakskategori»	24
5.4.1	Sikkerhetskrav for tiltakskategori K4	25
5.4.2	Sikkerhetskrav for tiltakskategori K1	26
5.4.3	Nivå på kvalitetssikring	26
5.4.4	Skråninger utenfor influensområdet til tiltaket	26
5.4.5	Sideveis utbredelse av skred	27
5.4.6	Sikkerhetsfilosofi for fv.118 ny Sarpsbru-prosjektet	27
5.5	Steg 5: «Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løснеområde»	27
5.6	Steg 6: «Befaring»	28
5.7	Steg 7: «Gjennomfør grunnundersøkelser»	30
5.8	Steg 8: «Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løсне- og utløpsområder»	30
5.8.1	Aktuelle skredmekanismer	30
5.8.2	Avgrensning av løснеområde	35
5.8.3	Avgrensning av utløpsområde	35
5.9	Steg 9: «Klassifiser faresoner»	37
5.9.1	Faregradsklassifisering	37
5.9.2	Skadekonsekvensgrad	39
5.9.3	Risikoklasser	41
5.10	Steg 10: «Dokumentér tilfredsstillende sikkerhet»	41
5.10.1	Sikkerhetskrav og nivå på kvalitetssikring	41
5.10.2	Analysemetoder	41
5.10.3	Lagdelling	42
5.10.4	Laster	42
5.10.5	Grunnvannstand og poretrykksforhold	43
5.10.6	Jordparametere	43
5.10.7	Stabilitetsberegninger	46
5.11	Steg 11: «Meld inn faresoner og grunnundersøkelser»	51
6	Anbefalinger og viktige momenter	52
7	Reguleringsbestemmelser	54
8	Rekkefølgebestemmelser	54
9	Plangrense	55

10	Uavhengig kvalitetssikring	56
11	Konklusjon	56
12	Referanser	57

VEDLEGG

A	Oversiktskart	RIG-TEG-000A	
B	Tidligere utførte stabilitetsvurderinger		
C	Løsne- og utløpsområde	RIG-TEG-001A	t.o.m. -003
D	Terrengsnitt Tarris		
E	Evaluering av faregrad, konsekvensklasse og risikoklasse		
F	Beregningsnitt områdestabilitet	RIG-TEG-004	
G	Lengdesnitt med sonderingsresultat	RIG-TEG-600	t.o.m. -617
H	Stabilitetsberegninger	RIG-TEG-800.1	t.o.m. -817.3
I	Materialparametere ikke inkludert i rev 00 av materialparameterrapport		
J	Beskrivelse av stabilitetsberegninger dagens situasjon		
K	Beskrivelse av stabilitetsberegninger stabiliserende tiltak		
L	Plaxis-beregninger: Sikringstiltak Tarris		

1 Innledning

Dagens Sarpsbru er i dårlig teknisk stand, og må enten erstattes eller oppgraderes innen kort tid. Tekniske vurderinger av brua konkluderer med at det bør bygges en ny bru [1]. Tidsfaktoren er kritisk i dette prosjektet. Eksisterende bru har svært kort restalder, og det er uvisst om anlegget kan ta trafikk etter 2027 uten betydelige merinvesteringer.

Bypakke Nedre Glomma har prioritering av kollektivtrafikk, sykkel og gange som en hovedføring for alle sine prosjekter. Dagens bruanlegg har ikke tilstrekkelig bredde til etablering av egne kollektivfelt, eller sykkelvei med fortau.

Det er vedtatt en kommunedelplan som omfatter nytt veianlegg og videreføring av IC-prosjektet (InterCity) over Glomma ved Sarpsfossen [2]. Planarbeidet la til grunn at de to anleggene skulle bygges samtidig. Uvisshet knyttet til videreføring av IC gir behov for planlegging av nytt veianlegg uavhengig av når videreføring av IC-prosjektet vil skje.

På bakgrunn av dette har Østfold fylkeskommune satt i gang arbeidet med en detaljreguleringsplan for framtidig veianlegg over Sarpsfossen. Detaljreguleringsplanen skal bygge på et forprosjekt for ny bru. Multiconsult er engasjert av Østfold fylkeskommune til arbeidet med et forprosjekt for ny bru, og en detaljreguleringsplan for veianlegget. Arbeidet er delt inn i skissefase, forprosjekt bru, teknisk plan og detaljreguleringsplan.

Denne rapporten inneholder vurderinger av områdestabilitet av delen av planområdet kalt «Tarris». Tarris er planområdet vest for Glomma og Sarpsfossen. Delen av planområdet som ligger på østsiden av Glomma og Sarpsfossen blir behandlet i rapport 10245026-RIG-RAP-006 [3]. Rapportene deles opp da planområdet strekker seg over to eksisterende faresoner for kvikkleire. Dokumentasjon av sikkerhet mot områdeskred omtales ofte som dokumentasjon av tilstrekkelig områdestabilitet. Dette omfatter identifisering av mulig fare (aktsomhetsområder), og inkluderer ofte videre utredninger og beregning av stabilitet for analyser av reell fare. Beregninger av stabilitet angir skråningers margin mot brudd og robusthet med tanke på planlagte eller uforutsette fremtidige endringer i belastning av terrenget.

Hensikten med rapporten er følgende:

- Kontrollere stabiliteten innenfor planområdet, avklare faren for områdeskred
- Identifisere mulige løsne- og utløpsområder
- En oppdatert utredning av eksisterende kvikkleiresoner, både avgrensning og klassifisering
- Foreslå/vurdere eventuelle tiltak slik at det er mulig å dokumentere tilfredsstillende sikkerhet og gjennomførbarhet.
- Gi forslag til planbestemmelser, og avdekke behovet for videre arbeider med områdestabilitetsvurderinger og risikoreduserende arbeider som må tas tak i neste planfase (byggeplan og detaljprosjektering).

Det legges til grunn at jordarter med sprøbruddsegenskaper er definert ved å ha omrørt skjærfasthet, $C_{u,r} \leq 1,27 \text{ kPa}$ iht. ISO 17892-6:2017 [4], det vil si $C_{u,r} \leq 2,0 \text{ kPa}$ iht. NS8015 [5].

Rapporten gir forslag til planbestemmelser og anbefalinger til sikringstiltak.

1.1 Krav til utredning tilpasset detaljreguleringsplan

«Ved offentlig ettersyn av detaljreguleringsplan skal reell fare for områdeskred være avklart i henhold til kravene i plan- og bygningsloven § 4-3. For at dette skal være oppfylt på detaljreguleringsplannivå, må kravene i pbl § 28-1 og § 29-5, byggt teknisk forskrift kap. 7 og NVEs veileder 1/2019 legges til grunn for utredning av skredfare» [6].

For detaljreguleringsplan i tiltakskategori K4 må fare for områdeskred utredes iht. prosedyren beskrevet i kap. 3.2, steg 4-11 i NVE-veileder 1/2019 [6]. Eventuelle nødvendige sikringstiltak i og utenfor planområdet må utredes, slik at en kan dokumentere at det planlagte tiltaket vil oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot områdeskred. Dette kan medføre at planområdet må utvides. Sikringstiltakene må kunne gjennomføres uten å redusere sikkerheten i området.

Nødvendige sikringstiltak i og utenfor planområdet er utredet. Det er dokumentert i form av stabilitetsberegninger i vedlegg J og K at tiltaket er gjennomførbart med hensyn til områdestabilitet med foreslåtte sikringstiltak. I rapporten er det anbefalt hvordan sikringstiltakene kan gjennomføres for å ivareta sikkerheten/stabiliteten. Videre er det utarbeidet forslag til planbestemmelser for å sikre at sikkerheten/stabiliteten ivaretas for alle faser av utbyggingen.

1.2 Revisjonshistorikk

Tabell 1-1 belyser revisjonshistorikken til rapporten. I tillegg er endringer i tekst, figurer etc. synliggjort med revisjonsstrek i marginen.

Tabell 1-1: Revisjonshistorikk.

Revisjon	Beskrivelse av revisjon	Dato
03	<ul style="list-style-type: none"> Endelig utgave etter gjennomført 3.partskontroll. Alle kommentarer lukket. Innarbeidet merknader med status 1. Inkludert noen vurderinger rundt anbefaling/krav for neste fase vedrørende bunns scanning og vurdering av dimensjonerende bunnivå/erosjonsnivå/bunnsenkning i Glomma. 	06.02.2026
02	<ul style="list-style-type: none"> Oppretting etter 3. partskontroll av Asplan Viak. Oppdaterte regulerings- og rekkefølgebestemmelser. Inkludert plangrense. 	16.06.25
01	<ul style="list-style-type: none"> Opprettinger etter 3. partskontroll av Asplan Viak. Foreslått stabiliserende tiltak med beregninger for snitt med behov. Inkludert avsnitt om planbestemmelser, anbefalinger og viktige momenter, uavhengig kvalitetssikring og konklusjoner. Flyttet tekst vedrørende dagens situasjon til vedlegg J. 	07.03.25
00	<ul style="list-style-type: none"> Områdestabilitetsrapport med stabilitetsberegninger i dagens situasjon og faresoneevaluering. 	03.09.24

2 Relevante regelverk

- Plan- og bygningsloven, §28-1 [7]
- Byggteknisk forskrift, TEK17 §7-3 og §10-2 med tilhørende veiledning [8]
- NVEs retningslinjer nr. 2/2011 «Flaum og skredfare i arealplanar» [9]
- NVEs veileder nr. 1/2019 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [6]
- Byggesaksforskriften [10]
- Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred [11]

2.1 Prosjekteringsforutsetninger

De geotekniske prosjekteringsforutsetningene som er lagt til grunn i prosjektet er beskrevet i en egen rapport, se rapport 10245026-RIG-RAP-003 [12].

Det er i denne rapporten forutsatt at alle bruddflater/glideflater som berører/krysser/skjærer spor (eid av Bane NOR) og vei skal ha en geoteknisk sikkerhet iht. Bane NOR [13] og Statens vegvesen [14] sine regelverk, mens bruddflater/glideflater som ikke berører/krysser/skjærer spor og vei skal ha en sikkerhet iht. NVE-veileder 1/2019 [6].

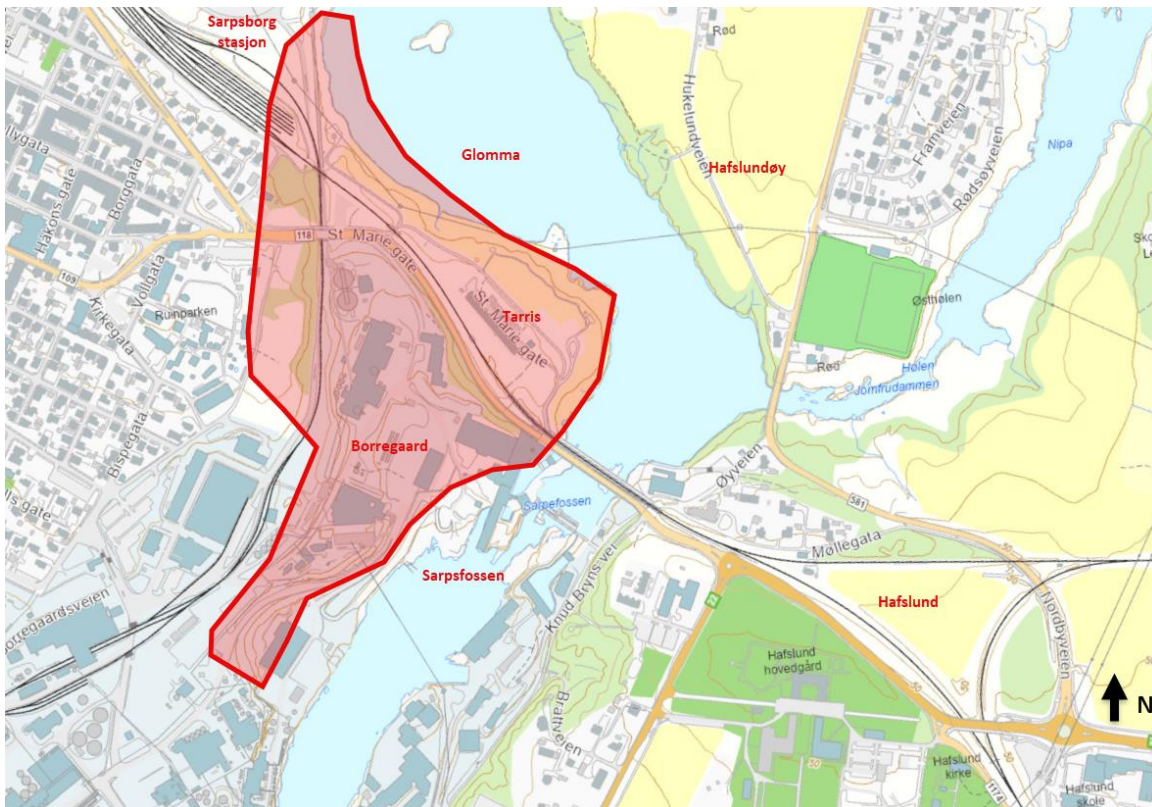
3 Områdebeskrivelse

Planområdet ligger i Sarpsborg kommune i Østfold fylke. Denne rapporten omhandler delen av planområdet kalt Tarris, som ligger på vestsiden av Sarpsfossen vist i Figur 3-1. Det er store terrengforskjeller innenfor og tilknyttet planområdet. I nord/nordøst går Glomma med vannivå på ca. kote +24,2, og terrenget heller oppover mot Tarris på ca. kote +37. Østfoldbanen går gjennom området og ligger på ca. kote +40. Dagens fv. 118 ligger nedenfor jernbanefyllinga på mellom ca. kote +37 og +29. Østfoldbanen og fv. 118 ligger på toppen av rasgropen til Borregaardsskredet som gikk i år 1702. Nede i rasgropen ligger industriområdet til Borregaard på mellom ca. kote +17 til +23. Øst på planområdet står landkaret for dagens veg- og jernbanebruer over Glomma, og bruene går over Sarpsfossen. Nedstrøms Sarpsfossen ligger vannivået i Glomma på ca. kote +2,5. Nord i området ligger Sarpsborg stasjon, hvor hensetningssporene i tillegg til Østfoldbanen strekker seg inn mot planområdet. Inne på Borregaard går det et jernbanespor (industri sporet) som benyttes av Borregaard til tømmertransport. Dette sporet strekker seg nordover og inn på Sarpsborg stasjon.

Planområdet går delvis gjennom en morenerygg (Raet). I tilknytning til denne vil det være varierende grunnforhold med store variasjoner innenfor korte avstander.

Sarpsborg sentrum består av kvartalsstruktur som avsluttes ved jernbanelinja og Borregaard. Borregaard er et forholdsvis stort industriområde rett ved Sarpsfossen. I det aktuelle området finnes det også mange viktige kulturmiljøer, bl.a. Sarpsborg middelalderby og Olavsvollen.

Tarris og Glomma har svært gode landskapestetiske kvaliteter i et stort, åpent landskapsrom som avgrenses av Hafslundsøy i nordøst.



Figur 3-1: Kartutsnitt over prosjektområdet på Tarris/Borregaard. Kartutsnittet inneholder også tiltak i skråninger utenfor influensområdet til tiltaket.

3.1 Grunnundersøkelser

3.1.1 Tidligere grunnundersøkelser

Det er gjennom flere tiår utført en betydelig mengde grunnundersøkelser innenfor og i nærheten av planområdet. Mye av det tilgjengelige grunnlaget er eldre og av varierende kvalitet, og har derfor til dels begrenset nytteverdi videre i prosjektet. Tidligere grunnundersøkelser brukes generelt som supplerende til Multiconsult sine grunnundersøkelser ikke er dekkende, og da spesielt i forbindelse med tolkning av lagdeling.

Det er generelt utført lite grunnundersøkelser av høy kvalitet, spesialforsøk og CPTU-sonderinger i nyere tid. I forbindelse med planarbeidet til InterCity ble det utført enkelte CPTU-sonderinger, med tilhørende prøvetakning innenfor planområdet.

En liste av tidligere grunnundersøkelser er gitt i den geotekniske datarapporten 10245026-RIG-RAP-001 [15].

Tidligere eller andre relevante grunnundersøkelser som er benyttet i områdestabilitetsvurderingen er presentert i vedlegg I.

3.1.2 Supplerende grunnundersøkelser utført av Multiconsult

Multiconsult har i løpet av 2023 utført flere runder med grunnundersøkelser. På Tarris omfatter dette grunnundersøkelser på land og i Glomma. For nærmere gjennomgang og beskrivelse av gjennomførte grunnundersøkelser vises det til den geotekniske datarapporten 10245026-RIG-RAP-001 [15]. Disse grunnundersøkelsene har gitt økt forståelse av kompleksiteten både for lagdelingen og materialegenskapene til løsmassene i området. Dette er nærmere beskrevet i materialparameterrapporten, 10245026-RIG-RAP-004 [16].

Det foreligger ingen tidligere grunnundersøkelser i Glomma (foruten noe seismikk), og de utførte boringene på flåte har derfor bidratt med helt ny essensiell informasjon til prosjektet.

Felt

Utførte feltundersøkelser av Multiconsult på Tarris og i Glomma i 2023 omfatter:

- **Undersøkelser på land våren 2023:**
 - 44 stk. totalsonderinger for dybder til antatt berg (ikke i alle punkter) og informasjon om grunnens relative lagringsfasthet.
 - 18 stk. trykksonderinger (CPTU) for bestemmelse av lagdelinger og styrkeparametere.
 - 19 stk. prøveserier for laboratoriebestemmelser av løsmassenes geotekniske data (prøver tatt opp både med tradisjonell-borerigg og Sonic-borerigg).
 - 15 stk. piezometer (12 stk. elektriske og 3 stk. hydrauliske) for registrering av poretrykk og grunnvannstand.
- **Undersøkelser i Glomma høsten/vinteren 2023:**
 - 18 stk. totalsonderinger for dybder til antatt berg (ikke i alle punkter) og informasjon om grunnens relative lagringsfasthet.
 - 9. stk. trykksonderinger (CPTU) for bestemmelse av lagdelinger og styrkeparametere.
 - 8 stk. prøveserier for laboratoriebestemmelser av løsmassenes geotekniske data.

Lab

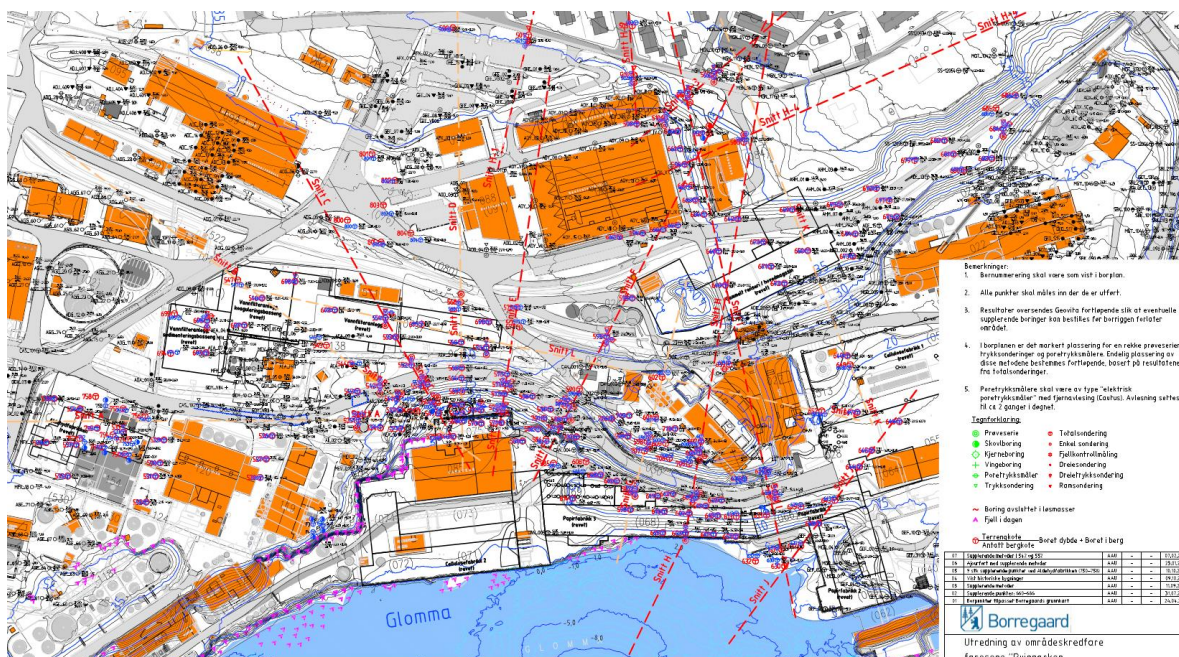
Følgende laboratorieundersøkelser er utført:

- **Prøver fra land:**
 - Rutineundersøkelser av 100 stk. sylinderprøver (54 mm)
 - Rutineundersøkelser av 117 stk. poseprøver (både tradisjonell-borerigg og Sonic-prøver)
 - 74 stk. korngraderingsanalyser
 - 70 stk. plastisitetsgrenser
 - 54 stk. måling av organisk innhold
 - 19 stk. ødometerforsøk
 - 25 stk. treksialforsøk
 - 20 stk. innblandingsforsøk med kalk/semment
- **Prøver fra Glomma:**
 - Rutineundersøkelser av 46 stk. sylinderprøver (54 mm)
 - 15 stk. korngraderingsanalyser
 - 18 stk. plastisitetsgrenser
 - 18 stk. måling av organisk innhold
 - 10 stk. ødometerforsøk
 - 10 stk. treksialforsøk

3.1.3 Supplerende grunnundersøkelser utført av Cowi/NGI for Borregaard/Geovita

I forbindelse med Geovita sin pågående områdestabilitetsvurdering på Borregaard, er det utført et stort omfang grunnundersøkelser i senere tid nede på Borregaard. Feltundersøkelsene er utført av COWI, og laboratorieundersøkelsene er utført av NGI. Multiconsult har fått oversendt resultatene fra disse grunnundersøkelsene. Det vises til utarbeidet datarapport for disse grunnundersøkelsene [17].

Multiconsult har fått oversendt rådata, og har således gjort egne tolkninger av CPTU-sonderinger, treaksialforsøk, ødometerforsøk og poretrykksavlesninger. Borplan, oversendt pr. e-post 10.06.24, som viser omfang av grunnundersøkelsene er vist i Figur 3-2 og i vedlegg I. Det bemerkes at det er utført flere grunnundersøkelser i etterkant, og at Multiconsult har fått oversendt rådata og utført egne tolkninger fortløpende.



Figur 3-2: Utklipp av borplan for supplerende grunnundersøkelser utarbeidet av Geovita for Borregaard, oversendt pr. e-post 10.06.2024. Det bemerkes at dette kun er en foreløpig tegning til orientering, og at det er utført flere grunnundersøkelser i etterkant. Det vises til utarbeidet datarapport [17].

3.2 Kartgrunnlag

Følgende kartgrunnlag er benyttet i forbindelse med vurderinger av topografi:

- Terrengmodell
 - dtm1_33_125_110.tif, hentet fra høydedata (datert 06.03.2024)
 - terrengoverflatemodell, produsert i arcgis pro (datert 06.03.2024)
- Batymetri
 - Styvehavn oppstrøms Melløs_batymetri_nedstrøms (datert 05.03.2024)
 - Punktsky_Batymetri_Norconsult (datert 23.02.2024)
 - _9_5_Bunn_Geophysix (datert 09.11.2022)
 - Styvehavn: Metadata Elvekartlegging Opsund: «Elvebunnskartlegging_Opsund.nmp» (datert 04.12.2024)

3.3 Topografi

På Tarris som ligger vest for Sarpsfossen har terrenget svært varierende landskapsformer. Det er særlig preget av kvikkleireskredet på Borregaard i år 1702 [18] som dannet et søkk i terrenget vest for Tarris-bebyggelsen og nedover mot Glomma vest for Sarpsfossen.

Det er derfor flere store skråninger i tiltaksområdet. Langs Glomma, ligger terrenget på omtrent nivå +24. Terrenget heller, med det høyeste punktet ved jernbanen på omtrent kote +40. Vest/Sørvest for jernbanen heller det videre nedover mot Borregaard ned mot kote ca. +17. I skredgropen ved Borregaard er det relativt flatt før det videre vestover går bratt oppover mot Ruinparken med høyeste punkt på ca. kote +49. Nord for Borregaard går det oppover mot St. Marie gate. Nedstrøms fossen ligger Glomma på ca. kote +2,5. Området Tarris er vist på Figur 3-1. Basert på batymetri fra utførte seismikkundersøkelser i Glomma på nordsiden av Tarris, forventes det at skråningen i Glomma heller ned mot ca. kote +14/+15.

Vedlegg G viser typiske høydesnitt på området (RIG-TEG-600 tom. -617). Tegning RIG-TEG-001 i vedlegg F viser plassering av snittene.

3.4 Løsmasser

Løsmassene innenfor planområdet består generelt av svært lagdelte og usammenhengende materialer. Dette skyldes i stor grad de kvartærgeologiske forholdene i området.

Topplaget består gjennomgående av antatte fyllmasser, av varierende mektighet, kvalitet og fasthet. Under fyllmassene er det stedvis forekomst av tørrskorpeleire, samt enkelte friksjonsmasser i de øvre lag. Videre i dybden består løsmassene generelt av leire, eller leirige løsmasser. Disse løsmassene har svært varierende innhold av både silt, sand og grus. Enkelte steder så stort innhold at materialene defineres som silt og sand. Det er enkelte steder registrert friksjonslag med en tykkelse på 3-4 m. Det er i flere borpunkt funnet leire med sprøbruddegenskaper, mektighet og dybde på sprøbruddmaterialene varierer stort over hele området. Disse variasjonene gjør det utfordrende å gi en kort og presis beskrivelse av grunnforholdene i planområdet. For en mer detaljert beskrivelse av grunnforholdene vises det til den geotekniske datarapporten for Tarris, 10245026-RIG-RAP-001 [15], og det vises også til GOM (grunnobservasjonsmodell) og tilhørende følgenotat 10245026-RIG-NOT-004 [19]. For en mer omfattende beskrivelse av materialegenskapene til løsmassene vises det til materialparameterrapporten [16].

Videre i utredningen av områdestabilitet kan det stedvis gjøres vurderinger som vil komme i konflikt med vurderinger som gjøres senere i detaljprosjekteringen i prosjektet. Ved prosjektering av et brufundament vil det i større grad ses på små lokale variasjoner i grunnforholdene, sånn som et tykkere lag med friksjonsmasser. I stabilitetsberegningene kan dette laget, hvis det ikke foreligger nærliggende grunnundersøkelser som bekrefter utstrekning av dette laget både i plan og profil, ses på som et udrenert materiale. Dette for å ta hensyn til at det kan være andre beregningssnitt enn det som er vurdert som har en mer ugunstig lagdeling.

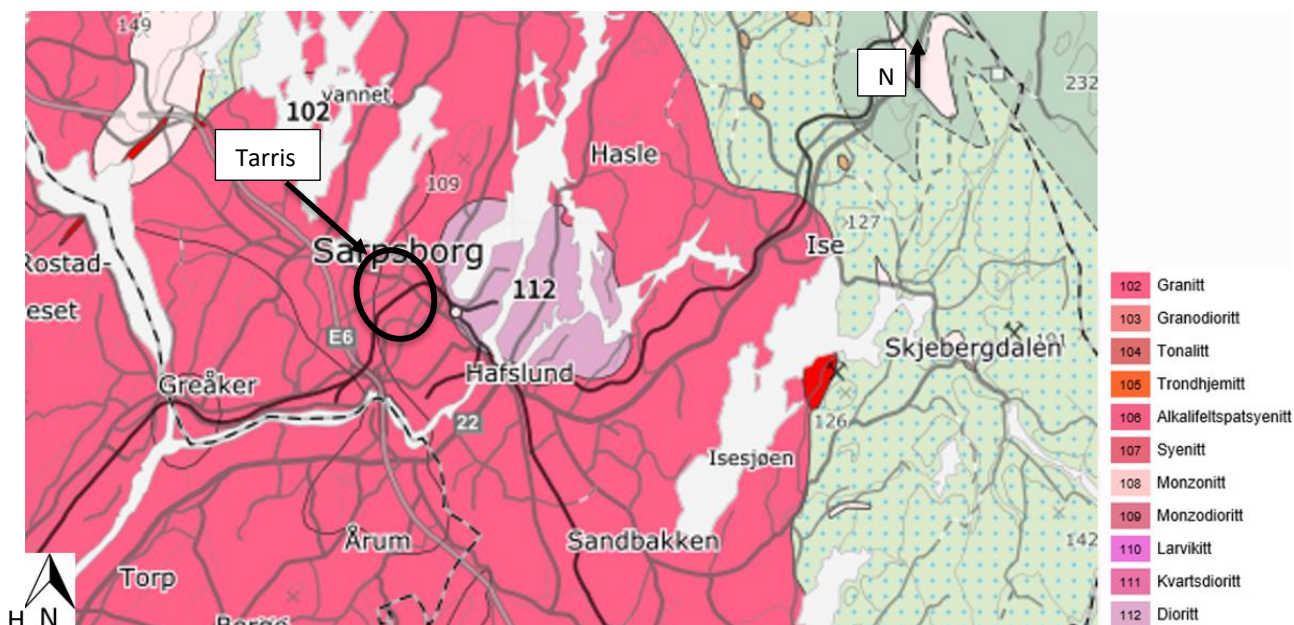
3.5 Berg

Totalsonderinger og observasjoner fra befaringer indikerer at dybder til antatt berg varierer fra berg i dagen til omtrent 72 m under terreng med bergkoter varierende fra ca. +28,5 til ca. -33,6. Det presiseres at ikke alle totalsonderinger er boret inn i berg for sikker bergpåvisning, og at en del av totalsonderingene er stoppet i løsmasser og ikke boret ned til antatt berg. Generelt er bergoverflaten svært varierende i området og er karakterisert med partier med oppstikkende berg med mellomliggende dype partier. Spesielt i området under arbeiderboligene på Tarris er det et dypt tilsynelatende ovalt område til berg i nordøstlig-sørvestlig retning med største sonderte løsmassedybde på 71,8 m (med kun 0,4 m innboring i berg).

Det forventes at bergoverflaten stedvis er meget bratt og at bergoverflatens forløp mellom borpunktene vil kunne være svært variabel sett i lys av totalsonderingene, og det kan finnes lokale forhøyninger eller

forsknings i bergoverflaten som ikke er fanget opp av utførte undersøkelser grunnet begrensende tetthet. Det er utarbeidet en bergmodell basert på tilgjengelig data og seismikk, usikkerheter rundt denne er nærmere beskrevet i følgenotatet til GOM [19]. Det vises til modell «g-gf_Bergoverflate» med tilhørende usikkerhetsmodell «g-gf_Usikkerhetsmodell berg», datert 27.06.2024.

Basert på berggrunnskart fra NGU (Norges Geologiske Undersøkelser) i Figur 3-3 kan en forvente bergarter av Dioritt og Iddefjordsgranitt, bergarter som intakt anses som sterke og meget sterke bergarter. Det er ikke utført prøver av berget, og basert på seismiske undersøkelser kan det forventes svakhetssoner med dårligere bergkvalitet.



Figur 3-3: Berggrunnskart fra Norges geologiske undersøkelser [ngu.no].

3.6 Grunnvannstand og poretrykk

Det er satt ned 14 stk. poretryksmålere, hvorav 12 stk. er elektriske med minne og 3 stk. er hydrauliske. Disse er satt ned fordelt på 8 stk. borpunkt.

Generelt ligger grunnvannstanden i varierende dybder grunnet det kupert terrenget i området. Glomma ligger på ca. kote +24,2 nord for Sarpsfossen. Grunnvannsspeilet ligger derfor i nærheten av dette i skråningsfoten langs Glomma, og følger terrenget oppover skråningen. Ved industrisporet til Borregaard ligger antatt grunnvannstand ca. 2 m under terreng. På toppen og kanten av den langsgående skråningen mot Glomma og Sarpsfossen ligger grunnvannstanden dypere ned mot ca. 3 – 4 m under terreng, mens innover mot sentrale deler av Tarris er grunnvannstanden antatt grunnere på mellom 1,5 – 2,5 m. Nede på Borregaard ligger antatt grunnvannstand ca. 1 – 1,5 m under terreng og følger terrenget oppover mot Ruinparken og sentrum der den antageligvis ligger ca. 2 – 2,5 m under terreng.

Grunnvannsforholdene er generelt avhengig av årstid og nedbørsmengde, og det forventes derfor variasjoner i grunnvannsnivået. For nærmere beskrivelse av grunnvannsnivået og poretryksforholdene vises det til den geotekniske materialparameterrapporten [16]. Poretryksforholdene vurderes spesifikt i forbindelse med vurderinger av beregningsnett og i faregradsevalueringen.

3.7 Tidligere utførte stabilitetsvurderinger

Det er tidligere utført stabilitetsvurderinger i andre prosjekter innenfor prosjektområdet. Tidligere utførte stabilitetsvurderinger som ansees som relevante for vurderingene av områdestabilitet i fv.118 Ny Sarpsbru-prosjektet er kort oppsummert i vedlegg B.

Tidligere utførte stabilitetsvurderinger har generelt konkludert med at det er en anstrengt stabilitet i område. Med lave beregnede sikkerhetsfaktorer fra Tarris og ned mot Glomma og ned mot Borregaard. Det er utført en stabilitetsberegning fra Borregaard og videre vest, og sikkerhetsfaktoren i de tidligere beregningene er noe høyere for dette området enn på andre siden av Borregaard og ned mot Glomma.

4 Potensiell fare knyttet til vassdrag

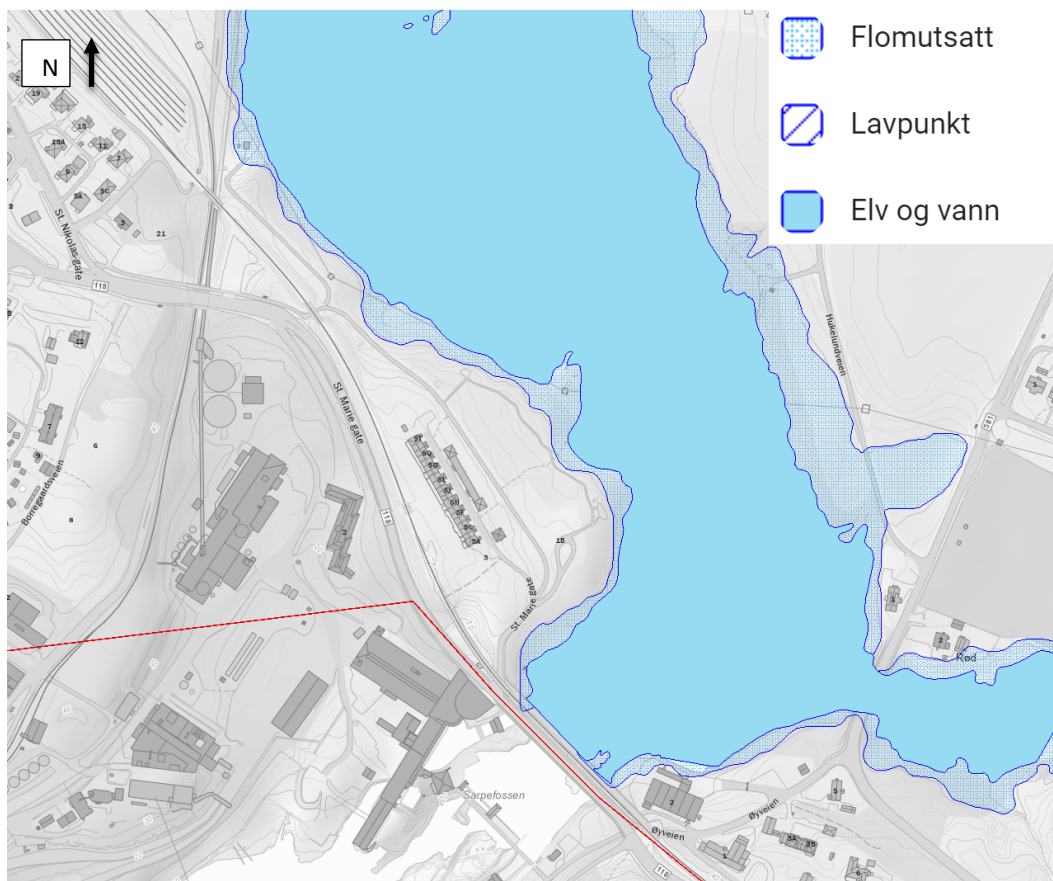
I henhold til TEK17 §7-1 [8] skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, stormflo og skred).

4.1 Sikkerhet mot flom eller stormflo

Figur 4-1 viser aktsomhetsområde for flomsone for 200-årsflom, hentet fra kartverket til NVE-atlas [20]. Som vist i figuren, ligger deler av prosjektområdet innenfor aktsomhetsområde for flom. Aktsomhetskartet indikerer potensielle fareområder. Faregraden er ikke tallfestet og kartet gir derfor ikke opplysninger om sannsynlighet eller gjentakintervallet for flom.

Farer i forbindelse med flom i vassdrag er avhengig av hvor stort areal som blir flommet over, vanndybde og vannhastighet i området med flom, samt erosjon og materialtransport i vassdraget. Styrken på, og samspillet mellom prosessene, er avgjørende for om det er fare for skader. Det beste generelle rådet er å plassere nye byggverk og konstruksjoner i god avstand fra vassdrag.

Skråningen ned mot Glomma må stabiliseres. I forbindelse med dette er det foreslått å legge ut en støttefylling langs deler av skråningen, som også skal kunne fungere som erosjonssikring. Behov for erosjonssikring håndteres av hydrolog. Det vises til utarbeidet befaringsnotat av erosjon, 10245026-RIG-NOT-005 [21].

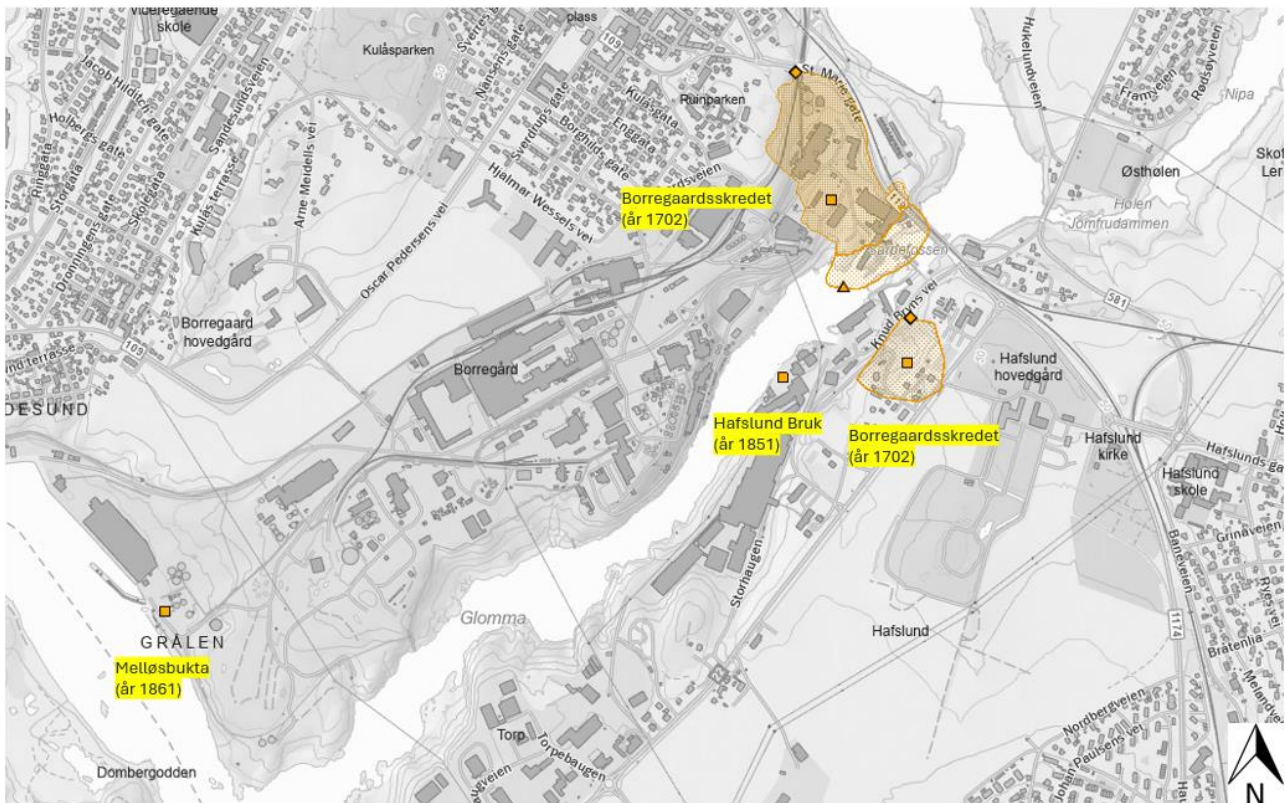


Figur 4-1: Aktsomhetsområde for flom [atlas.nve.no].

4.2 Tidligere skredhendelser

Det er registrert tidligere skredhendelser både innenfor og utenfor prosjektområdet iht. NVE-atlas [22] vist i Figur 4-2, og tidligere kartlegginger av skred på Borregaard vist i Figur 4-3 fra rapport om utbygging av Borregaard med hensyn på områdestabilitet [23].

Det mest omtalte av disse er «Borregaardsskredet» i år 1702, som ligger innenfor prosjektområdet for ny Sarpsbru illustrert i Figur 4-4. Dette er det største skredet en kjenner til i Østfold, der 15 mennesker omkom. Alle bygninger og ca. 200 husdyr på Borregaard forsvant i leira ut i Sarpselva. Skredet hadde et areal på ca. 80 mål, med lengde 380 m og en største bredde på 340 m, og ca. 1,2 millioner m³ raste ut i Sarpsfossen [18].



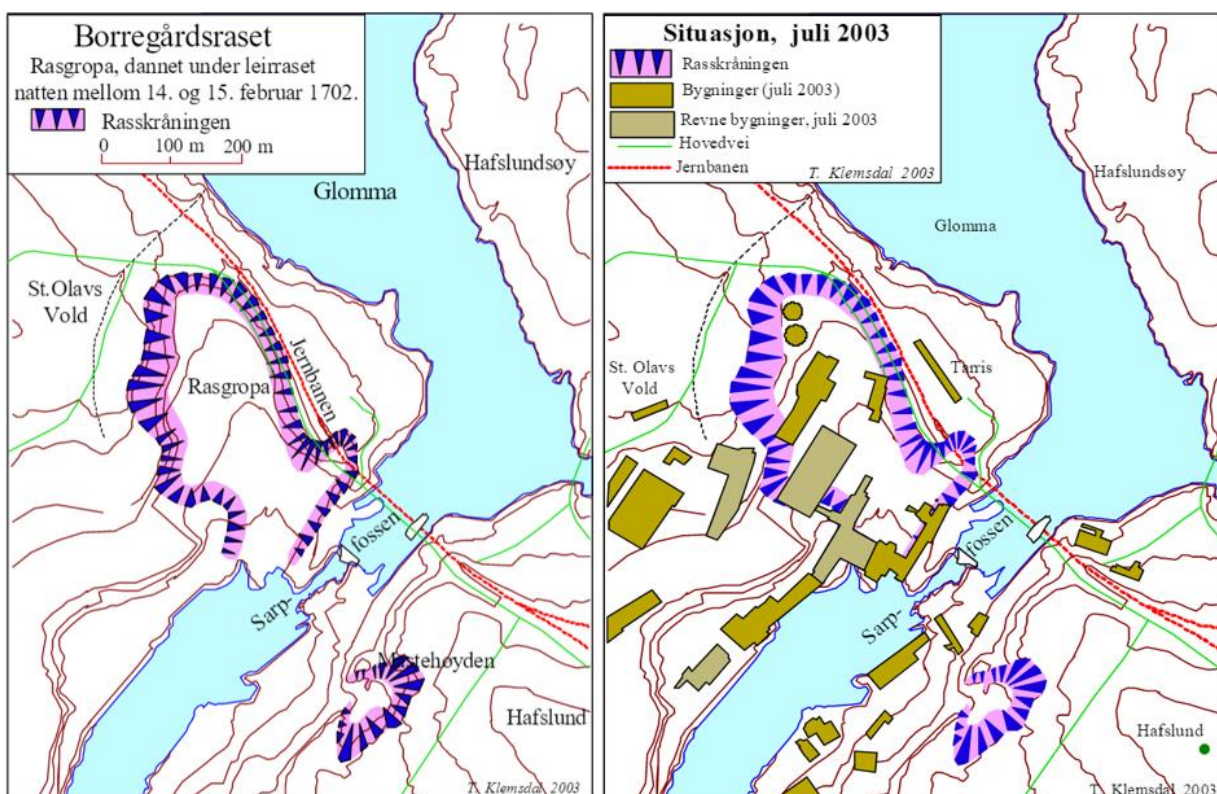
Figur 4-2: Kart over tidligere skredhendelser fra NVE-atlas [atlas.nve.no].

**FORKLARING**

- ① Lokalt ras av byggegrop. Rapportert av Noteby AS i rapport nr. 41217 «Borregaard renseanlegg», datert 28.01.1993.
- ② Overflateglidning mot Glomma. Rapportert av Noteby AS i rapport nr. 49583-1 «Rørbro ved Elvekant, Melløs», datert 30.05.1989.
- ③ Mindre utglidning fra ca. 1977. Rapportert av Noteby AS i rapport nr. 17943-1 «Tegilverksområdet på Melløs», datert 14.09.1978.
- ④ Større utglidning fra ca. 1953. Rapportert av Noteby AS i rapport nr. 17637-2 «Avluftoredling tegilverksområdet», datert 10.01.1978.
- ⑤ Lokalt ras av byggegrop. Rapportert av NGI i rapport nr. 65/65 «Grunnundersøkelser for Kislager, A/S Borregaard», datert 21.05.1966.
- ⑥ Borregårdraset med betydelig omfang fra år 1702. Rasgropa er tegnet inn etter Tormod Klemsdal (2003).

Utglijningene/rasene er tegnet inn etter informasjon basert på tidligere rapporter, flyfoto og grunnundersøkelser. Sonene viser omtrentlig plassering av tidligere ras, og må derfor benyttes med forsiktighet.

Figur 4-3: Orienterende plan med tidligere kartlagte skredhendelser på Borregaard [23].



Figur 4-4: Illustrasjon av rasgroper etter Borregaardsskredet i år 1702 [18].

4.3 Bunnsenkning/erosjon i Glomma

Sammenligning av tidligere datasett for bunnskanninger i selve Glomma, kan tyde på at det foregår dynamiske prosesser hvor nivået til elvebunnen i Glomma varierer. Det er ikke helt rett frem å tolke disse resultatene fra oppmålte tverrprofiler, og det er usikkerheter tilknyttet eksakt plassering av disse opp gjennom årene. Generelt kan det se ut til at det har vært noe bunnsenkning om man sammenligner f.eks. datasett fra 2009 opp mot datasett fra 2024. Disse datasettene er valgt på bakgrunn av relevans ift. måleteknikk og nøyaktighet. Trolig kan det meste av dette skyldes flommen Hans i 2023, men dette er usikkert. Hvordan dette utvikler seg over tid er også usikkert, og det anbefales derfor et program for å overvåke bunnendringene fremover, slik at en kan sette inn tiltak før en eventuell forverring.

Forutsetningen som ligger til grunn i denne områdestabilitetsvurderingen er at områdestabiliteten er vurdert med elvebunn som fast (dagens geometri). Mulig fremtidig bunnsenkning/erosjonsutvikling er ikke konkret vurdert i detaljreguleringsplanfasen og behandles som en usikkerhet (ROS). Detaljert fastsettelse av dimensjonerende bunnivå krever oppdatert dokumentasjon (f.eks. bunnskanning/tverrprofiler). For videre detaljering av tiltak/stabilitet er det også behov for supplerende grunnundersøkelser, tester i felt, måleprogram mm. Bunnsenkning i Glomma vurderes som en identifisert risikofaktor med forpliktende krav til kontroll.

5 Gjennomgang av prosedyre NVE-veileder 1/2019

Tabell 5-1 viser en oppsummering av gjennomgang av prosedyren for utredning av aktsomhetsområder og faresoner, gitt i kapittel 3.2 i NVE-veilederen [6]. Vurdering av punktene er videre gjennomgått i kapittel 5.1 tom. 5.11.

Tabell 5-1: Oppsummering gjennomgang av prosedyre i NVE-veileder 1/2019.

Pkt.	Overskrift	Kommentar
1	Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området	I henhold til faresonekart fra NVE-atlas er det registrert flere kvikkleiresoner i nærområdet. På vestsiden av Sarpsfossen i området Tarris er det identifisert en kvikkleiresone («Ruinparken»). Det finnes også registrerte faresoner på andre siden av Glomma, samt nord, vest og sør for sonen Ruinparken, iht. kart fra NVE-atlas. Se kap. 5.1.
2	Avgrens områder med mulig marin leire	Aktsomhetskart for marin leire indikerer at området ligger innenfor aktsomhetssone for marin leire. Se kap. 5.2.
3	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred	Planlagt tiltak ligger i terreng som er innenfor et aktsomhetsområde for områdeskred. Det er derfor behov for videre utredning iht. prosedyrens punkt 4-11 i NVE-veileder 1/2019. Se kap. 5.3.
4	Bestem tiltakskategori	Tiltakskategori er satt til K4. Se kap. 5.4.
5	Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skrånninger og mulig løsneområde	Det er gjort en gjennomgang av tidligere grunnlag og vurderinger i området. Eksisterende grunnundersøkelser viser at det er stedvis store forekomster av kvikkleire og/eller sprøbruddmateriale i grunnen. Det er også identifisert flere kritiske skrånninger. Se kap. 5.5.
6	Befaring	Det er utført flere befaringer på det aktuelle planområdet. Se kap. 5.6
7	Gjennomfør grunnundersøkelser	Det er gjennomført grunnundersøkelser i flere runder i planområdet. Se kap. 5.7. Det er også tidligere utført seismikk for å kartlegge bergoverflaten, samt at det er utført sjøbunnskartlegging.
8	Vurdere aktuelle skredmekanismer og avgrense løsne- og utløpsområder	Utført. I de fleste snittene er det antatt at et ev. skred vil kunne ha en retrogressiv utvikling. Se kap. 5.8.
9	Klassifiser faresoner	Utført. Se kap. 5.9.
10	Dokumentér tilfredsstillende sikkerhet	Utført. Se kap. 5.10 og vedlegg H, J og K.
11	Meld inn faresoner og grunnundersøkelser	Revidert faresone er meldt inn til NVE.

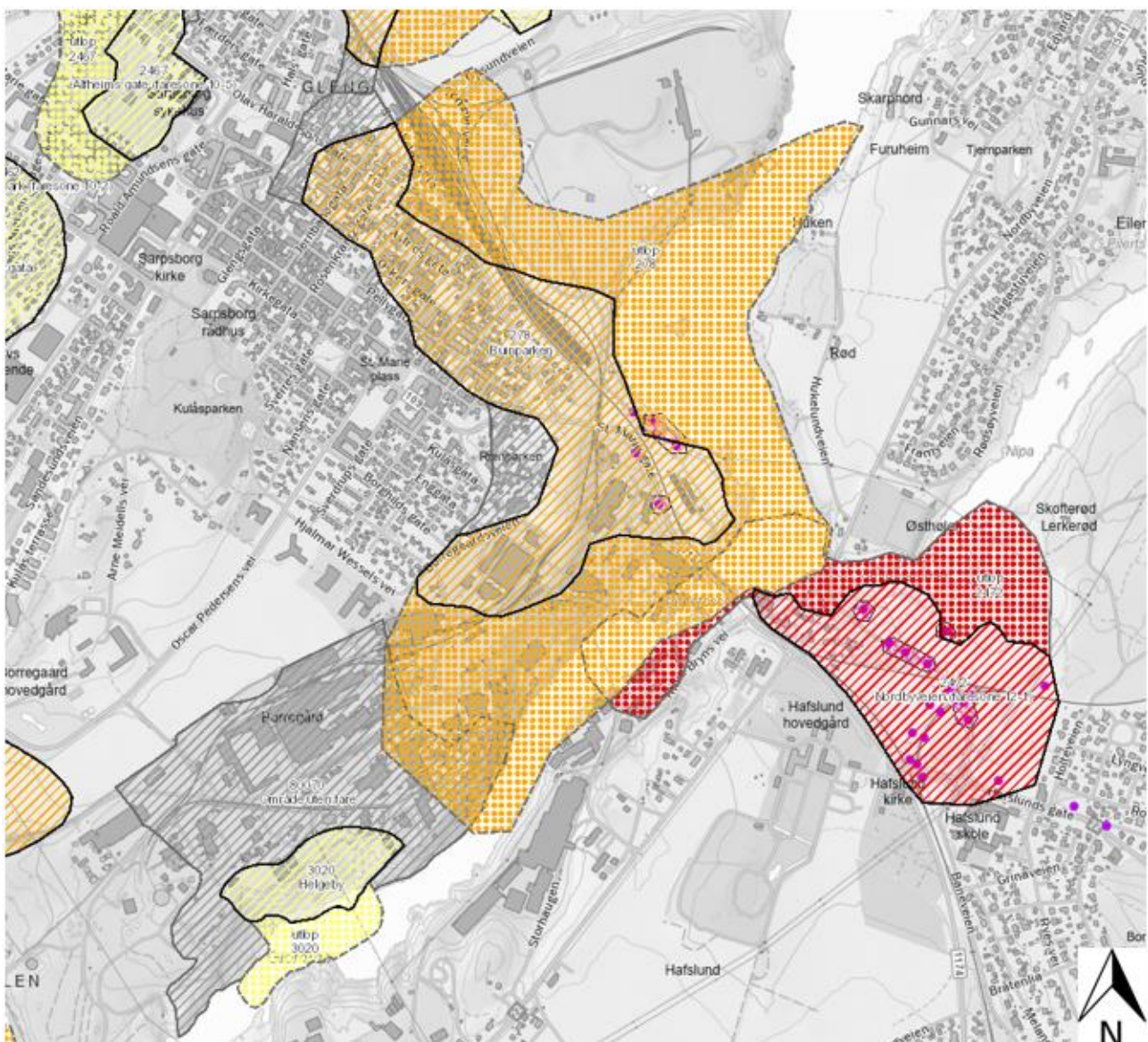
5.1 Steg 1: «Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området»

I henhold til faresonekart fra NVE-atlas [22] vist i Figur 5-1, er det registrert flere kvikkleiresoner i nærområdet. På vestsiden av Sarpsfossen på området Tarris/Borregaard ligger det inne en kvikkleiresone (Ruinparken) i risikoklasse 4 med faregrad middels og meget alvorlig konsekvensklasse. Det er registrert to kvikkleireområder av Statens vegvesen, samt enkelte kvikkleirepunkt.

Det er også registrert en kvikkleiresone på andre siden av Glomma, på Hafslund (Nordbyveien). Denne sonen er innenfor planområdet for prosjektet og behandles i en separat områdestabilitetsrapport 10245026-RIG-RAP-006 [3]. I tillegg er det registrert en sone som grenser til Ruinparken i nord, sone Glengshølen, samt flere soner i område nord, vest og sør for Tarris i og rundt Sarpsborg by. Det er vurdert at planområdet ikke ligger i et mulig utløpsområde til skred fra høyereliggende terreng.

Det gjøres oppmerksom på at det kan forekomme kvikkleire og/eller sprøbruddmateriale utenfor de påviste sonene.

Planområdet på Tarris ligger i sin helhet innenfor kvikkleiresone «Ruinparken».



Figur 5-1: Kart som viser eksisterende faresoner for kvikkleireskred [atlas.nve.no].

5.1.1 Område i faresonen som tidligere ble friskmeldt

Ved Borgarsyssel museum ble det i 2014 utført grunnundersøkelser. Basert på resultater fra disse grunnundersøkelsene ble utstrekningen av daværende kvikkleiresone revidert. Det ble utført totalsonderinger og prøveserier, det ble ikke påvist kvikkleire og/eller sprøbruddmateriale. På bakgrunn av dette ble det foreslått å friskmelde deler av sonen. Grunnundersøkelsene ble avsluttet i antatt berg, til tross for ingen innboring. Den delen av sonen som ble fjernet er vist med grå skravur i Figur 5-1.

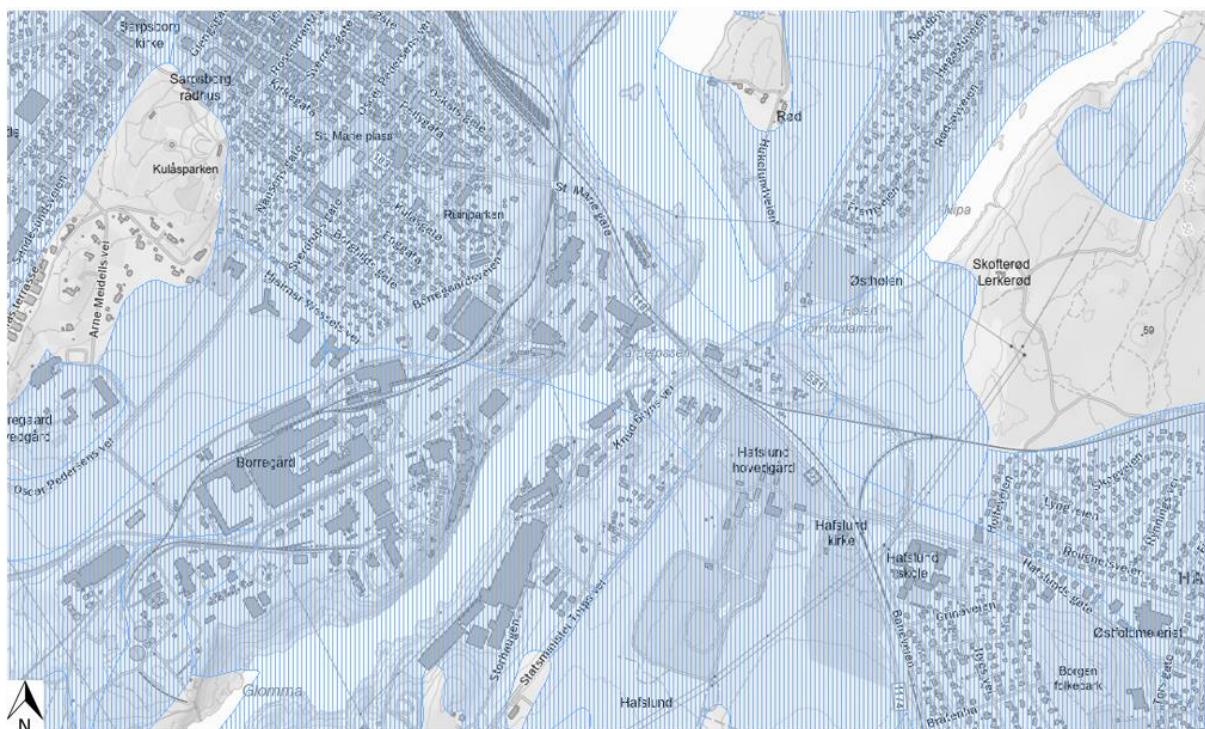
I forbindelse med grunnundersøkelser utført i prosjektet fv. 118 ny Sarpsbru, ble det benyttet en Sonic-rigg i samme området. Disse undersøkelsene viste at dybder til berg er større enn tidligere antatt. Det ble også tatt opp prøveserier, og i en av prøveseriene er det påvist leire med sprøbruddegenskaper. Det er derfor valgt å inkludere det tidligere friskmeldte området inn i revidert kvikkleiresone.

5.1.2 Utførte tiltak i skråning bak kokeriet på Borregaard

I 2002 utførte Geovita geotekniske vurderinger og utarbeidet en geoteknisk rapport nede på Borregaard kalt «Skråning ved kokeri» [24], med vurderinger rundt stabiliteten og mulige sikringstiltak i skråningen. Bakgrunnen var at det over lengre tid var sig i skråningen og det var tydelige deformasjoner på støttemuren i bunn. Basert på disse vurderingene ble det i 2014 utført sikringstiltak for bedre tilstanden i skråningen. Tidligere var dette én jevn, bratt og sammenhengende skråning, mens etter sikringstiltakene ble skråningen terrassert og etablert med to nivåer, med et mellomliggende platå midt i skråningen. Tidligere (med opprinnelig skråning) gikk industrisporet til Borregaard helt ytterst på skråningskanten, mens etter sikringstiltakene ble sporet flyttet lengre unna skråningskanten i det midtre platået.

5.2 Steg 2: «Avgrens områder med mulig marin leire»

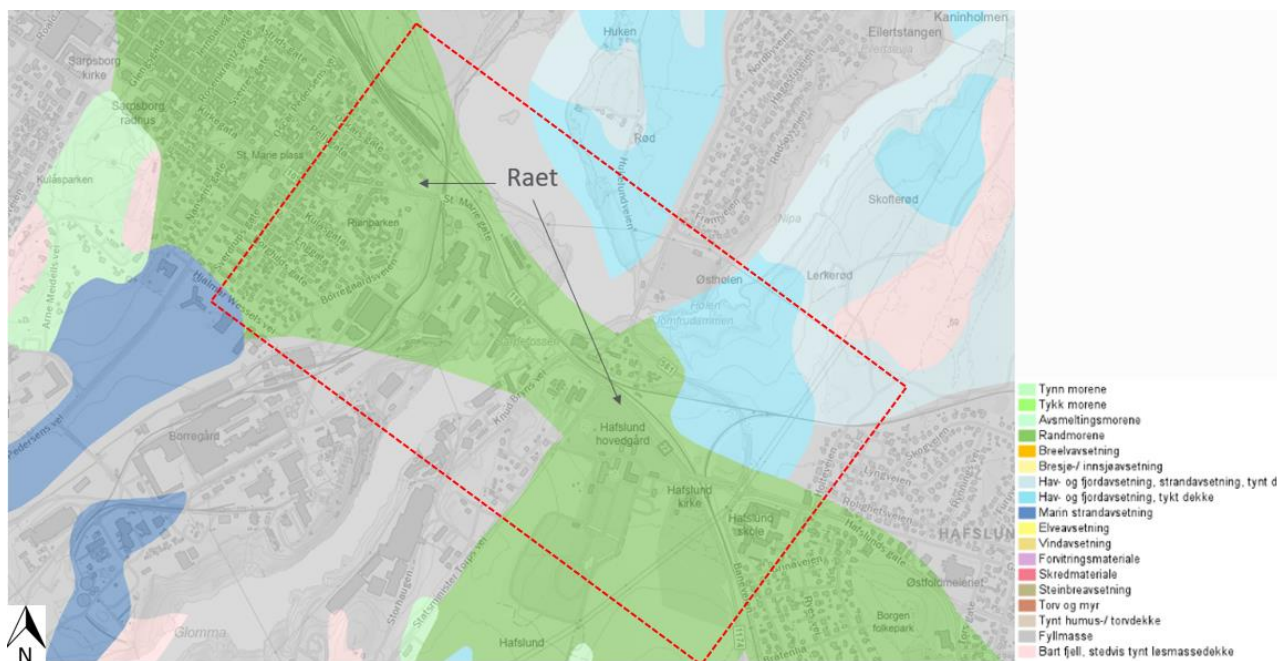
Prosjektområdet ligger i sin helhet under marin grense iht. Figur 5-2 og det forventes derfor at det kan påtreffes marin leire, herunder kvikkleire eller sprøbruddmateriale, under de terrengnære løsmassene. Dette vil da også gjelde utenfor de områdene hvor det tidligere er registrert kvikkleire.



Figur 5-2: Aktsomhetskart for marin leire [atlas.nve.no].

Figur 5-3 viser et utsnitt av kvartærgeologisk kart for det aktuelle området. Kartet viser at de terrengnære løsmassene i og ved prosjektområdet består av tykk randmorenen (Raet), fyllmasser, og hav- og fjordavsetninger. Kartet angir ofte områder med fyllmasser pga. oppfylling på stedlige masser, og sier derfor ikke noe om hvilke masser som ligger under fyllmassene.

Det kvartærgeologiske kartgrunnlaget gir en visuell oversikt over landskapsformende prosesser over tid, samt løsmassene overordnede fordeling. Utgangspunktet for disse oversiktskartene er i all hovedsak visuell overflatekartlegging, og kun i begrenset omfang fysiske undersøkelser. Kartene gir ingen informasjon om løsmassefordeling i dybden og kun begrenset informasjon om løsmassemektighet. For mer informasjon om kvartærgeologiske kart og anvendelse/kvalitet vises det til www.ngu.no [25].



Figur 5-3: Kvartærgeologisk kart over området, fra Norges geologiske undersøkelser [ngu.no].

5.3 Steg 3: «Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred»

I henhold til NVE-veileder nr. 1/2019 [6], kan det utføres terrengeanalyser for å begrense aktsomhetsområdene til områder der terrenghelning gir mulighet for områdeskred. Kriteriene som benyttes for å tegne opp aktsomhetsområder for områdeskred kan deles inn i terreng som kan inngå i løsneområdet for et skred og terreng som kan inngå i utløpsområdet for et skred:

Terreng som kan inngå i løsneområdet for et skred:

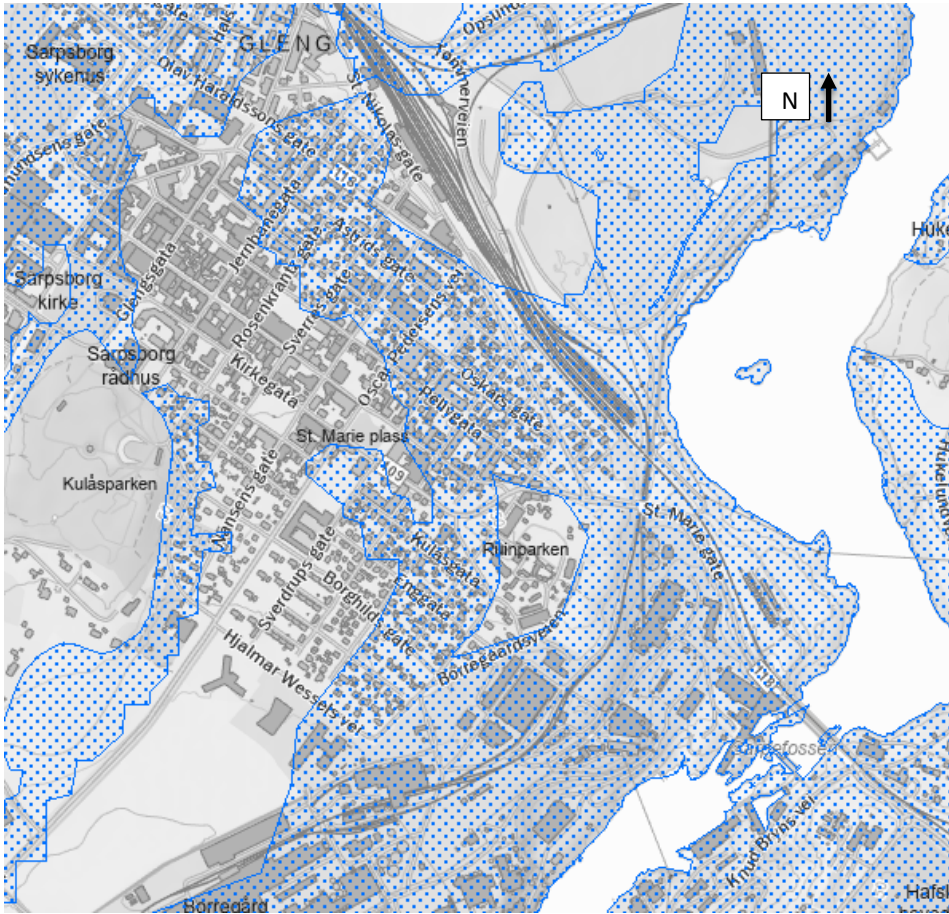
- Total skråningshøyde (i løsmasser) over 5 meter, *eller*
- Jevnt hellende terreng brattere enn 1:20 og høydeforskjell over 5 meter

Aktsomhetsområder som ligger innenfor 20 x skråningshøyden, H, målt fra bunn av skråning (ravinebunn, bunn av elv eller marbakke i sjø (inntil 25 m.u.h.))

Terreng som kan inngå i utløpsområdet for et skred:

- 3 x lengden til løsneområdets lengde. Løsneområdet er enten en eksisterende faresone eller et aktsomhetsområde
- Utløpssone som allerede er kartlagt

Figur 5-4 viser et utklipp fra GIS-løsning til prosjektet, hvor det er gjort en terrengeanalyse av helning både på land og i Glomma. Av figuren kommer det frem at over store deler av planområdet er terrenghelning



Figur 5-6: Utklipp fra NVE-atlas. Områder i blå skravur ligger innenfor aktsomhetsområde for kvikkleireskred. Legg merke til tidligere friskmeldte område i Ruinparken som nå blir inkludert i faresonen og aktsomhetsområdet.

5.4 Steg 4: «Bestem tiltakskategori»

Tiltakskategori fastsettes ut fra konsekvens for tiltaket ved skred (jfr. Tabell 3.2 i NVE-veileder [6] , vist i Figur 5-7), og videre utredning avhenger av tiltakskategorien.

Tiltaket ny Sarpsbru er plassert i tiltakskategori K4. Dette begrunnes med at fv. 118 har en ÅDT > 22 000, samt at tiltaket påvirker viktige samfunnsfunksjoner med større personopphold, slik som Østfoldbanen, Borregaard industriområde, og at sonen strekker seg inn mot og inkluderer store deler av Sarpsborg sentrum.

Tiltaket ny gang- og sykkelvei er plassert i tiltakskategori K1. Dette begrunnes med at det er en gang- og sykkelvei.

Tabell 3.2 Tiltakskategori med eksempler på type tiltak

Tiltaks-kategori	Type tiltak
K0	Små tiltak som medfører svært begrensede terrenginngrep. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer Garasjer, naust, tilbygg/påbygg til eksisterende bebyggelse, frittstående uthus, redskapsbod, landbruk- og skogsveger
K1	Tiltak av begrenset størrelse. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer Mindre driftsbygninger i landbruket, lagerbygg av begrenset verdi, lokale VA-anlegg, private og kommunale veger, mindre parkeringsanlegg og trafikksikkerhetstiltak (G/S-veg, midtdeler)
K2	Tiltak som kun innebærer terrengendring; utgraving, opp- og utfylling og masseflytting Massedepionier, komposteringsanlegg, bakkeplanering/nydyrking, massetak, andre massefyllinger
K3	Tiltak som medfører tilflytting av personer med inntil to boenheter, større byggverk med begrenset personopphold eller tiltak med stor verdi Bolighus/fritidsbolig med inntil to boenheter, større driftsbygninger i landbruket, lagerbygg med større verdi, mindre nærings- og industribygg, mindre utendørs publikumsanlegg, større VA-anlegg
K4	Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold, samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner Bolighus/fritidsboliger med mer enn to boenheter, sykehjem, sykehus, skoler, barnehager, idrettshaller, utendørs publikumsanlegg og nærings- og industribygg

Figur 5-7: Tabell 3.2 utklippet fra NVE-veileder 1/2019 [6].

5.4.1 Sikkerhetskrav for tiltakskategori K4

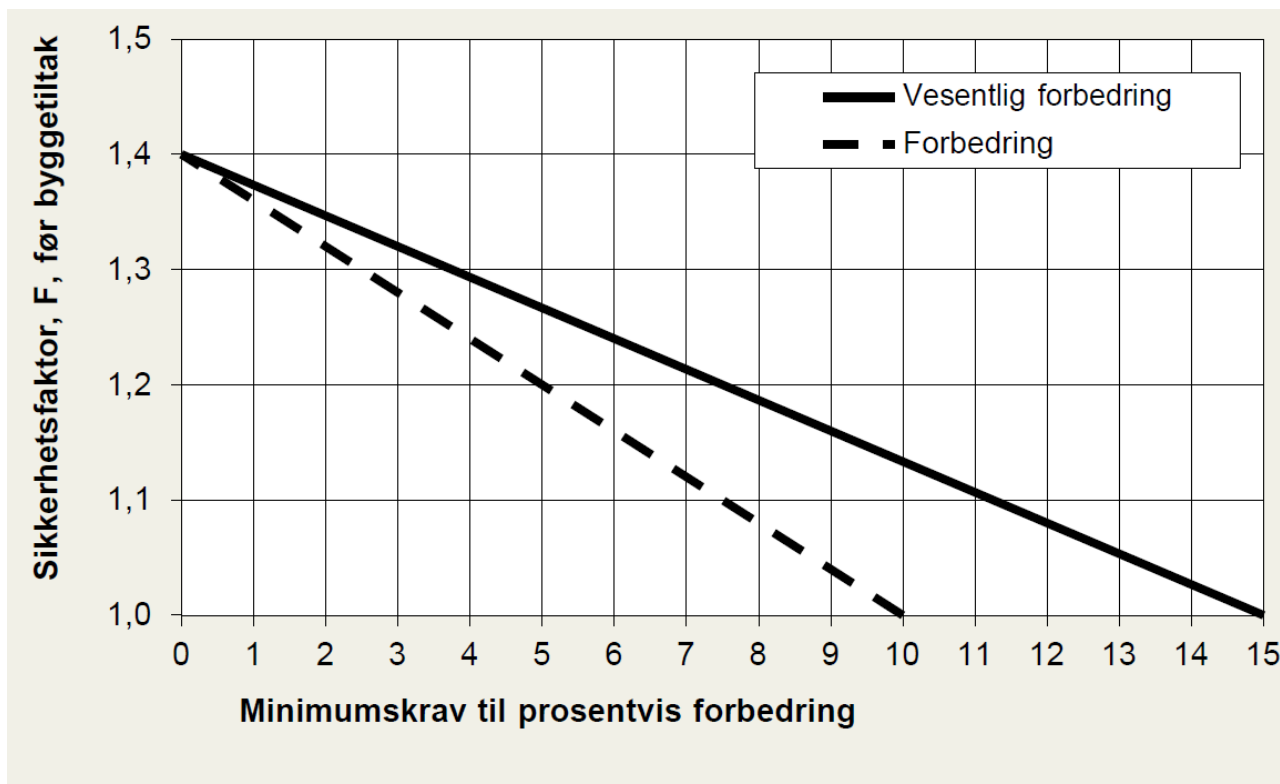
For tiltak plassert i tiltakskategori K4, og som forverrer stabiliteten, stilles det krav til en absolutt sikkerhetsfaktor på $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ i udrenert tilstand og $F_{c\phi} \geq 1,25$ i drenert tilstand. Her er $f_s = 1,15$ og representerer sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekten i udrenerte beregninger.

For tiltak som ikke forverrer stabiliteten stilles det krav til sikkerhet på $F_{cu} \geq 1,40$ i udrenert tilstand og $F_{c\phi} \geq 1,25$ i drenert tilstand. Dersom beregnet sikkerhet er lavere kreves det prosentvis økning basert på faregrad og beregnet sikkerhet. Nødvendig prosentvis forbedring kan leses ut fra graf vist i Figur 5-8.

For skråninger i faresonen som ligger utenfor tiltakets influensområde, stilles det krav til langtidsstabilitet og robusthet på henholdsvis $F_{c\phi} \geq 1,25$ og $F_{cu} \geq 1,20$. Dersom beregnet sikkerhet er lavere enn krav til langtidsstabilitet og/eller robusthet, kreves det prosentvis økning iht. tabell 3.3 og figur 3.3 i NVE-veileder 1/2019, vist i Figur 5-8.

Prosentvis forbedring kan bare oppnås ved bruk av topografiske endringer og/eller ved bruk av lette masser. Dersom man velger å bedre området stabilitet ved grunnforsterkning, må en oppnå sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$ etter at sikringstiltaket er utført.

Kravet til prosentvis forbedring gjelder for alle skredmekanismer som kan berøre tiltaket, og gjelder for alle potensielle glideflater som før tiltak har lavere sikkerhet enn kravet. Ved særlig stor kompleksitet, spesielt ugunstige grunnforhold, utfordrende topografi og stor konsekvens, bør større forbedring vurderes.



Figur 5-8: Krav til prosentvis forbedring av sikkerhetsfaktorer. Figur hentet fra NVE-veileder 1/2019 [6].

5.4.2 Sikkerhetskrav for tiltakskategori K1

Kravet til sikkerhet oppfylles hvis tiltaket ikke forverrer stabiliteten. Erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket må forebygges.

Hvis tiltaket forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor på $F_{CU} \geq 1,40 \cdot f_s$ i udrenert tilstand og $F_{c\phi} \geq 1,25$ i drenert tilstand. Her er $f_s = 1,15$ og representerer sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekten i udrenerte beregninger.

5.4.3 Nivå på kvalitetssikring

Områdestabilitetsvurderingen som presentert i denne rapporten følger alle punktene i prosedyren beskrevet i NVE-veileder nr. 1/2019 [6] og det stilles derfor krav om uavhengig kvalitetssikring før endelig godkjenning av utredningen.

Asplan Viak er engasjert som uavhengig kontrollør for geoteknikk.

5.4.4 Skråninger utenfor influensområdet til tiltaket

Kravene til sikkerhet kan differensieres uavhengig av hvor tiltaket ligger i faresonen. NIFS-rapport 15/2016 [26] anbefaler at en skråning vurderes som upåvirket av tiltaket så lenge det ikke bygges i eller nær skråningen, det vil si at skråningen ligger utenfor influensområdet til tiltaket. Skråningens sikkerhet kan da vurderes på grunnlag av langtidsstabilitet ($F_{c\phi} \geq 1,25$), samt robusthet ($F_{CU} \geq 1,20$) mot mindre uforutsette spenningsendringer. Hvis tiltaket ligger i skråningen eller nær skråningstopp, kan ikke dette prinsippet benyttes.

NVE-veileder 1/2019 [6] legger til grunn at en skråning er utenfor influensområdet til tiltaket dersom tiltaket ligger i avstand større enn $2H$ bak fra skråningstopp (i ravine- og platåterreng), hvor H er total høydeforskjell av skråningen. Tiltak som ligger mer enn $2H$ bak skråningstopp vil ikke kunne initiere et fremover progressivt skred dersom bæreevnen ellers er tilstrekkelig. Hvis tiltaket ligger foran foten (i

utløpsområdet) av skråningen, ligger skråningen utenfor influensområdet til tiltaket dersom stabiliteten ikke forverres pga. f.eks. graving eller peleramming.

5.4.5 Sideveis utbredelse av skred

Et områdeskred kan utvikle seg både sideveis, bakover og fremover fra der overbelastningen skjer. Det finnes ikke grunnlag for å sette en grenseverdi for sideveis utbredelse av skred (utbredelse langssetter høydekotene), ifølge eksternrapport 9/2020 fra NVE [11]. I teorien er utbredelsen ubegrenset for en uendelig lang skråning med jevn topografi og homogene grunnforhold. I praksis vil sideveis utbredelse stoppe opp pga. topografiske begrensninger, som f.eks. raviner, lavere skråningshøyde, overgang til slakere terreng mm. Likedan kan begrenset utstrekning av kvikkleire, varierende sensitivitet, endret lagdeling, berg i dagen etc. stoppe videre utvikling av skred.

Ved avgrensning av løснеområde er det likevel nødvendig å vurdere sideveis utbredelse av et eventuelt skred. For å estimere sideveis utbredelse av et skred er det anbefalt å gjøre en samlet vurdering av terreng- og grunnforhold. Ved homogene forhold kan dette medføre svært brede faresoner.

5.4.6 Sikkerhetsfilosofi for fv.118 ny Sarpsbru-prosjektet

Det er vurdert at prosjektet har høy faregrad, se kap. 5.9.1. Kombinert med tiltakskategori K4 betyr dette at det for alle glideflater hvor det skal være en prosentvis forbedring så skal det oppnås vesentlig forbedring av stabiliteten.

For enkelte stabiliserende tiltak vil det være nødvendig å oppnå en forbedring som er enda høyere enn vesentlig forbedring. Dette fordi det planlegges utført omfattende grunnforsterkning innenfor planområdet. Under utførelsen av grunnforsterkningen vil stabiliteten i området reduseres midlertidig (det tillates ikke at sikkerheten reduseres i noen faser av prosjektet), grunnet oppbygging av poretrykk som kan bruke tid på å dissipere bort. Det vil derfor bli behov for at arbeidet foregår i flere faser hvor stabiliteten økes trinnsvis, og med svært tett oppfølging i byggefase med omfattende måleprogram. Topografiske tiltak før grunnforsterkningen må derfor være av et slik omfang at stabilitet i anleggsfasen aldri kommer under et nivå som tilsvarer «vesentlig forbedring» fra dagens situasjon.

Det gjøres oppmerksom på at aktiv erosjon kan utløse skred og må derfor vies særlig oppmerksomhet. Det er som en del av denne utredningen utført innledende erosjonsbefaring, se befaringsnotat 10245026-RIG-NOT-005 [21]. Det er et grunnleggende krav i NVE-veileder 1/2019 at all erosjon som kan påvirke stabiliteten skal stanses. For tiltakskategori K4 må erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket forebygges.

5.5 Steg 5: «Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løснеområde»

Ved utredning av fare for områdeskred er det viktig å identifisere hvilke skråninger som kan være kritiske for stabiliteten i området. Dette gjelder for de skråningene som det bygges i eller nært, men også for de skråningene hvor et initialskred kan utløses og utvikle seg bakover/sidevegs til et større skred som kan ramme tiltaket. Kritiske skråninger hvor det kan gå skred som medfører utløp mot tiltaket må også identifiseres.

I henhold til kapittel 4.2 i NVE-veileder nr. 1/2019 [6] skal det innledningsvis forutsettes at retrogressive skred kan forekomme. Potensielt størst mulig løснеområde skal avgrensnes basert på en maksimal lengde av løснеområdet tilsvarende 15 ganger skråningshøyden ($15 \times H$). Skråningshøyden H er definert som høyden av kritisk skråning målt fra skråningsfot, bekke- eller elvebunn, eller bunn av marbakken.

Det er identifisert flere kritiske skråninger som kan være kritiske for stabiliteten i området, samt at et skred kan berøre tiltaket. Tidlige vurderinger viser at det i alle skråningene ned mot Borregaard kan være sammenhengende lag med sprøbruddmateriale, samt at tiltaket er plassert innenfor 15xH fra skråningsbunn. Dette gjelder også for skråningene ned mot Glomma, samt skråningene ned mot industrisporet på Borregaard. Tiltaket ligger omkranset av alle disse skråningene, og skråningshøydene er stedvis høye (opp mot 20 m). Basert på dette er det vurdert at hele planområdet på Tarris befinner seg innenfor et mulig løснеområde, og at alle skråninger må vurderes som kritiske frem til stabilitetsberegninger er utført. Dette er i samsvar med utstrekning av eksisterende kvikkleiresone.

5.6 Steg 6: «Befaring»

Det er utført befaringer for å få oversikt over lokale forhold som har betydning for avgrensning av faresoner og for planlegging av grunnundersøkelser. Det er i tillegg utført befaringer i forbindelse med utførelsen av grunnundersøkelsene, for avlesning av poretrykksmålere, etter stormen «Hans» for å få et innblikk av effektene av en ekstremsituasjon, for vurderinger rundt pågående erosjon, samt i forbindelse med koordinering med Borregaard for planlegging av de geotekniske tiltakene i nærheten av næringsvirksomheten deres.

Befaringene har gitt kunnskap om topografi, erosjon og pågående bevegelser i enkelte skråninger iht. rapport utarbeidet av Norconsult angående brukstid for Sarpebruene [1]. Befaringene er utført ved flere årstider samt i etterkant av en ekstremværsituasjon. Det er registrert enkelte områder med berg i dagen under befaringer, men utover dette er det ikke gjort observasjoner som gjør det mulig å avgrense løснеområdet skissert i kapittel 5.8.2. Områder hvor det er registrert berg i dagen er illustrert på Figur 5-5.

I forbindelse med kartleggingen av erosjonsforholdene i raviner og langs vassdraget (Glomma/Jomfrudammen) både oppstrøms og nedstrøms Sarpsfossen, ble det utarbeidet et befaringsnotat 10245026-RIG-NOT-005 [21]. Feltregistreringer og observasjoner ved befaring viser «ingen» tegn til erosjon nedstrøms Sarpsfossen, at det er «litt» erosjon oppstrøms Sarpsfossen hovedsakelig på Tarris og lokal grøftetrasé på Hafslund, mens det er «noe» erosjon lokalt for rør både på Tarris og Hafslund oppstrøms Sarpsfossen. På bakgrunn av tidligere observasjoner fra flommen i 1995 og vurderinger av mulig grunnvannserosjon utført av NGI i etterkant av flommen, vurderes partiet nedenfor veifyllinga ut til Tarris å tilsvare «noe erosjon».

Basert på befaringsobservasjoner er behov for erosjonssikringstiltak generelt noe begrenset, og det er trolig tilstrekkelig med kun lokale tiltak ved de mest utsatte områdene (skader i/ved lokale rør og jordbruksdrenering på Tarris). Dette gjelder eksisterende terreng, slik at for eventuelle tiltak som plasseres i nærhet av, eller i elv/bekk/vassdrag, må erosjonssikring vurderes for selve tiltaket. Det vises til utarbeidet rapport fra hydrolog [27].

I det videre arbeidet vil det være nødvendig å vurdere behov for spesiell erosjonssikring. F.eks. etter storflommen i 1995 ble det utført erosjonsvurderinger og vurderinger rundt behov for spuntkonstruksjon nedenfor veifyllinga til St. Marie gate/Tarrisveien som erosjonssikring mot grunnvannserosjon. Slike sikringstiltak er utfordrende å vurdere basert på observasjoner uten at man er i en flomsituasjon. Slik erosjon kan beskrives som potensielt raskt utviklende erosjon uten tegn på forhånd, med svært store konsekvenser.



Figur 5-9: Bilde på erosjonsbefaring. Noe erosjon. Bilde tatt ved lokalt rør på Tarris og i området hvor det tidligere eksisterte en tømmerrenne. Foto: Multiconsult.



Figur 5-10: Bilde tatt på erosjonsbefaring. Litt erosjon. Bilde tatt mot sør-øst nede ved Glomma oppstrøms Sarpsfossen. Foto: Multiconsult.

5.7 Steg 7: «Gjennomfør grunnundersøkelser»

Grunnundersøkelsene er utført for å gi grunnlag for å bestemme løsmassenes lagdeling, for vurdering av aktuelle skredmekanismer og mer presis avgrensning av faresoner (løsne- og utløpsområder), inngangsparametere til faregradsevalueringen, og materialparametere til stabilitetsberegninger.

Grunnundersøkelsene er gjennomført i to omganger, én på land og én i Glomma, i forbindelse med detaljreguleringsplanen for fv. 118 ny Sarpsbru. For nærmere beskrivelse av de utførte grunnundersøkelsene vises det til den geotekniske datarapporten 10245026-RIG-RAP-001 [15].

Kvaliteten på utførte grunnundersøkelser er generelt vurdert som lav. De svært lagdelte massene, samt det høye sand- og siltinnholdet gjør det svært utfordrende å ta opp uforstyrrede prøver. Egenskapene til disse massene gjør også at det stedvis er utfordrende å utføre CPTU-sonderinger av høy kvalitet. For nærmere vurdering og gjennomgang av kvaliteten på de utførte grunnundersøkelsene vises det materialparameterrapporten, 10245026-RIG-RAP-004 [16].

5.8 Steg 8: «Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder»

5.8.1 Aktuelle skredmekanismer

Å identifisere en reel skredmekanisme er avgjørende for størrelsen på løsne- og utløpsområder, og gjøres i henhold til NVE-veileder nr. 1/2019 kapittel 4.5. I noen faresoner kan ulike skredmekanismer være aktuelle i ulike skråninger. Da er det nødvendig å kombinere vurderinger i flere skråninger for å avgrense et potensielt løsneområde. Flytskjemaet gitt i veilederen for vurdering av aktuell skredmekanisme er gjengitt i Figur 5-11. Flytskjema er benyttet for alle kritiske snitt som vurderes. Samlet, danner dette grunnlaget for å avgrense løsne- og utløpsområdet.

Vurdering av aktuell skredmekanisme er hovedsakelig basert på:

- Løsmasstype og lagdeling
- Sprøbruddsmaterialets omrørte fasthet, $C_{u,r}$ og flyteindeks I_L
- Sprøbruddsmaterialets beliggenhet i profil (dybde, mektighet og utstrekning)
- Andel sprøbruddsmateriale over den mest kritiske glideflaten (initialskredet): b/D , hvor b er dybden til sprøbruddsmateriale i forhold til dybden D av glideflaten under terreng.
- Terrengforhold i området
- Evt. tidligere skred i området

Et svært viktig moment i bestemmelsen av aktuelle skredmekanismer er mektigheten og plasseringen av sprøbruddsmateriale. Området som kontrolleres er stort og grunnforholdene er svært uoversiktlige, det gjør det utfordrende å fastslå en entydig lagdeling. Det er stedvis stor variasjon mellom nærliggende borpunkt, dette gjør det utfordrende å interpolere mellom borpunkt.

I de områdene hvor det er utført lite grunnundersøkelser er potensiell utstrekning av skredet antatt å være $15xH$ regnet fra skråningsfoten, iht. NVE-veileder 1/2019 kap. 3.2 [6].

En av de kritiske skråningene er ned mot Borregaard, i år 1702 gikk det her et stort antatt retrogressivt kvikkleireskred. Utfallet er synlig i dag med stedvis svært bratte skråninger fra Tarris og ned mot Borregaard. Hva som utløste skredet og hva som begrenset utstrekning er usikkert, men følgende står beskrevet i Klemsdal [18] sin skildring av Borregaardsskredet: *«Høsten 1701 hadde vært regnfull og vinteren hadde vært mild uten frost og tele i bakken. Etter at «Sarpetangen» var hevet over havet, hadde regnvannet sivet gjennom leiren ned til grunnvannet. Regnvannet hadde sakte og sikkert fjernet det meste av saltet som hadde bundet leirpartiklene sammen. Samtidig hadde bruken av området og markvannets og grunnvannets*

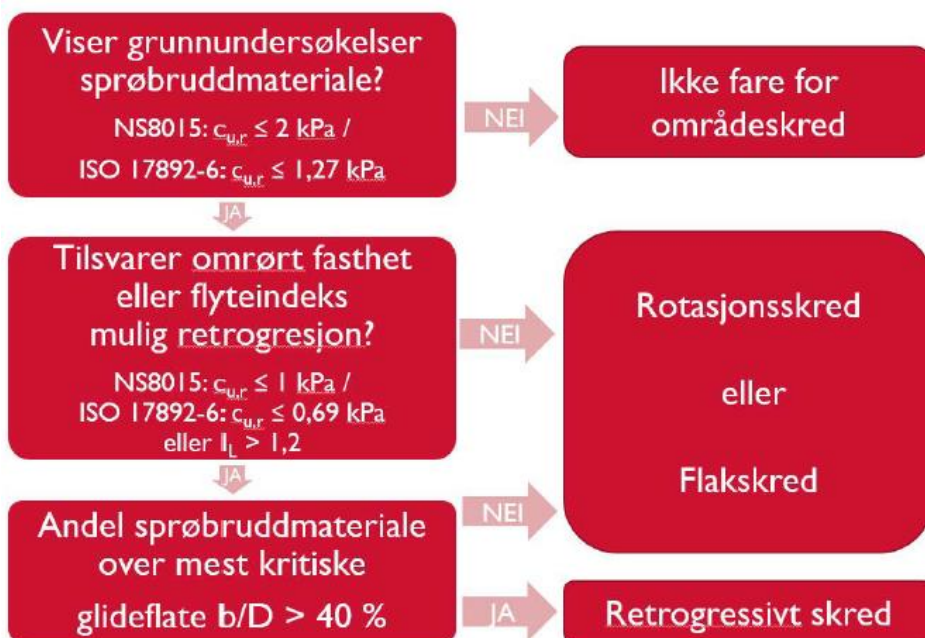
bevegelse gjennom leira ført til at leirpartiklene ble ordnet som parallelle leirpartikler. Leirklumpene og leirpartiklene mistet sammenbindingskreftene og ble kvikkleire. Bare en mindre ytre påvirkning skulle til for at leirmassene ville rase ut. En slik ytre påvirkning kunne være at elven gravde seg litt ekstra ned i leirmassene. En mindre utrasing nede ved elven ville føre til at ustabiliteten forplantet seg i kvikkleiren og raset ville gripe om seg lenger og lenger inn i leirmassene. Antagelig var det dette som skjedde natten mellom 14. og 15. februar i 1702». Videre står det at formen på rasgropa var nærmest pæreformet med et smalt utløp mot elva. Iht. kap. 2.4.1 i NVE-veileder 1/2019 [6] kan retrogressive skred utvikle seg til en pæreformet/flaskehalsformet skredgrop.

En ytterligere beskrivelse av Borregaardsskredet er presentert i Geovita sin rapport i forbindelse med stabilitetsvurderinger av skråningen ved Kokeriet [24]. Der står det at bredden ved utløpet var 70 m, høyden av bruddets sider var opp til 34 m, mens den gjennomsnittlige tykkelsen av det utglidde området var rundt 10-15 m. Geovita sin oppfatning var at dette var et typisk kvikkleireras, med en relativt trang port ut til elva, og stor utbredelse av raset innenfor porten. Geovita mener at et initialras har startet nede ved fossen, og at årsaken til initialraset kan være en kombinasjon av flere av følgende årsaker:

- Erosjon ved elvebredden av elva/fossen
- Menneskelige påvirkninger, f.eks. graving for tømmerrenner eller utfyllinger
- Sterk nedbør
- Tining

Deretter har det gått en serie med suksessive ras som gradvis har «spist» seg innover og ført til at det berørte området har blitt så stort i utbredelse [24].

Utførte grunnundersøkelser viser stedvis stor forekomst av kvikkleire og/eller sprøbruddsmateriale fra toppen av raskanten, og at retrogressiv bruddutvikling da kan forekomme.



Figur 5-11: Flytskjema for vurdering av aktuell skredmekanisme, iht. NVE-veileder 1/2019 [6].

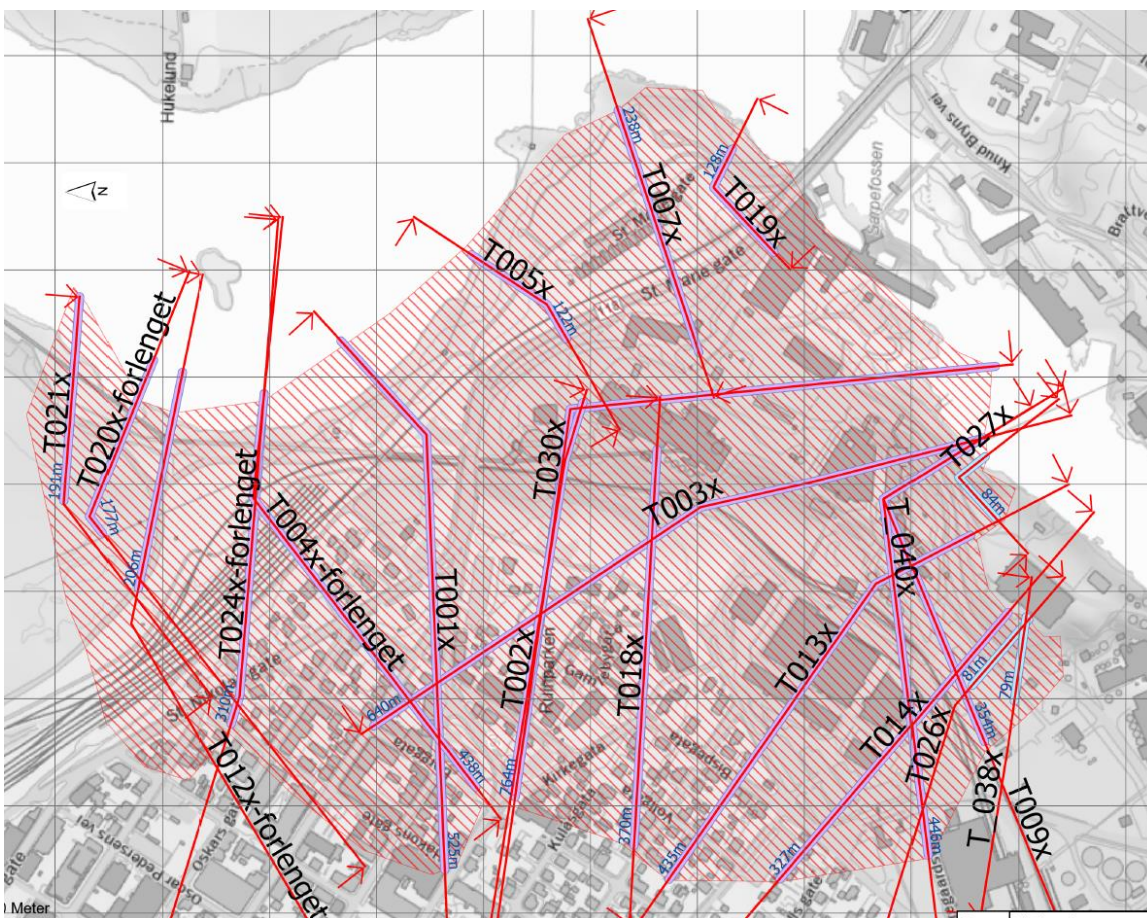
Figur 5-12 viser plassering av alle snittene som er tegnet for å bestemme mulige skredmekanismer og påfølgende lengde på løснеområde. Dette er også vist i vedlegg D. Merk at snittnummering på disse snittene skiller seg fra beregningsnittene som presenteres senere. Snittene er tegnet opp i Multiconsult sitt egenutviklede profiloppteigningsverktøy. Figur 5-13 og Figur 5-14 viser et eksempel på oppteigning av

snitt T004x, hvor det er vurdert at et initialskred vil kunne få en retrogressiv skredutvikling. Figur 5-15 og Figur 5-16 viser et eksempel på opptegning av snitt T038x, hvor det er vurdert at skredmekanismen vil være et rotasjonsskred. Alle snitt som ligger til grunn for bestemmelse av løснеområdet utstrekning er vist i vedlegg D.

Basert på tilgjengelig grunnlag er det funnet at majoriteten av snittene kan få en retrogressiv skredutvikling. I nord-vest er terrenghelning slakere enn 1:15, og det er derfor ikke fare for områdeskred. Nede på Borregaard, i skråningen bak vannverket, er det funnet at skredformen går fra å være retrogressiv til å bli et rotasjonsskred, og overgangen skjer ca. midt bak vannverket. Overgangen skyldes at b/D forholdet endres til å bli lavere enn 40%.

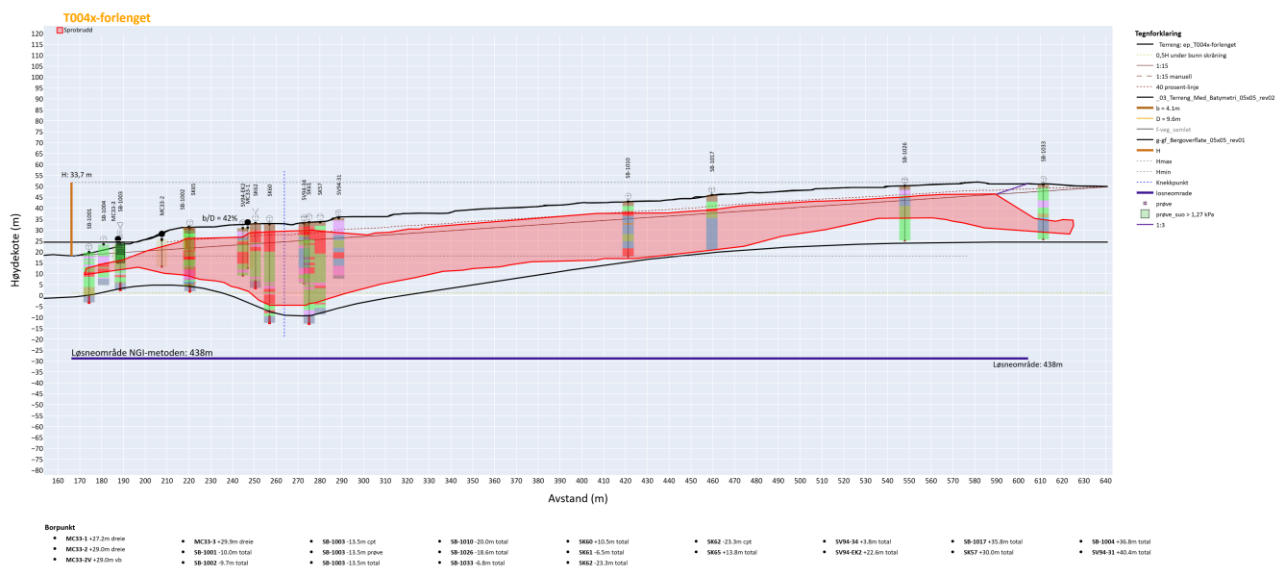
Ut mot Opsund-deponi er det antatt at det er en tilsvarende overgang, men det påpekes at grunnlaget er meget begrenset. Tidligere var området en del av Glomma og består i dag av fyllmasser av varierende kvalitet. Det er konservativt antatt at alle løsmasser som ligger lavere enn opprinnelig elvebunn kan være sprøbruddmateriale. Endringen i type skredmekanisme i dette området blir der b/D-forholdet basert på denne antagelsen er mindre enn 40% og at ett initialskred derfor ikke vil kunne ha en retrogressiv utvikling.

I etterkant av revisjon 00 av rapporten er det utført supplerende batymetri for å kartlegge elvebunnen langs området Opsund-deponi, i et område der det ikke er utført supplerende grunnundersøkelser. Utført batymetri viser en terrengutforming i Glomma brattere enn hva som først ble antatt. Det er utført oppdaterte beregninger med det nye grunnlaget. Basert på disse er en mer detaljert plassering av kritiske glideflaters beliggenhet lagt til grunn for å avgrense utstrekningen til løснеområdet. Dette resulterer i at utstrekningen og avgrensningen til løснеområdet blir noe redusert fra rev.00. Endringer i opptegnede terrengsnitt er oppsummert i tabell i vedlegg D.

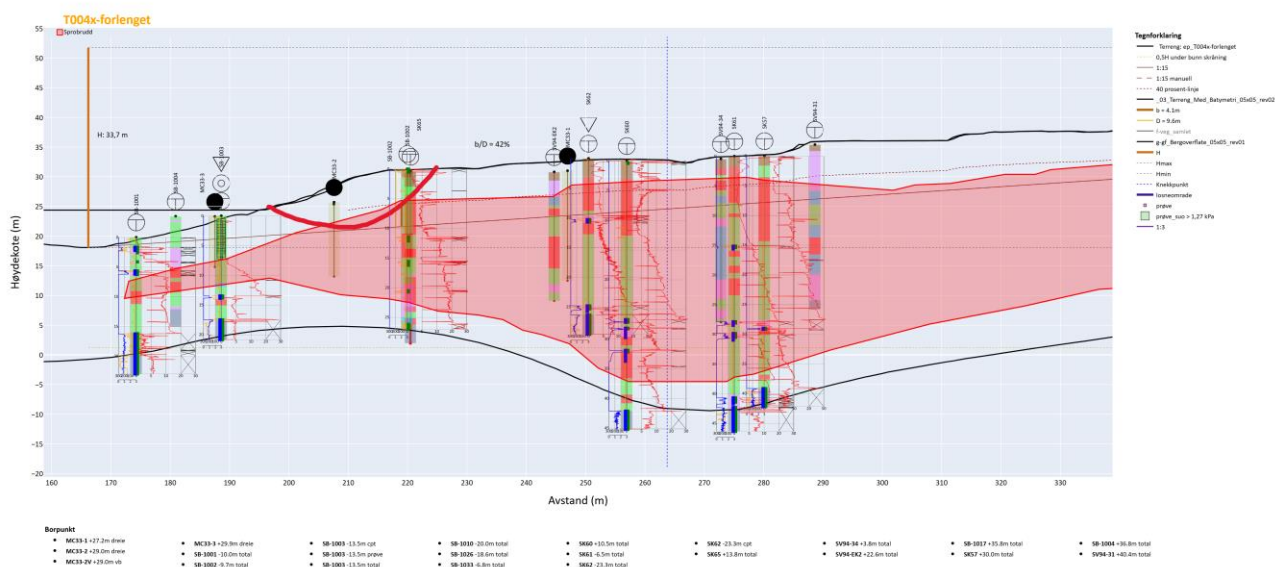


Figur 5-12: Oversiktskart over område Tarris. Snitt tegnet for å bestemme løснеområdet er tegnet i rødt, mens løснеområdet er tegnet i lilla eller lyseblått avhengig av vurdert skredmekanisme.

Det er også utført vurdering av skredmekanisme og løснеområdet avgrensning basert på kritiske glideflaters beliggenhet iht. utførte stabilitetsberegninger. I f.eks. snitt T004x, se Figur 5-13 og Figur 5-14, er det lagt til grunn beregninger i beregningsnitt BT002 der kritisk glideflate går ned mot ca. kote +21,0. Med en H = 33,7 m vurdert fra gjennomsnittshelning brattere enn 1:15, ville 1:15-linjen startet på kote ca. +15. Grunnet tolket beliggenhet av kvikkleirelaget er det begrenset hvor mye løsnemrådet blir begrenset som følge av dette.

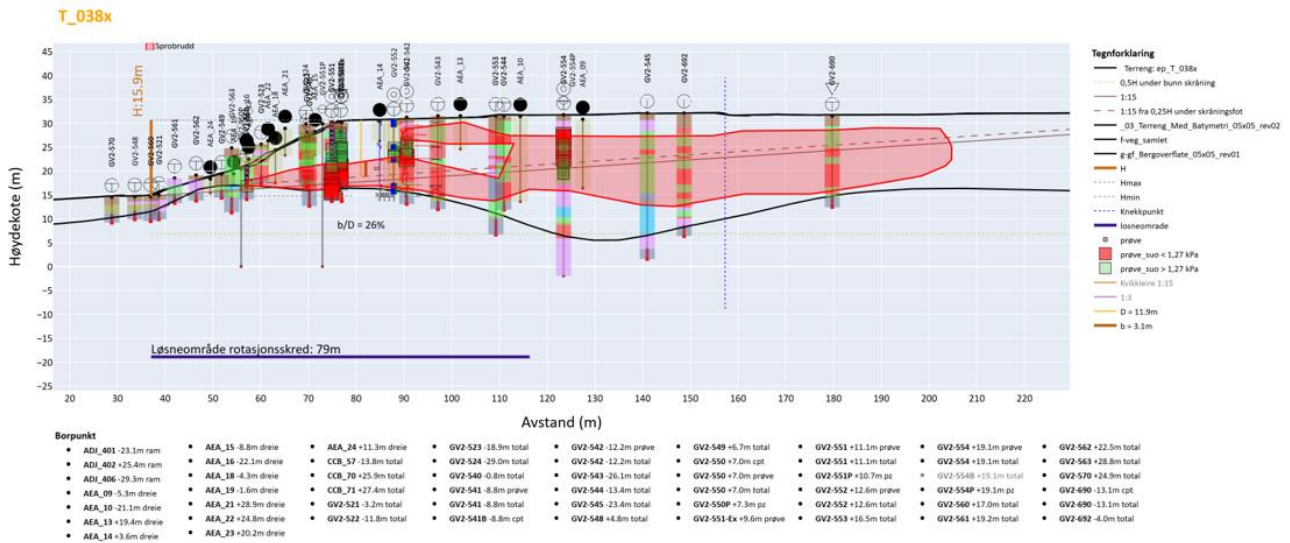


Figur 5-13: Utklipp av snitt T004x, brukt til å bestemme løsnemrådet. Det røde polygonet representerer løsmasser som kan ha sprøbruddegenskaper. Utklippet er tatt fra Multiconsult sitt egenutviklede profilopptegningsverktøy.

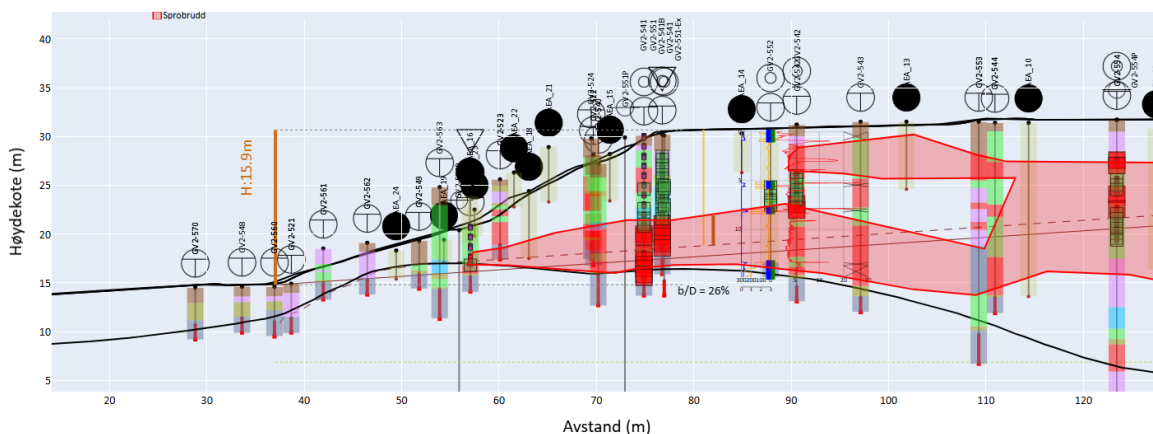


Figur 5-14: Utklipp av snitt T004x, zoomet inn på nederste del av skråningen med kritisk glideflate tegnet inn. Utklippet er tatt fra Multiconsult sitt egenutviklede profilopptegningsverktøy.

Områdestabilitet iht. NVE-veileder 1/2019 – Tarris



Figur 5-15: Utklipp av snitt T038x, brukt til å bestemme løsneområdet. Det røde polygonet representerer løsmasser som kan ha sprøbruddegenskaper. Utklippet er tatt fra Multiconsult sitt egenutviklede profilopptegningsverktøy.



Figur 5-16: Utklipp av snitt T038x, zoomet inn på nederste del av skråningen. Kontinuerlige prøveserier i skråningen kombinert med kort avstand mellom prøveseriene gjør at man kan trekke sprøbruddlaget lengere ned i skråningen. Dette gir $b/D=37\%$, og bruddmekanisme blir et rotasjonsskred. Utklippet er tatt fra Multiconsult sitt egenutviklede profilopptegningsverktøy.

Opptegning av løsneområdet er generelt basert på en antatt noe konservativ lagdeling. Det er påvist sprøbrudd og/eller kvikkleire i flere borpunkt i flere dybder over hele området, og grunnet de uoversiktlige grunnforholdene er det derfor flere steder valgt å tolke kvikkleirelaget som strekker seg over dybder i borpunkt der det ikke nødvendigvis er påvist sprøbrudd/kvikkleire, når det er påvist og/eller antatt sprøbrudd/kvikkleire over og under disse dybdene.

Med grunnundersøkelingsgrunnlaget denne rapporten baserer seg på og som følge av svært varierende grunnforhold, er utstrekningen av løsneområdet (lagdeling og bruddmekanisme) derfor stort sett antatt på en konservativ måte. Det er vurdert at det er mulighet for retrogressive skred, og løsneområdet er definert etter NGI-metoden. Dersom supplerende grunnundersøkelser tydelig viser at større lag og områder ikke inneholder kvikkleire og/eller sprøbruddsmaterialer, anbefales det at det utføres nye vurderinger av dette i videre prosjektering.

5.8.2 Avgrensning av løsneområde

Basert på vurderingene i forrige kapittel er løsneområdet avgrenset. Figur 5-17 viser det oppdaterte løsneområdet. Av figuren kan en se at hele planområdet er vurdert til å ligge innenfor løsneområdet. Løsneområdet er også vist på tegning RIG-TEG-001A, -001B og -003 i vedlegg C.

I etterkant av revisjon 00 er det utført supplerende batymetri i Glomma. Batymetrien er utført fra Olavsvollen og nordover opp langs området Opsund-deponi.

I etterkant av revisjon 01 er det gjort ytterligere vurderinger av sonens løsneområde. Det er konkludert med at sonen kan innskrenkes noe lengst nord-vest, dette begrunnes med en slak terrenghelning og lav skråningshøyde på initialskråningen. Videre påpekes det at sonens utbredelse anses å være konservativt vurdert. vurderes å ha en konservativ utbredelse.



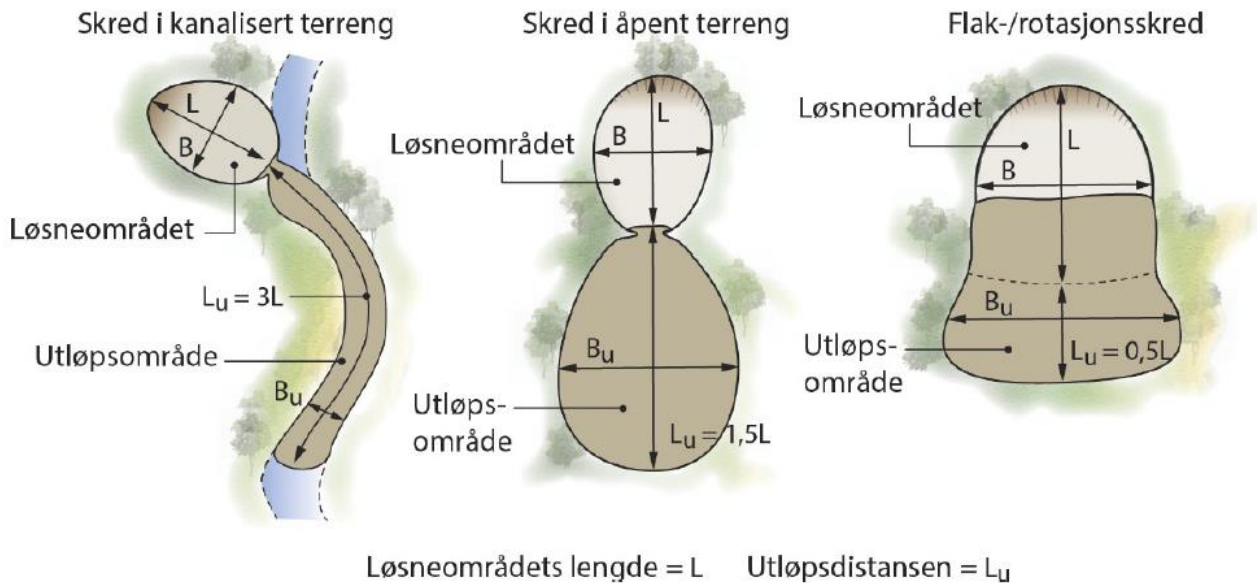
Figur 5-17: Oppdatert løsneområde for kvikkleiresone «Ruinparken». Se også vedlegg C.

5.8.3 Avgrensning av utløpsområde

Utløpsområdets omfang avhenger av typen skred som forekommer og de topografiske forholdene i selve utløpsområdet. Leiras materialeegenskaper og topografien i utløpsområdet er av stor betydning. Sensitivitet og omrørt skjærfasthet er de materialeegenskaper som har størst betydning. Utløpsområdets helning og graden av kanalisering er viktige topografiske faktorer. Det er også slik at et større skredvolum generelt gir større utløpsdistanse. Kapittel 4.6 i NVE-veileder nr. 1/2019 [6] angir følgende maksimale utstrekning for ulike skredtyper og topografier:

- Retrogressive skred i kanalisert terreng: $L_u = 3xL$
- Retrogressive skred i åpent terreng: $L_u = 1,5xL$
- Flaskred eller rotasjonsskred: $L_u = 0,5xL$

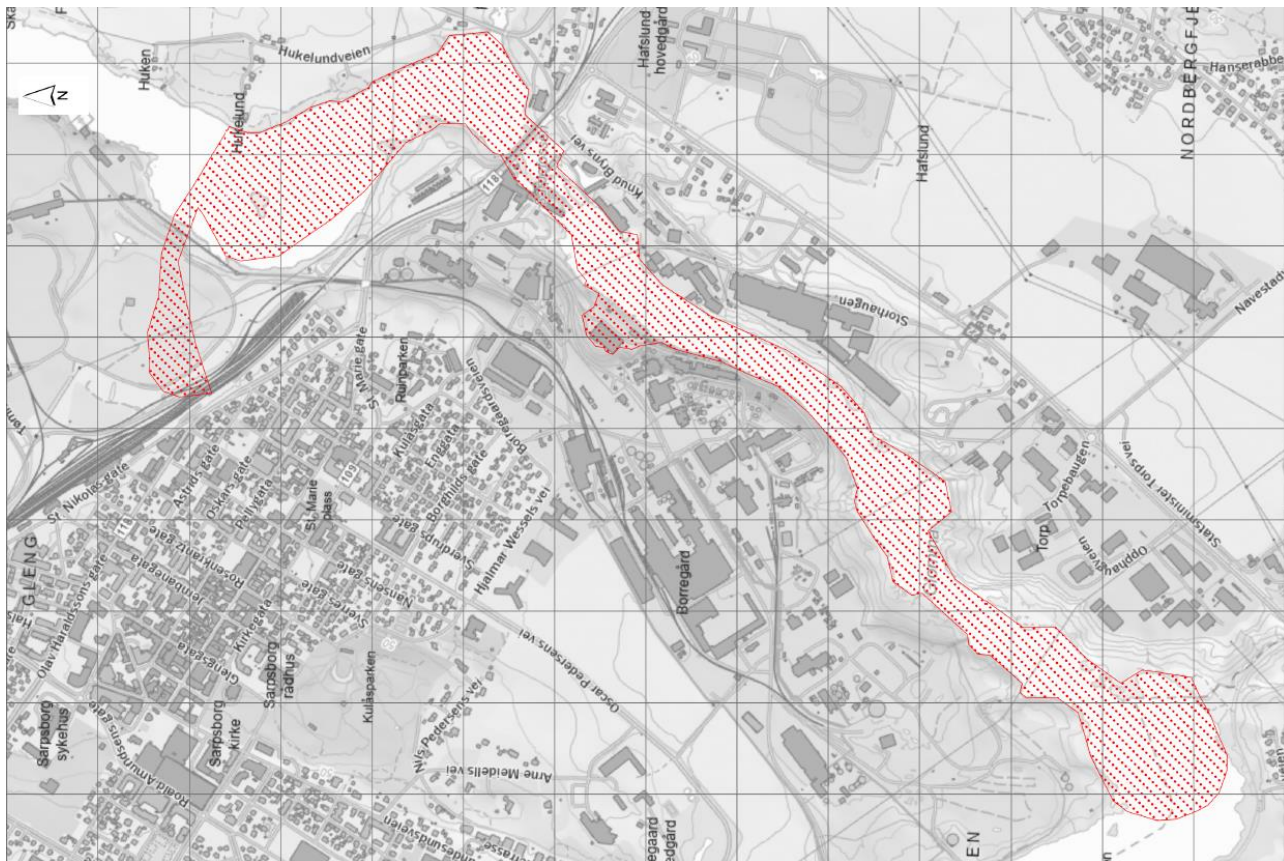
Hvor L er lengden av løsneområdet. Lengden av utløpsområdet regnes fra foten av skråningen som er kritisk for det aktuelle løsneområdet. Det må vurderes hvor stor bredde og mektighet skredmassene vil ha slik at man får avgrenset en utløpszone. Veilederen viser at bredden av utløpsområdet (B_u) i mange tilfeller vil tilsvare bredden av løsneområdet (B) når utløpet er i åpent terreng (dvs. $B_u \approx B$).



Figur 5-18: Sammenheng mellom løsneområdets lengde L , og utløpsdistansen L_u .

Den samlede vurderingen av utløpsområdet er vist i Figur 5-19, samt i vedlegg C. Et eventuelt skred vil kunne rase ut i Glomma, som klassifiseres som kanalisert terreng. Lengden på utløpsområdet er derfor tre ganger lengden ($3 \times L$) til løsneområdet. Vannføringen i Glomma er svært høy, og det kan derfor ikke utelukkes at rasmasser vil fraktes enda lengre ned elveløpet.

Basert på den supplerende batymetrien og oppdaterte beregninger rundt Opsund-deponi ble løsneområdet noe redusert. Som en følge av dette er også utløpsområdet noe redusert lengst nord i kvikkleiresonen.



Figur 5-19: Oppdatert utløpsområde for kvikkleiresone «Ruinparken». Se også vedlegg C.

5.9 Steg 9: «Klassifiser faresoner»

Løsne- og utløpsområdet for et potensielt områdeskred utgjør til sammen faresonen. NVE-eksternrapport nr. 9/2020, kapittel 4, gir føringer for klassifisering av faresoner for kvikkleireskred [11]. Evalueringen skal inneholde en evaluering av faregrad-, konsekvens- og risikoklasse med dagens situasjon som utgangspunkt. Utløpsområdet får samme faregrad som løsneområdet, og konsekvens skal vurderes samlet for løsne- og utløpsområde. Det er faregrad før utbygging som legges til grunn for vurdering av sikkerhetsnivå.

For tidligere klassifiserte faresoner skal klassifiseringen (faregrad og konsekvens) vurderes på nytt. Situasjonen kan ha endret seg pga. utførte inngrep, data fra nye kart/grunnundersøkelser, sonegrensene kan være endret eller utløp lagt til.

Faresonen er et antatt maksimalt løsneområde for et områdeskred. For sonen «Ruinparken» er det lite sannsynlig at hele sonen løsner dersom det går et initialskred innad i sonen. Muligens burde sonen vært inndelt i flere mindre soner, men dette har vist seg vanskelig. Det er derfor valgt å beholde sonen «Ruinparken» som én stor sone.

5.9.1 Faregradsklassifisering

Faregradsklassifisering gjøres med utgangspunkt i Tabell 5–2, hentet fra NVE-eksternrapport nr. 9/2020 [11]. Kvalitet og omfang informasjon fra grunnundersøkelser er noe varierende i sonen. Der det foreligger lite grunnundersøkelser er det gjort konservative antakelser i faregradsklassifiseringen. Dette gjelder særlig faktorer som OCR, poretrykk, kvikkleiremektighet og sensitivitet.

Faregraden skal bestemmes for antatt kritiske snitt i hver enkelt sone. Betegnelsen kritisk snitt gjelder her for det snittet som gir høyest poengscore etter Tabell 5-2 og ikke nødvendigvis snittet der den beregningsmessige sikkerheten er lavest. Det er utført faregradevaluering i 3 stk. snitt, hvor snitt BT004 gir

høyest sum, hovedsakelig på grunn av at det er registrert «noe» erosjon. Faregradsklassifiseringen for de to andre snittene BT016 og BT018 er vist i Vedlegg E, og plassering av snittene kan ses i vedlegg F. Som faregradsklassifiseringen i vedlegg E viser, er det stor variasjon innenfor den store faresonen, men det er antatt kritisk snitt i BT004 som er avgjørende. Plassering av snitt BT004 er også vist i Figur 5-20.

Faresonen plasseres i faregradsklasse «**Høy faregrad**» iht. Tabell 5-2.

Tabell 5-2: Faregradsklassifisering iht. NVE-eksternrapport nr. 9/2020 [11] for snitt BT004.

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score				Poeng
		3	2	1	0	Poeng
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	3
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 – 30	15 – 20	<15	0
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0 – 1,2	1,2 – 1,5	1,5 – 2,0	>2,0	2
Poretrykk: Overtrykk, kPa:	3	> +30	10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk	0
Undertrykk, kPa:	-3	> - 50	-(20 – 50)	-(0 – 20)		
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2 – H/4	<H/4	Tynt lag	6
Sensitivitet	1	>100	30 – 100	20 – 30	<20	3
Erosjon	3	Kraftig	Noe	Litt	Ingen	6
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen	6
Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten		
Sum		51	34	17	0	26
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %	50,9%
Faresonene fordeles i faregradsklasser etter samlet poengsum:						
Lav faregrad = 0 – 17 poeng						
Middels faregrad = 18 – 25 poeng						
Høy faregrad = 26 – 51 poeng						

Begrunnelse

- Skredaktivitet: Skredaktivitet skal vurderes siste ca. 100 år. De største skredene i områdene rundt er fra 1700- og 1800- tallet, men til gjengjeld har det vært svært omfattende skred. Det er også registrert flere mindre hendelser siste 100 år i nærliggende områder. Det er derfor vurdert å sette skredaktivitet til «høy».
- Skråningshøyde: Total skråningshøyde, sett bort fra jernbanefyllingen, er ca. 10m.
- OCR: Basert på CPTU-sonderinger vurderes OCR å være rundt 1,5 ved beregnet kritisk glideflate ved topp skråning.
- Poretrykk: Poretrykksmåler i NGI13-Z15 indikerer grunnvannstand ca. 1m under terreng, og videre under hydrostatisk poretrykksfordeling med dybden. Ved antatt kritisk glideflate tilsvarer dette hydrostatisk poretrykksfordeling i forhold til referanseverdi.
- Kvikkleiremektighet: Kvikkleiremektighet varierer over skråningen, men største mektighet er drøyt H/2 i dybdeintervallet som skal vurderes.

- Sensitivitet: Flere nærliggende prøver viser sensitivitet over 100, blant annet i SB-1065, SV91-91 litt sør for snittet og SB-1024 rett nord for snittet.
- Erosjon: Det er registrert «noe» erosjon ved befaring, iht. befæringsnotatet [21].
- Inngrep: Det er etablert jernbanefylling på topp skråning, og det er usikkerheter knyttet til mektigheten av denne. Det som er lagt til grunn i faregradsevalueringen i denne omgang er 4 m, men dersom jernbanefyllingen har større mektighet enn dette, vil faregrad-score øke med ytterligere 3 poeng. I tillegg til selve fyllingen, vil toglasten ha negativ innvirkning. Setter «noe» inngrep, som innebærer endring av topografi mellom 2 til 4 m, eller at skråningshelningen er økt med 10-20%.



Figur 5-20: Plassering av kritisk snitt BT004. Gul og oransje linje viser vurdert erosjon, henholdsvis «litt» og «noe» erosjon.

5.9.2 Skadekonsekvensgrad

Evaluering av skadekonsekvens og inndeling i skadekonsekvensklasser gjøres med utgangspunkt i Tabell 5-3 hentet fra kapittel 4.2 i NVE-eksternrapport nr. 9/2020 [11].

Evaluering av skadekonsekvens gjøres for hele faresonen, det vil si en samlet vurdering for løsne- og utløpsområdet.

Faresonen plasseres i skadekonsekvensklasse «Meget Alvorlig» iht. Tabell 5-3. Dette betyr at ved et eventuelt skred vil det være stor risiko for skade på mennesker eller tap av liv, eller meget store økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser.

Tabell 5-3: Evaluering av skadekonsekvens iht. NVE-eksternrapport nr. 9/2020 [11].

Faktorer	Vekt-tall	Konsekvens, score				Poeng
		3	2	1	0	
Boligheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen	12
Næringsbygg, personer	3	>50	10 – 50	<10	Ingen	9
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	3
Vei, ÅDT	2	> 5000	1001-5000	100-1000	<100	6
Toglinje, bruk	2	Person-trafikk	Gods-trafikk	Normalt ingen trafikk	Ingen	6
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	2
Oppdemning og flodbølge	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	6
Sum poeng		45	30	15	0	44
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %	97,8%
Faresonene fordeles i konsekvensklasser etter samlet poengsum:						
Mindre alvorlig = 0 – 6 poeng						
Alvorlig = 7 – 22 poeng						
Meget alvorlig = 23 – 45 poeng						

Begrunnelse

- Boligheter: Sonen strekker seg inn over et område med flere boligheter, hvor enhetene ligger tett. Samlet velges det konsekvens-score: **3**
- Næringsbygg, personer: Samlet vil sonenes løsne- og utløpsområde dekke store deler av eller hele Borregaard industriområde, dette er antatt å omfatte mer enn 50 personer. Samlet velges det konsekvens-score: **3**
- Annen bebyggelse: Borregaard industriområde er ansett som industri som kommer under storulykkeforskriften. Et skred som rammer Borregaard, kan føre til utslipp med potensielt enormt skadeomfang. Utløpsområdet inkluderer også Olavsvollen og middelalderbyen som er av stor historisk og kulturell betydning. Samlet velges det konsekvens-score: **3**
- Vei: ÅDT på dagens Sarpsbru er på ca. 22 000. Samlet velges det konsekvens-score: **3**
- Toglinje: Jernbanelinjen og jernbanebrua som går parallelt med Sarpsbrua har både gods- og persontrafikk. Samlet velges det konsekvens-score: **3**
- Kraftnett: Brudd på strømforsyninglinjer vil kunne få regionale konsekvenser iht. NVE-atlas [22]. Samlet velges det konsekvens-score: **2**
- Oppdemning og flodbølge: En oppdemning og ev. flodbølge som følge av et skred antas å kunne oversvømme områder med til sammen mer enn 5 boenheter. Samlet velges det konsekvens-score: **3**

5.9.3 Risikoklasser

Risiko vurderes i henhold til risikoklassene presentert i NVE-eksternrapport nr. 9/2020 [11] og som vist gjengitt i Tabell 5-4. Risiko er her beregnet som faregrads-score i prosent av maksimal-score multiplisert med skadekonsekvens-score i prosent av maksimal-score.

Tabell 5-4: Gjengivelse av inndeling i risikoklasser etter NVE-eksternrapport nr. 9/2020.

Risikoklasse	Tallverdi
1	0 – 170
2	171 – 630
3	631 – 1900
4	1901 – 3200
5	3201 – 10000

Risiko = faregrad x skadekonsekvens = $(26/51 \times 100\%) \times (44/45 \times 100\%) = 4985$

Faresonen plasseres i «**Risikoklasse 5**» iht. Tabell 5-4.

5.10 Steg 10: «Dokumentér tilfredsstillende sikkerhet»

Det skal utføres stabilitetsberegninger i kritiske snitt og sikkerheten skal dokumenteres iht. sikkerhetskravene gitt i NVE-veileder 1/2019 [6]. Tiltaket ligger innenfor en faresone, og det er gjort en vurdering av hvilke deler av faresonen som kan utgjøre en fare for tiltaket ved et ev. skred. Det er utført stabilitetsberegninger for alle skråninger som faller innenfor denne vurderingen.

Oversikt over plassering av utførte beregningssnitt er vist på Figur 5-21 og i vedlegg F.

5.10.1 Sikkerhetskrav og nivå på kvalitetssikring

Tiltaket er plassert i tiltakskategori K4. For tiltak som forverrer stabiliteten, stilles det krav til en absolutt sikkerhetsfaktor på $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ i udrenert tilstand og $F_{c\phi} \geq 1,25$ i drenert tilstand. Her er $f_s = 1,15$ og representerer sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekten i udrenerte beregninger. Absolutt sikkerhetsfaktor for udrenert tilstand blir da $F_{cu} \geq 1,61$.

For tiltak som ikke forverrer stabiliteten er kravet til sikkerhet på $F_{cu} \geq 1,40$ i udrenert tilstand og $F_{c\phi} \geq 1,25$ i drenert tilstand. Dersom beregnet sikkerhet er lavere, kreves det prosentvis økning basert på faregrad og beregnet sikkerhet.

For skråninger i faresonen som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, gjelder krav til sikkerhet $F_{c\phi} \geq 1,25$ i drenert tilstand, samt krav til robusthet $F_{cu} \geq 1,20$ i udrenert tilstand. Ved lavere sikkerhet og/eller robusthet skal F_{cu} og $F_{c\phi}$ økes prosentvis iht. tabell 3.3 og figur 3.3 i NVE-veileder nr. 1/2019 [6].

For glideflater som berører jernbanen (Østfoldbanen) stilles det krav til ikke forverring eller absolutt sikkerhetsfaktor $F \geq 1,60$, iht. Bane Nor tekniske regelverk for vedlikehold [28] og prosjektering [29].

5.10.2 Analysemetoder

Sikkerheten mot utglidning av en skråning skal bestemmes både for dagens situasjon, og i situasjonen under og etter tiltak. Dette skal dokumenteres i kritiske snitt i faresonen for alle skredmekanismer som er vurdert aktuelle.

Kravet til sikkerhetsfaktor for langtidsstabilitet, $F_{c\phi}$ forholder seg til en ren *effektivspenningsanalyse* hvor alle lag modelleres med effektivspenningsparametere a og ϕ , alternativt c' og ϕ .

Kravet til sikkerhetsfaktor for korttidsstabilitet, F_{cu} forholder seg til en *totalspenningsanalyse* (udrenert analyse) hvor de jordlag som viser en grad av sprøbruddoppførsel modelleres med udrenert fasthet, og andre materialer modelleres med effektivspenningsparametere.

Det er utført beregninger for både total- og effektivspenningsanalyser. Totalspenningsanalyser er utført med ADP-metode. Beregningene er utført i stabilitetsprogrammet GeoSuite Stability, versjon 24.0.8.0.

Skråninger som ligger utenfor influensområdet til tiltaket kan vurderes på grunnlag av langtidsstabilitet (drenert beregning ved effektivspenningsanalyse), i tillegg til et krav til robusthet mot mindre uforutsette spenningsendringer.

I tillegg til GeoSuite-beregninger er det utført Plaxis-beregninger for utvalgte snitt og støttesnitt på Tarris. Plaxis er et velegnet elementmetodeprogram (FEM) for å utføre stabilitetsberegninger. Beregningene er utført i Plaxis 2D, versjon 2024.2.0.1144. Bakgrunnen for at det er benyttet Plaxis 2D er i all hovedsak for dimensjonering av jetpeler som sikringstiltak både mot Glomma og Borregaard, for å kunne vurdere deformasjoner mot eksisterende jernbane i forbindelse med sikringstiltakene, og for å verifisere sikringstiltak med støttefylling nede ved Orkla-bygget. For resultater fra Plaxis-beregningene vises det til vedlegg L.

5.10.3 Lagdeling

Lagdelingen er generelt basert på tolkninger av de utførte grunnundersøkelsene presentert i GOM [19]. Det er valgt å ikke dele opp leirelagene i leire med sprøbruddsoppførsel og leire uten. Leiren deles heller opp basert på tydelige skiller i materialparametere. Det er også inkludert lag med friksjonsmasser der man kan se et tydelig gjennomgående lag. Bakgrunnen for denne forholdsvis enkle lagdelingen er at den faktiske lagdelingen er meget kaotisk, slik at for å kunne utføre beregninger er det nødvendig å forenkle lagdelingen.

En typisk lagdeling er derfor;

1. Topplag av tørrskorpe/fyllmasser
2. Leire (kalt kohesjonsmaterialer)
3. Berg

Bruddmekanismer

I prosjekteringsforutsetningene [12] åpnes det for at det for stedlige masser kan gjøres særskilte vurderinger av bruddmekanismer. På grunn av stor variasjon i grunnforhold er det valgt å være konservativ i både lagdeling og ved valg av aktuell bruddmekanisme, det er derfor generelt valgt «sprøtt brudd». Dette begrunnes med at det i denne fasen er nødvendig å regulere tilstrekkelig arealer for stabiliserende tiltak. Hvis supplerende grunnundersøkelser tydelig viser at større lag og områder ikke inneholder kvikkleire og/eller sprøbruddmaterialer, anbefales det at det utføres nye vurderinger av dette i videre prosjektering.

5.10.4 Laster

Det vises til prosjekteringsforutsetningene, 10245026-RIG-RAP-003 [12]. Laster og størrelse på lastene vil vurderes og begrunnes for der det er aktuelt i kapittel 5.10.7. Generelle laster er presentert i Tabell 5-5.

Generelt er trafikk- og terrenglaster inkludert i de beregningssnitt hvor det er vurdert å være av betydning for beregnet sikkerhetsfaktor. Selve bruaksene fundamenteres med peler til berg eller direkte på berg. Det er derfor ikke aktuelt med fundamentlaster i stabilitetsberegningene.

Generelt er det ikke inkludert last fra boligbygg. For industribygg på Borregaard har Multiconsult fått oversendt en oversikt over fundamenteringsmetoder av byggene, fra Geovita. For enkelte industribygg er det gjort eksterne vurderinger for å bestemme lastene.

Tabell 5-5: Karakteriske og dimensjonerende laster benyttet i stabilitetsberegninger.

Type last	Karakteristisk last	Lastfaktor	Dimensjonerende last
Trafikklast vei	15 kPa	1,3	19,5 kPa
Trafikklast gang- og sykkelvei	10 kPa	1,3	13 kPa
Toglast Østfoldbanen	110 kN/m / 2,5m =44 kPa	1,3 x 1,33*	76,1 kPa
Toglast industrispor**	110 kN/m / 2,5m =44 kPa	1,3	57,2 kPa
Sekundærspor***	90 kN/m / 2,5m = 36 kPa	1,3 x 1,33*	62,3 kPa
Inntaksstasjon	78 kPa	1,3****	84,9 kPa
Andel Fyrhus	85 kPa	1,3****	97,9 kPa

* α -faktor, skal benyttes for Østfoldbanen, α -faktor=1,33.

** Det er usikkert hvor store laster som går på industrispor til Borregaard, det benyttes derfor vanlig jernbanelast uten α -faktor.

***Sekundærspor er der det man har flere jernbanespor tett inntil hverandre, sekundærsporet blir definert som sporet lengst bort fra kritisk glideflate. Last for sekundærspor benyttes også for hensetningsspor.

****For variable laster (nyttelast og snølast).

5.10.5 Grunnvannstand og poretrykksforhold

Grunnvannstanden og poretrykksforholdene i beregningene er basert på poretrykksmålinger i området. Det vises til materialparameterrapporten, 10245026-RIG-RAP-004 [16] og vedlegg I.

Det er få snitt som har poretrykksmålere, og der det finnes poretrykksmålere er det maksimalt målere i to dybder (foruten enkelte snitt på Borregaard som har flere), som kun gir en indikasjon på om det er over- eller undertrykk, og gjør det vanskelig å estimere grunnvannstand.

5.10.6 Jordparametere

Det er generelt begrenset (men tilpasset) omfang grunnundersøkelser for detaljreguleringsplanen, og krevende laginndeling i området. For stabilitetsberegningene er det gjort nødvendige forenklinger i vurderingen av materialparametere. Gitt problemstillingenes konsekvens og usikkerhet er dette gjort mot konservativ side. Dette er i henhold til standardenes krav og anbefalinger

Effektivspenningsparametere

Tørrskorpelaget og forvitringssonen modelleres som et drenert $\alpha\phi$ -materiale, enten man ser på drenert eller udrenert tilstand. I tørrskorpe benyttes parameterne $\phi=30^\circ$ og $a=0$ kPa. Dette antas konservativt og tar høyde for mulig vannfylte sprekker i tørrskorpelaget, og er iht. anbefalinger i NVE-veileder 1/2019 [6]. For dypereliggende løsmasser benyttes det resultater fra spesialforsøk der dette foreligger. Hvis det ikke foreligger spesialforsøk benyttes det erfaringsverdier fra andre forsøk i området, eller så benyttes erfaringsverdier og empiriske minimumsverdier fra Statens vegvesen Håndbok V220 [30].

Gjennomgang av utførte grunnundersøkelser og nærmere begrunnelse for valg av styrkeparametere er gitt i materialparameterrapporten 10245026-RIG-RAP-004 [16]. Grunnlag og tolkning for valg av materialparametere som ikke er inkludert i materialparameterrapporten er presentert i vedlegg I.

Totalspenningsparametere

NIFS-rapport 77/2014 [31] anbefaler at ved tolkning av aktiv skjærfasthet (c_{uA}) skal følgende prioritering legges til grunn:

1. Treaksialforsøk
2. CPTU-tolkning
3. Erfaringsverdier (SHANSEP)
4. Vingebor, enaks og konus

Grunnlag og tolkning for valg av materialparametere som ikke er inkludert i materialparameterrapporten er presentert i vedlegg I. Gjennomgang av utførte grunnundersøkelser og nærmere begrunnelse for valg av styrkeparametere er gitt i materialparameterrapporten 10245026-RIG-RAP-004 [16]. Grunnlag og tolkning for valg av materialparametere som ikke er inkludert i materialparameterrapporten er presentert i vedlegg I. Hvilket grunnlag som er benyttet er nærmere beskrevet i gjennomgangen for hvert snitt i kapittel 5.10.7.

Enaks og konus:

Verdier for c_{uuc} og c_{ufc} fra rutineundersøkelser på opptatte prøver (henholdsvis enkelt trykkforsøk og konusforsøk) er i våre vurderinger betraktet som verdier for direkte skjærfasthet, c_{uD} .

Treaksialforsøk:

Udrenert skjærfasthet fra aktive treaksialforsøk anses i våre vurderinger som verdier for aktiv skjærfasthet, c_{uA} . Karakteristiske verdier (c_{uA}) tas ut ved «peak»-poretrykk eller ved tøyning 2,0 %.

CPTU-sonderinger:

For bestemmelse av udrenert skjærfasthet er CPTU-sonderinger korrelert iht. empiriske baserte tolkningsfaktorer. For bløte, finkornige masser med relativt homogene forhold betraktes tolkning av CPTU på poretrykksbasis normalt som den mest egnede metoden.

Kvaliteten på trykksonderinger (CPTU) som skal benyttes til bestemmelse av fasthetsparametere, bør tilfredsstillende anvendelsesklasse 1, i samsvar med kap. 5 i NGF-melding nr. 5 [32]. Dersom en lavere anvendelsesklasse oppnås, skal kvalitet og bruk av tolkede materialegenskaper vurderes ut fra dette. Prøver som det utføres laboratorieundersøkelser på bør være av god kvalitet.

Prinsipper for tolking av c_{uCPTU} fra CPTU-sonderinger er nærmere beskrevet i materialparameterrapporten 10245026-RIG-RAP-004 [16]. Tolket udrenert skjærfasthet fra CPTU-sonderinger anses i våre vurderinger som verdier for aktiv skjærfasthet c_{uA} .

SHANSEP-prinsippet:

Udrenert skjærfasthet er nært relatert til in-situ effektivspenninger og leiras overkonsolideringsgrad. Udrenert skjærstyrke øker med økning i effektivspenning. Denne økningen er avhengig av overkonsolideringsgraden. SHANSEP-tilnærmingen er benyttet for å etablere c_u -profil der hvor det ikke foreligger CPTU-sonderinger, eller kvaliteten på CPTU-sonderingene er for lav. Det henvises til materialparameterrapporten 10245026-RIG-RAP-004 [16] for en nærmere beskrivelse av SHANSEP-prinsippet.

Anisotropifaktorer

Multiconsult har ikke utført parallelle aktive- og passive- treaksialforsøk for vurdering av anisotropiforhold. Anisotropiforholdet er derfor vurdert ut fra «omforent anbefaling» i NIFS-rapport nr. 14/2014 [33], gjengitt i Tabell 5-6. Tabell 5-6

Tabell 5-6: Omforent anbefaling av anisotropifaktorer (ADP-faktorer), hentet fra NIFS-rapport nr. 14/2014 [33].

I_p	S_{UD}/S_{UA}	S_{UP}/S_{UA}
$I_p \leq 10\%$	0,63	0,35
$I_p > 10\%$	$0,63 + 0,00425 * (I_p - 10)$	$0,35 + 0,00375 * (I_p - 10)$

Resultater for IP-forsøk for opptatte prøver viser at leiren generelt er lite plastisk, med noen innslag av middels plastisk og enkelte prøver som klassifiseres som meget plastisk. Det er ikke funnet noen klar sammenheng mellom prøvene som klassifiseres som middels og meget plastiske.

Følgende anisotropiforhold er derfor generelt benyttet for alle kohesjonsmaterialer:

$$\frac{C_{uD}}{C_{uA}} = 0,63$$

$$\frac{C_{uP}}{C_{uA}} = 0,35$$

På Borregaard har NGI og COWI utført grunnundersøkelser i regi av Geovita og Borregaard. I enkelte borpunkt er det utført både aktive-, direkte- og passive- treaksialforsøk. I slike tilfeller kan det benyttes justerte anisotropifaktorer. Dette vil i så fall diskuteres i de aktuelle beregningene i vedlegg J og K.

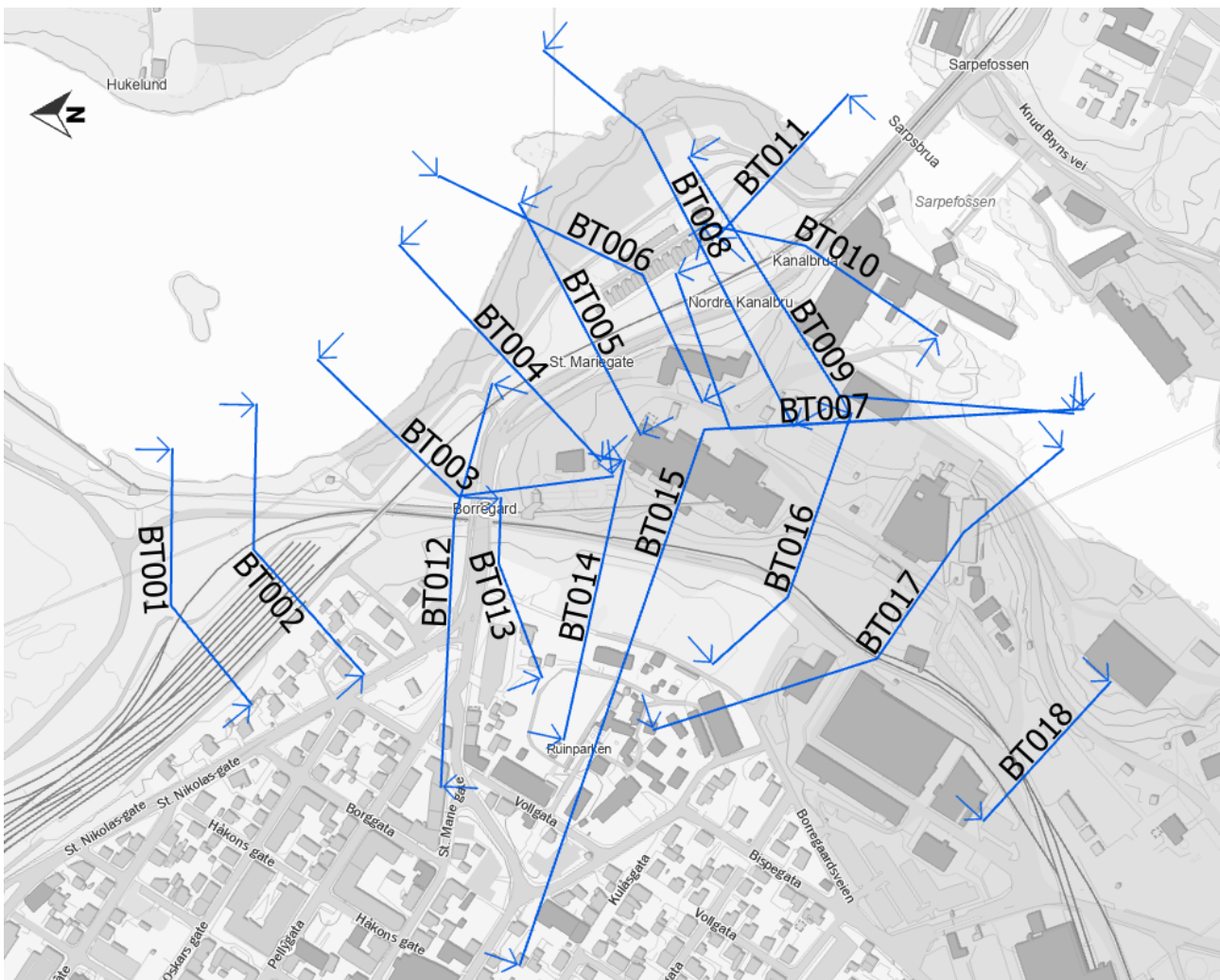
5.10.7 Stabilitetsberegninger

Dagens situasjon

Det er utført både drenert- og udrenert- analyse av samtlige snitt, av både sirkulære og sammensatte glideflater.

Stabilitetsberegningene kan ses i vedlegg H, og et oversiktskart som viser plassering av alle beregningsnitt er vist på Figur 5-21, samt i vedlegg F. Laveste beregnede sikkerhetsfaktor for de antatt kritiske snittene er oppsummert i Tabell 5-7 I vedlegg J er det gitt en gjennomgang av beregningene for hvert enkelt beregningsnitt.

Flere av skråningene er bratte, dette gjør at beregningsprogrammet finner svært grunne glideflater med lav sikkerhet. Enkelte glideflater er derfor tvunget til å gå dypere slik at beregningene ikke viser et overflatebrudd.



Figur 5-21: Oversiktskart over område Tarris med lokasjon av utførte beregningsnitt.

Tabell 5-7: Beregnet sikkerhet for dagens situasjon.

Snitt	Sikkerhet for dagens situasjon	
	Udrenert analyse, F_{cu}	Drenert analyse, $F_{c\phi}$
BT001*	1,25	1,50
BT002*	1,15	1,28
BT003 (Borregaard)	1,18	1,50
BT003 (Glomma)	0,98	1,60
BT004 (Borregaard)	0,98	1,62
BT004 (Glomma)	0,98	1,64
BT004 (svakt lag-Borregaard)	0,80	1,62
BT004 (svakt lag Glomma)	0,93	1,64
BT005	1,03	0,95
BT006 (Borregaard)	1,00	1,02
BT006 (Glomma)	1,57	2,13
BT007	1,21	1,43
BT008 (Borregaard)	0,97	1,47
BT008 (Glomma)	1,58	1,31
BT009	0,98	1,13
BT010	1,29	1,40
BT011	1,54	1,07
BT012 (mot vest)	1,18	1,26
BT012 (mot øst)	1,22	1,53
BT013*	1,28	1,27
BT014*	0,98	1,02
BT015 (nedre skråning)*	1,74	2,29
BT015 (øvre skråning)*	1,11	1,40
BT016*	1,23	1,33
BT017*	1,18	1,22
BT018*	1,13	1,45

* Snittet ligger trolig utenfor influensområdet til tiltaket og således gjelder krav til langtidsstabilitet og robusthet med $F_{c\phi} \geq 1,25$ og $F_{cu} \geq 1,20$. Krav til sikkerhet vil i tillegg være avhengig av hvor ev. riggområder, gang-/sykkelveier og lignende kommer.

Beregninger for dagens situasjon er presentert i og beskrevet i henholdsvis vedlegg H – Stabilitetsberegninger og vedlegg J – Beregninger dagens situasjon.

Utførte beregninger viser at det er behov for stabiliserende tiltak i flere av snittene. Utstrekning og størrelse på tiltakene er foreslått videre. Utredningen er gjort i forbindelse med prosjektets

detaljreguleringsfase og presenterte sikringstiltak er hovedsakelig foreslått for å dokumentere gjennomførbarhet og oppnåelse av tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred i henhold til krav i gjeldende regelverk. Vurderingene som er gjort er basert på foreliggende grunnlag og foreslått utforming av tiltak. Det påpekes at det likevel må forventes vesentlige endringer på utforming av tiltak og anvendt metodikk i videre prosjektering. Det anses å være et stort behov for ytterligere grunnlag for å kunne prosjektere løsninger - Blant annet i form av grunnundersøkelser, forsøksfelt og måleprogram.

Stabiliserende tiltak

Nødvendige stabiliserende tiltak for å oppnå sikkerhetskravene for de enkelte snittene og tilhørende glideflater er presentert og beskrevet i henholdsvis vedlegg H – Stabilitetsberegninger og vedlegg K – Beregninger med stabiliserende tiltak.

På Tarris er det behov for omfattende geotekniske tiltak for å sikre stabiliteten i alle faser av prosjektet. Dette er spesielt utfordrende da utførte grunnundersøkelser og tilhørende vurderinger viser at stabiliteten i dagens situasjon for en stor del anses å være for lav. Dette gjelder spesielt for skråninger fra Tarris og ned mot Borregaard og Glomma, men det er også gjeldende for skråninger utenfor influensområdet til tiltaket både ved Opsund-deponi og for skråninger inne på Borregaard sitt industriområde. Det legges derfor opp til en fremgangsmåte der stabiliteten hele tiden skal forbedres i forhold til dagens situasjon. Dette gjøres ved bruk av støttefylling, avlasting, jetpeler og støttekonstruksjoner. Ny gang- og sykkelvei skal generelt legges i skjæring, der den ikke legges i skjæring må det sørges for kompensert fundamentering ved bruk av lette masser, eller så må den legges oppå jetpelene. Deler av arbeidene forventes å måtte utføres uten trafikk på jernbanesporet. Det er derfor viktig at det legges en detaljert fremdriftsplan, slik at fremtidige togbrudd kan utnyttes optimalt. I det påfølgende er det gitt en kort beskrivelse av hovedtiltakene.

Støttefylling ved Olavsvollen og ved tidligere tømmerrenne. Støttefylling etableres fra bunn av skråningen i området nordvest for Olavsvollen. Etableres i Glomma med tilførte steinmasser. Utføres trinnvis med noe liggetid og lagvis utlegging. Eventuell brukes lekter ved utlegging. Støttefylling ved tømmerrenna kan sannsynligvis utføres fra land. På Tarris vil det også være behov for noe avlastning for å øke stabiliteten for lokale og lange glideflater mot Glomma og Borregaard.

Etablering av anleggsvei under jernbanespor (undergang) fra fylkesveien krever at det utføres noe masseutskifting og avlasting langs skråningskant. Det etableres samtidig tiltak for å hindre erosjon gjennom veifyllingen.

Sikringstiltak mellom spor og Glomma utføres ved grunnforsterkning med bruk av jetpeler i et strekke på ca. 160 m fra Olavsvollen til bruakse 4. Jetpelene er dimensjonert i Plaxis 2D og antas å måtte utføres i periode uten trafikk på spor. Det vil være behov for avlasting av terreng før selve grunnforsterkningsjobben påbegynnes, og disse arbeidene antas å måtte utføres i periode uten trafikk på spor. Etter grunnforsterkningen skal det tilbakefylles mot spor før trafikken på spor igangsettes igjen.

For å sikre krav om absolutt sikkerhet og robusthet/langtidsstabilitet er det behov for tiltak i skråningene langs Borregaards industrispor. Dette omfatter hovedsakelig terrengavlasting i områdene ved Ruinparken, og langs fv. 118 ved akse 1 og 2. I tillegg til det bli behov for en midlertidig spuntkonstruksjon langs fv.118.

Ned mot Borregaard vil nye bruakser og eksisterende jernbane sikres med utstrakt bruk av støttefyllinger. I anleggsfasen skal fylkesveien legges om mot Borregaard på støttefyllingen. På grunn av plassforhold og for å sikre tilstrekkelig stabilitet vil det bli behov for bruk av spuntkonstruksjon, jetpeler og støttemur. Byggene i St. Marie gate 2 og deler av «Orklabygget» (tidligere papirfabrikk) må rives før støttefyllingen etableres.

Deler av sikringstiltakene (støttefyllinger, støttekonstruksjoner og jetpeler) nede på Borregaard er planlagt i områder som benyttes av Borregaard i den daglige driften, spesielt områdene ved modningssiloene og kokeriet. Sikringstiltakene må i en senere fase optimaliseres og i så stor grad som mulig tilpasses

Borregaard sine plassbehov, samtidig som sikringstiltakene oppfylder krav til stabilitet/sikkerhet mot områdeskred. Det er særs viktig at det tas hensyn til nødvendig sikkerhet/HMS, beredskap, drift og vedlikehold inne på Borregaard. Borregaards arealer, samt noe tilstøtende arealer, er gjenstand for storulykkerisiko. Det må derfor påses at sikringstiltakene ikke er til hinder for beredskapen på Borregaard, både i anleggsfase og i endelig fase, samt at arbeidene og utførelsen av sikringstiltakene tar hensyn til storulykkeforskriften. Borregaard har mye eksisterende og kostbar infrastruktur i bakken, deriblant under planlagte sikringstiltak. Denne infrastrukturen må kartlegges i detalj (mangelfullt grunnlag), og trolig blir det behov for omlegging og sikring av eksisterende infrastruktur i forkant av arbeidene med de geotekniske tiltakene. Tilkost og anleggsgjennomføring må detaljeres og planlegges godt i samarbeid med Borregaard, og i forbindelse med anleggsfasen vil det trolig kunne bli behov for lokale sikringstiltak inne på Borregaard sitt industriområde. Sikringstiltakene som foreslås i denne revisjonen er vurdert til å være av et større omfang, og det kan derfor være rom for optimaliseringer av tiltakene. Dette må vurderes i senere faser etter hvert som grunnlaget i form av supplerende grunnundersøkelser, måleprogram og forsøksfelt, vil kunne bidra til å redusere omfanget av nødvendige sikringstiltak.

På Borregaards område ligger det enkelte skråninger et godt stykke utenfor influensområdet for tiltaket, men som på grunn av krav til dokumentasjon av robusthet og langtidsstabilitet anses å få behov for tiltak. Aktuelt tiltak er masseutskifting med EPS av veien kalt «transportvei til Melløs». Robustheten og langtidsstabiliteten til skråningen er også avhengig av eksisterende støttemurer i bunn av skråningen, og det er indikasjoner på at støttemurene er i dårlig forfatning og at det ikke finnes noe dokumentasjon på disse. Det forutsettes at eksisterende konstruksjoner i skråningen holdes i forsvarlig stand av grunneier.

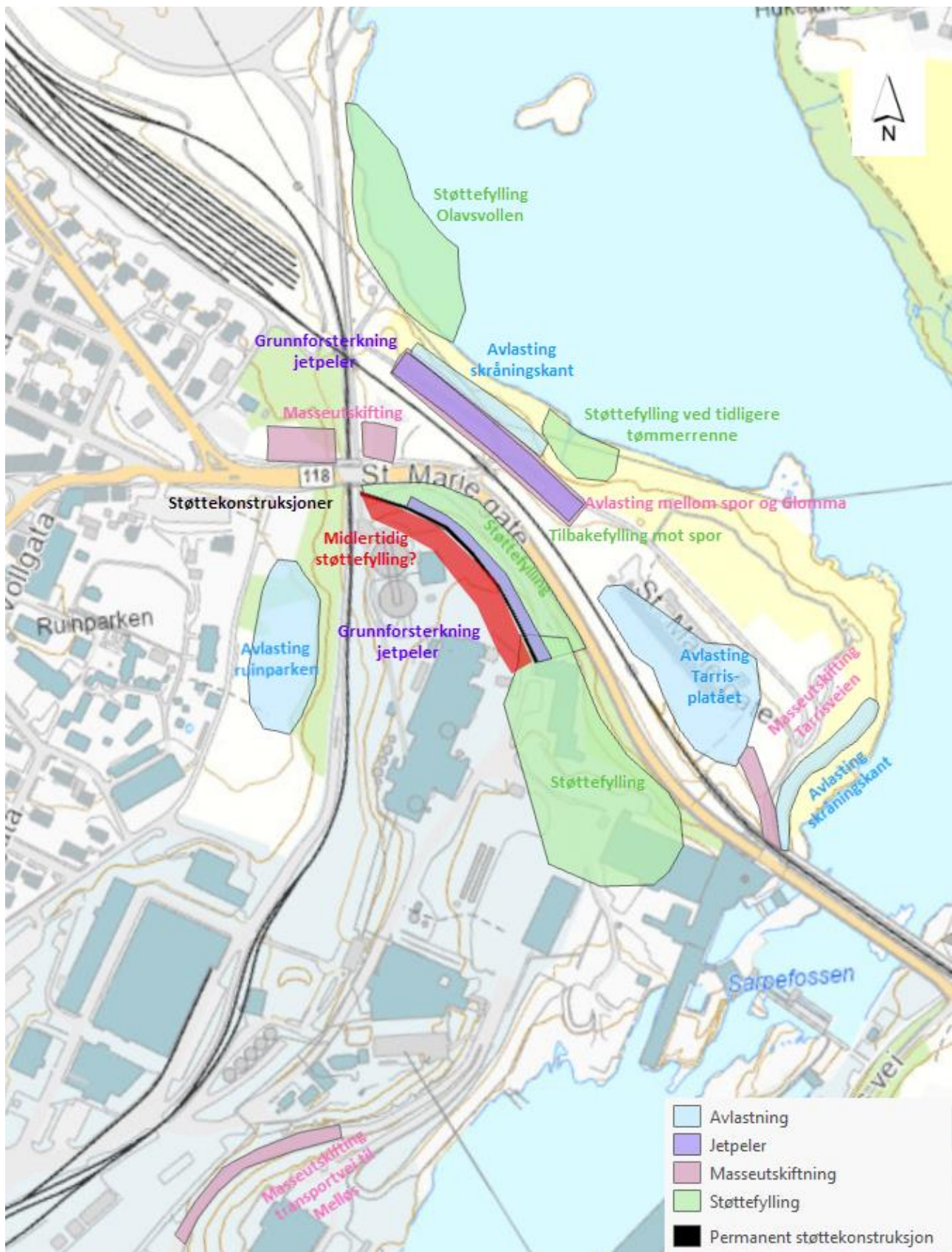
Det etableres permanent støttekonstruksjon i skråningen mot Glomma ved etablering av G/S-veibru over Sarpsfossen.

Etter at ny Sarpsbru er tatt i bruk er det usikkerheter knyttet til om dagens eksisterende veibruer skal bli liggende, eller om de skal rives/fjernes. Det er flere forutsetninger og avklaringer som må ligge til grunn dersom eksisterende veibruer skal rives/fjernes. Først og fremst er det et behov for supplerende grunnundersøkelser i hele skråningen langs eksisterende veibruer, og i tillegg er det behov for instrumentering og måleprogram av både skråningen og de eksisterende konstruksjonene. Dagens Sarpsbruer er i dårlig teknisk stand, i tillegg til at det er indikasjoner på at skråningen langs St. Marie gate bru og Norde Kanalbru er ustabil, og har medført sideveis forskyvning på deler av St. Marie gate bru. Rapporterte skader på eksisterende veibruer kan ha sammenheng med, og påvirke stabilitetsforholdene i skråningen. Et måleprogram med målinger i dybden, kan danne grunnlag for bedre vurdering av bevegelser i grunnen, og således gjøre det enklere å undersøke hvilke glideflater som eventuelt har bevegelse på grunn av høy mobilisering av styrken i jordvolumet. Deformasjoner er et tydelig tegn på dårligere stabilitet. Det er derfor svært viktig å finne ut hva som skjer i skråningene. Er det lokale bæreevnebrudd for de grunne pilarene som er fundamentert i løsmassene, eller er det lengre glideflater som strekker seg opp mot jernbanen? Er det sig i skråningen, eller er det betongen som gir etter? Et tilpasset overvåkningssystem vil kunne gi verdifull informasjon rundt dette, og vil kunne ha mye å si for fremdriften og spesielt anleggsfasen.

Om det blir aktuelt å rive/sanere eksisterende veibruer, vil det trolig bli behov for til dels omfattende geotekniske tiltak. Dersom det viser seg at eksisterende veibruer har stabiliserende virkning mot eksisterende jernbanefylling, vil det f.eks. være helt avgjørende at det gjøres grundige vurderinger før ev. rivning. Dette kan i beste fall f.eks. medføre behov for støttefyllinger og seksjonsvis utførelse, men i verste fall kan det medføre behov for kompliserte støttekonstruksjoner kombinert med støttefyllinger. Dette er ikke vurdert i detalj i denne rapporten, men må vurderes i senere fase dersom det blir aktuelt å rive/fjerne eksisterende veibruer etter at ny Sarpsbru er ferdigstilt.

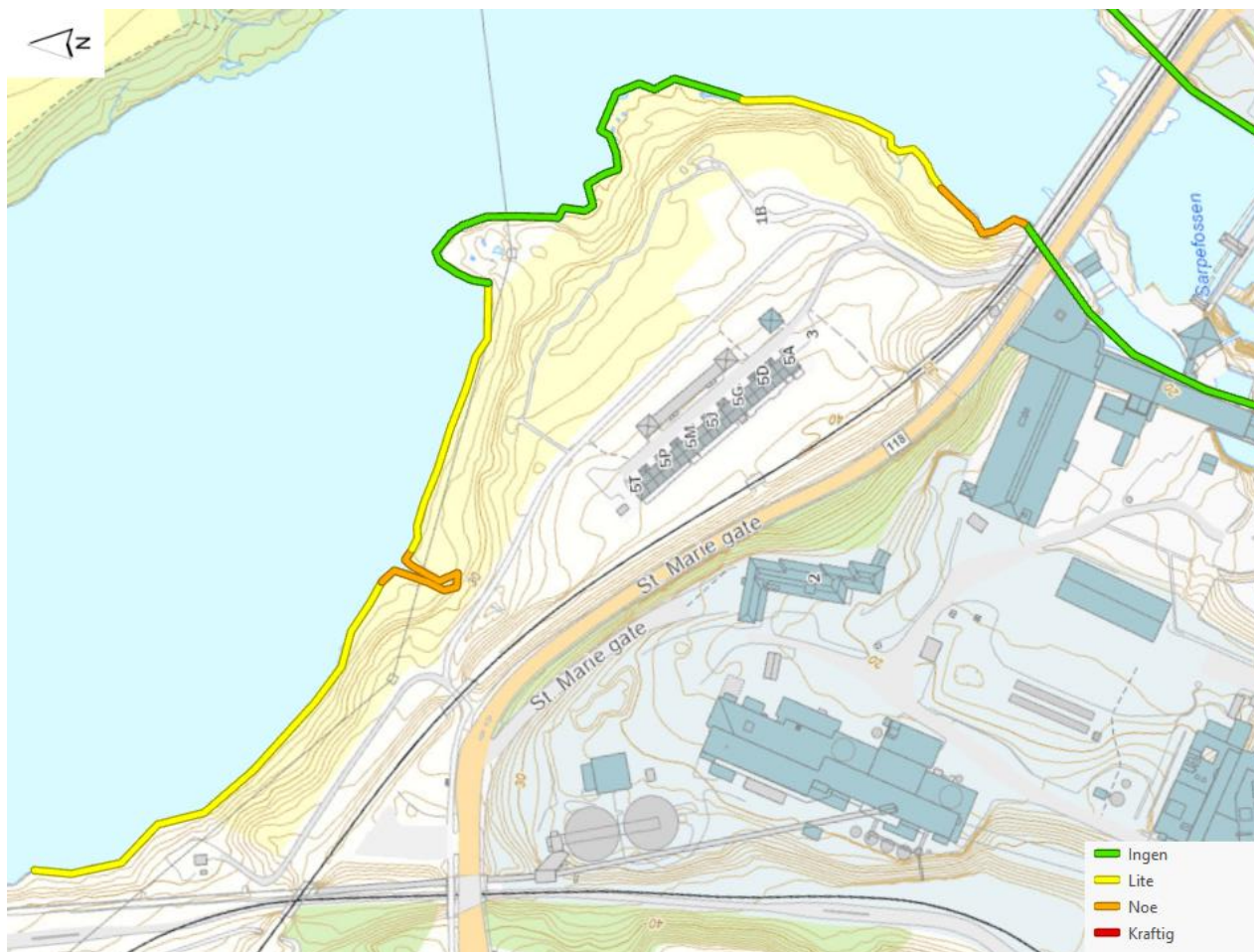
Generelt for alle aktiviteter er at det vil være behov for svært god planlegging og oppfølging. Det må legges opp til et omfattende måleprogram for overvåkning av deformasjoner og poretrykksoppbygging.

Geotekniske sikringstiltak for områdestabilitet er skissert i Figur 5-22.



Figur 5-22: Skisse over sikringstiltak for sikring av områdestabilitet på Tarris.

I tillegg til sikringstiltak er det viktig at erosjon følges opp der det pågår erosjon som kan påvirke stabiliteten. Særlig gjelder dette skråningene ned mot Glomma og da spesielt i tidligere tømmerrenne og nedenfor Tarrisveien markert med hhv. oransje (noe erosjon) og gul (litt erosjon) vist på Figur 5-23. Det anbefales periodisk oppfølging av erosjonen i disse områdene og videre vurdering av eventuelle erosjonssikringstiltak i en senere fase av prosjektet.



Figur 5-23: Erosjon i skråninger ned mot Glomma som må følges opp.

5.11 Steg 11: «Meld inn faresoner og grunnundersøkelser»

I henhold til NVE-veileder nr. 1/2019 [6], skal alle nye faresoner eller endringer på eksisterende faresoner meldes inn til NVE, også i områder hvor stabiliteten er tilstrekkelig. Siden revisjon 00 og per 01.01.2025 har det kommet innmeldingsplikt for alle nye eller endringer på eksisterende faresoner, også friskmeldte områder [34]. I denne rapporten er kvikkleiresone «Ruinparken» endret, og endringer er meldt inn.

Ifølge veilederen skal også alle utførte grunnundersøkelser innrapporteres til Nasjonal database for grunnundersøkelser (NADAG). Dette er gjort for grunnundersøkelser utført av Multiconsult.

6 Anbefalinger og viktige momenter

Det forventes å være behov for et svært omfattende program med supplerende grunnundersøkelser både innenfor og utenfor influensområdet til tiltaket. Dette vil gi grunnlag for mer nøyaktig definisjon av faresonens utstrekning og klassifisering, samt danne grunnlag for optimal detaljprosjektering mm. I tillegg anbefales det å planlegge for et forsøksfelt for å dokumentere effekt og gjennomførbarhet av både prøvetryllinger og grunnforsterkningsteknikker.

Det anbefales på det sterkeste at det settes i gang et måleprogram for overvåking av bevegelser i grunnen i, og i nærheten av, skråningene på Tarris og Hafslund. Et slikt program bør i tillegg til å måle bevegelser i grunnen også omfatte oppmåling på kritisk infrastruktur slik som eksisterende bruer og jernbane. Dette bør utføres for å kunne overvåke antatt pågående bevegelser, innhenting av informasjon som grunnlag for prosjektering av nytt tiltak, og for å gi grunnlag for vurdering av og kontroll i byggefasen. Stabiliteten i skråningene er i sterk grad påvirket av poretrykksforhold, og dette gjelder både for dagens situasjon og for byggefasen. Etablering av tilstrekkelig mengde poretrykksmålere i god tid før byggestart vil gi informasjon om forholdene slik de er i dag, fange opp variasjoner i årstid, nedbør og i flomsituasjoner. Dette er viktig informasjon for vurdering av stabilitet i dagens situasjon, påvirkning i anleggsfase og behov/omfang tiltak. I tillegg vil det kunne benyttes til overvåking av stabilitet i kritiske perioder i dagens situasjon, slik som perioder med høy vannstand og/eller store nedbørsmengder.

Det bør også gjøres en vurdering av hvordan måleprogrammet kan inkluderes i en handlings-/beredskapsplan for området. Det bør tas høyde for at måleprogrammet og oppmålingsresultatene i tilstrekkelig grad blir fulgt opp og rapportert. Det bør således være tilgjengelig faglig kompetanse som fortløpende kan følge dette opp. Det anbefales et tett samarbeid rundt dette med alle aktørene i området, spesielt Borregaard som er gjenstand for storulykkerisiko.

For problemstillingen knyttet til bunnsenkning/erosjon i Glomma, anbefales det for neste fase å innhente oppdatert vassdragsgeometri (bunnscanning/profiler), vurderinger av dimensjonerende bunnivå/erosjonsnivå i Glomma, stabilitetsanalyser og dimensjonering av valgt sikringstiltak med oppdatert kjennskap til bunnsenkning/erosjon. Erosjonssikring i selve vassdraget er trolig ikke realistisk. I tillegg anbefales det program for overvåking/inspeksjon og terskler for tiltak (hvilke tiltak som kan være aktuelle), før arbeidet som grunnlag for prosjektering, under arbeidene, og etter ferdigstillelse. Det anbefales å ta opp bunnsenkning som en identifisert risikofaktor med forpliktende krav til kontroll.

Alle geotekniske sikringstiltak må planlegges grundig. Det legges opp til en fremgangsmåte der stabiliteten hele tiden forbedres i forhold til dagens situasjon. Det anbefales derfor å først etablere støttefyllinger i Glomma ved Olavsvollen og støttefyllinger nede på Borregaard. I forbindelse med etablering av de permanente støttefyllingene nede på Borregaard er man avhengig av å først etablere en midlertidig støttefylling for å øke sikkerheten fra dagens situasjon, for deretter å installere permanent støttekonstruksjon mot Industrisporet til Borregaard, grunnforsterkning (jetpeler) i skråningsfoten, og støttemur på jetpeler. Når dette er gjort kan man etablere permanent støttefylling bak støttekonstruksjonen og støttemuren, og den midlertidige støttefyllingen kan deretter fjernes. I områdene på Borregaard hvor det kun skal etableres støttefylling blir det behov for riving/sanering av eksisterende bygg i St. Marie gate 2 og deler av Orklabygget (tidligere papirfabrikk). For å unngå forverring av stabiliteten anbefales det at det seksjonsvis og suksessivt etableres støttefylling parallelt med riving/sanering av byggene.

Det anbefales et tett samarbeid med Borregaard, slik at sikringstiltakene kan tilpasses Borregaard sine behov og krav. Sikringstiltakene nede på Borregaard må i en senere fase optimaliseres og bør tilpasses Borregaard sine plassbehov, i den grad det er mulig samtidig som sikringstiltakene oppfyller krav til stabilitet/sikkerhet mot områdeskred. Det er særs viktig at det tas hensyn til nødvendig sikkerhet/HMS,

beredskap, drift og vedlikehold inne på Borregaard. I tillegg blir det trolig behov for omlegging og sikring av eksisterende infrastruktur i bakken, samt tilkomst og tilrigging nede på Borregaard.

Videre anbefales det å utføre stabilitetsforbedrende tiltak i form av avlastning og masseutskifting for anleggsveien ut på Tarris, samt avlastning av skråningskant og deler av Tarris-platået. Det anbefales å utføre erosjonssikring og flomsikring av Tarrisveien. Videre kommer det en del arbeider som antas å måtte utføres uten trafikk på sporet; det skal avlastes inn mot spor, etableres støttefylling i tidligere tømmerrenne, deretter grunnforsterke med jetpeler, før det tilbakefylles mot spor før trafikken kan settes på igjen.

Ved akse 1 og 2 anbefales det å avlaste terrenget i skråningstopp ned mot Industrisporet til Borregaard, og til samme tid kan det utføres arbeider med avlastning av skråninger i Ruinparken og nede bak Vannverket på Borregaard utenfor influensområdet til tiltaket. Tidspunkt for arbeider med sikring av skråninger utenfor influensområdet til tiltaket er fleksibelt, men i forbindelse med tilkomst og tilrigging nede på Borregaard kan det bli aktuelt å utføre sikringstiltak i skråningen bak Vannverket på et tidligere tidspunkt. Sikringstiltak i skråninger utenfor influensområdet til tiltaket må senest være utført før ny Sarpsbru tas i bruk. Etter at ny Sarpsbru er satt i drift, blir det behov for sikringstiltak i forbindelse med etablering av ny gang- og sykkelveibru over Sarpsfossen, men disse må vurderes nærmere i en senere fase.

Det presiseres at dette er foreløpige anbefalinger basert på vurderinger gjort i forbindelse med områdestabilitetsvurdering i detaljreguleringsplanfasen. Det må forventes at det under detaljprosjekteringsfasen vil kunne komme endringer i utformingen av sikringstiltakene.

Anbefalt rekkefølge for de stabilitetsforbedrende tiltakene:

1. Grunnundersøkelser, måleprogram, forsøksfelt og bunnscanninger mm.
2. Støttefylling Olavsvollen/Glomma
3. Omlegging av kabler og VA-ledninger på Borregaard hvor midlertidig støttefylling, jetpeler og permanent støttefylling kommer
4. Støttefylling Borregaard (midlertidig)
5. Støttekonstruksjon og grunnforsterkning (jetpeler) Borregaard
6. Støttemur Borregaard (permanent)
7. Støttefylling Borregaard (permanent)
8. Avlastning/masseutskifting/flomsikring anleggsvei/skråningskant Tarris
9. Avlastning Tarris-platået
10. Arbeider i sporbrudd (avlastning mellom spor og Glomma, støttefylling tømmerrenne, grunnforsterkning (jetpeler) og tilbakefylling mot spor)
11. Avlastning skråninger mot Industrispør Borregaard
12. Avlastning Ruinparken (skråning utenfor influensområdet. Tidspunkt er fleksibelt, men må være utført før ny Sarpsbru tas i bruk).
13. Avlastning skråning bak Vannverket Borregaard (skråning utenfor influensområdet, men rekkefølge er avhengig av tilkomst og tilrigging i anleggsfasen. Må være utført før ny Sarpsbru tas i bruk)
14. Sikringstiltak i forbindelse med ny gang-/ og sykkelveibru

Viktige momenter:

Det understrekes at mindre skred og utglidninger forekommer både i leirterreng og i terreng med andre jordarter som følge av dårlig skråningsstabilitet, f.eks. på grunn av erosjon eller menneskelige inngrep. Utstrekningen av slike utglidninger begrenser seg normalt til den aktuelle skråningen.

I detalj- og utførelsesfasen vil det være nødvendig å vurdere lokalstabilitet i sammenheng med evt. utgravings- og/eller fyllingsarbeider, samt bæreevne for maskiner. Stabilitet ifm. eventuell kalksementstabilisering eller boring/ramming av peler/spunt må også vurderes.

Det forutsettes at stabilitet ivaretas på tilsvarende måte i ev. fremtidige prosjekter/inngrep i nærområdet, med spesielt hensyn til registrerte områder for kvikkleire/sprøbruddsmateriale.

Faseplaner for utførelse av tiltak som dokumenterer tilfredsstillende sikkerhet i alle anleggsfaser må utarbeides på neste plannivå, når valg og utforming av endelig tiltak skal detaljprosjekteres.

Tiltakene i foreliggende rapport er basert på begrenset grunnlag tilpasset detaljreguleringsfase, og med fokus på å dokumentere gjennomførbarhet og regulere tilstrekkelig areal for å kunne oppnå tilstrekkelig stabilitet. I senere faser, med ytterligere grunnlag, må det forventes endringer på utforming av sikringstiltakene. Våre anbefalinger i dette kapitlet baserer seg på gjennomføringen av tiltakene slik de er skissert i foreliggende rapport, med nåværende grunnlag.

7 Reguleringsbestemmelser

Følgende reguleringsbestemmelser er foreslått:

- 1) *Kvikkleire og sprøbruddmateriale (jfr. Pbl § 12-7, ledd nr.12)*
 - a) Det er registrert kvikkleire og/eller sprøbruddmateriale i forbindelse med grunnundersøkelser knyttet til veianlegget. Slike masser kan finnes utenfor hensynssonene også i andre deler av planområdet, og enhver utbygger plikter å dokumentere tilstrekkelig stabilitet ved ev. anleggsarbeider eller byggeprosjekt.
 - b) Ved planlegging av tiltak innenfor influensområdet til veianlegget som kan påvirke stabiliteten for bruene over Sarpsfossen, skal det sendes geoteknisk dokumentasjon for arbeidene til Østfold fylkeskommune til godkjenning før det kan gis byggetillatelse.
- 2) *Geotekniske forhold (jfr. Pbl § 12-7, ledd nr. 12)*
 - a) Grunnarbeider, slik som sikringstiltak, terrenginngrep (fylling, graving) og fundamenteringsarbeider, skal dokumenteres og detaljprosjekteres i samråd med geoteknisk sakkyndig. Det skal gjennomføres uavhengig kvalitetssikring (utvidet kontroll) av de geotekniske vurderingene. Områdestabiliserende tiltak skal gjennomføres før oppstart av øvrige byggearbeider.
 - b) Ved søknad om tiltak skal det dokumenteres at område- og lokalstabilitet er tilfredsstillende ivaretatt i anleggs- og driftsfase. Sikkerhet mot skred skal ivaretas for alle faser av utbyggingen. Stabilitet skal ikke forverres i byggeprosessen, og det skal dokumenteres at arbeidene kan utføres på en skredsikker måte.

8 Rekkefølgebestemmelser

Følgende rekkefølgebestemmelser er foreslått:

- 1) *Geotekniske tiltak – måleprogram*

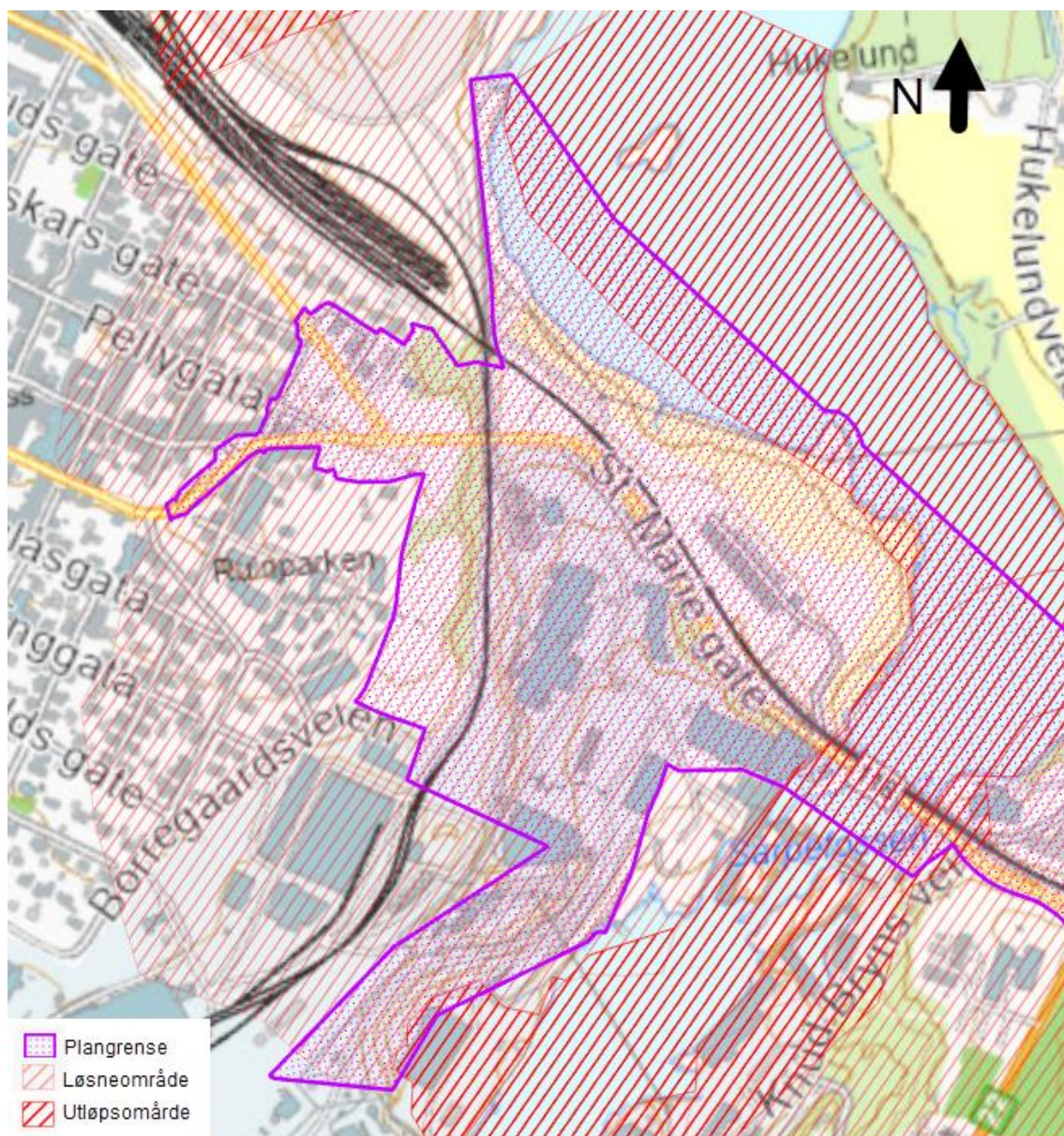
Det skal etableres et måleprogram for overvåkning av bevegelser i grunnen i, og i nærheten av skråningene på Tarris og Hafslund. Programmet skal i tillegg til å måle bevegelser i

grunnen, omfatte oppmåling på kritisk infrastruktur som bruer og jernbane. Målingene skal overvåke pågående bevegelse, danne grunnlag for videre vurderinger og prosjektering av tiltak, og gi nødvendig grunnlag for kontroll i byggefasen. Programmet skal etableres minimum ett år før anleggsstart.

9 Plangrense

Utfordringer knyttet til områdestabilitet har gjort det nødvendig å utvide planområdet slik at det også inkluderer deler av skråninger som er utenfor influensområdet til tiltaket. For Tarris vil det si at deler av Ruinparken, deler av industriområdet til Borregaard (inkludert arealer bak vannverket), hele Tarris og arealer ute i Glomma nord for Tarris må inngå i planen. På Hafslund inkluderer planforslaget skråningene ned mot Jomfrudammen.

Utredningen av områdestabiliteten i denne rapporten omfatter hele planområdet på vestsiden av Sarpsfossen. Utklipp av plangrensen sammen med løсне- og utløpsområde er vist i Figur 9-1.



Figur 9-1: Utklipp av plangrensen (datert 05.06.2025), og oppdatert løsnem- og utløpsområde for vestsiden av Sarpsfossen.

10 Uavhengig kvalitetssikring

Tiltaket er plassert i tiltakskategori K4, og NVE 1/2019 stiller dermed krav til at det utføres uavhengig kvalitetssikring før utredningen av områdestabilitet kan anses som gyldig. Rapporten er kontrollert og godkjent av Asplan Viak AS, og alle kommentarer er lukket. Uavhengig kvalitetssikring er dermed utført.

11 Konklusjon

Det er for fv.118 ny Sarpsbru revidert én allerede identifisert kvikkleiresone på vestsiden av Sarpsfossen, «Ruinparken». Sonen er revidert på bakgrunn av topografi, kvartærgeologi og tolkning av en rekke nye supplerende grunnundersøkelser. Sonen er evaluert på nytt med tanke på faregrad og skadekonsekvens. Evalueringen har gitt sonen faregrad «**Høy**» og skadekonsekvens «**Meget alvorlig**», noe som gir sonen «**risikoklasse 5**».

Beregninger viser at stabiliteten i dagens situasjon flere steder i kvikkleiresonen «Ruinparken» er lavere enn hva regelverk krever for å tillate bygging av ny Sarpsbru. Det er derfor behov for stabilitetsforbedrende tiltak før bygging. Det forventes at det vil bli behov for ulike tiltak langs strekningen for å tilfredsstille stabilitetskravene, både midlertidig og permanent. Aktuelle tiltak inkluderer støttefyllinger, avlastning/masseutskifting, grunnforsterkning og permanente støttekonstruksjoner. De foreslåtte tiltakene tilfredsstiller kravene som stilles til sikkerhet mot områdeskred for det planlagte tiltaket, samt at ev. strengere krav i håndbøker og regelverk er tilfredsstillt.

Det må i senere faser utføres supplerende grunnundersøkelser for å videre vurdere nødvendig omfang av sikringstiltak, samt for en mer detaljert evaluering av faresone «Ruinparken». Kvalitet og omfang informasjon fra grunnundersøkelser er noe varierende i sonen. Det er særlig behov for supplerende grunnundersøkelser i bunn av skredgropa nede på Borregaard, langs og i hele skråningen fra Borregaard og opp til Tarris, langs og i hele skråningen fra Borregaard og opp mot Ruinparken, i skråningen ved Olavsvollen, samt skråningen fra Glomma nord for Olavsvollen og oppover forbi Sarpsborg stasjon og inn i Sarpsborg sentrum. I tillegg må det utføres supplerende grunnundersøkelser i og i bunn av skråningen nedenfor Tarrisveien mot Glomma like oppstrøms Sarpsfossen. Der det foreligger lite grunnundersøkelser anses det å være gjort konservative antakelser i faregradsklassifiseringen. Omfanget av grunnundersøkelsene er begrenset og tilpasset detaljreguleringsfasen, og grunnforholdene er kompliserte slik at det forventes at det blir endringer i faresoneevalueringen og nødvendige sikringstiltak når supplerende grunnundersøkelser foreligger og videre vurderinger er utført. Erosjonsforholdene må også overvåkes og erosjonssikringstiltak bør vurderes videre, men basert på befariingsobservasjoner er behovet for erosjonstiltak generelt noe begrenset, og det er trolig tilstrekkelig med kun lokale tiltak ved de mest utsatte områdene ved tidligere tømmerrenne (skader ved lokale rør og grøfter) og nedenfor Tarrisveien.

I tillegg til å vurdere områdestabilitet, erosjonsforhold, samt foreta stabilitetsforbedrende tiltak, er det særdeles viktig at prosjektet og anleggsgjennomføringen for øvrig utføres på en slik måte at kvikkleireskred unngås. God planlegging og kontroll (program for oppfølging og kontroll) i alle faser av prosjektet er helt avgjørende for å kunne bygge ny Sarpsbru på en trygg måte. Det bemerkes at foreliggende rapport ikke inneholder geoteknisk detaljering av planlagt tiltak eller eventuelle stabiliserende tiltak. Beregninger av dagens stabilitet og stabilitet med ev. sikringstiltak for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet er dokumentert. Det er i rapporten utarbeidet en anbefaling av stabilitetsforbedrende tiltak inklusive krav til rekkefølge.

Det er et stort behov for kunnskap om grunnforhold og pågående prosesser i kritiske områder i skråningene på Tarris, og dette har stor betydning for planlegging og prosjektering av ny Sarpsbru, men også generelt for alle tiltak på Tarris og i nærheten av dette. Det er rapportert om skader på eksisterende bruer som kan ha sammenheng med og påvirke stabilitetsforholdene i skråningen. I tillegg viser vurderinger og relativt omfattende stabilitetsanalyser at dagens skråninger står med lav sikkerhet, og at det kreves omfattende

tiltak for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet. Det er derfor vår klare anbefaling at det settes i gang et måleprogram som sørger for systematisk overvåkning av området. Videre vil en tidlig oppstart gi et godt grunnlag for prosjektering og overvåkning i byggefase.

Konklusjon i foreliggende rapport friskmelder ikke områdene utenfor, men konkluderer med at prosjektet fv.118 ny Sarpsbru på Tarris er gjennomførbart dersom man oppnår tilstrekkelig sikring av områdestabilitet med stabilitetsforbedrende tiltak som foreslått i foreliggende rapport. Basert på de vurderinger som er utført, er det regulert tilstrekkelige arealer for sikringstiltakene i detaljreguleringsplanen. Det anbefales et tett samarbeid med andre interessenter i området, spesielt Borregaard, Sarpsborg kommune og Bane NOR.

12 Referanser

- [1] Norconsult, «Brukstil Sarpebruene», Notat 5145827, Dok.nr.: 15, mai 2018.
- [2] 2G COWI Multiconsult, «InterCity-prosjektet Østfoldbanen. Dobbeltspor Rolvsøy-Klavestad. Felles plan veg og bane i Sarpsborg. Teknisk hovedplan», Bane NOR, Teknisk hovedplan ICP-16-A-25237, jun. 2019.
- [3] Multiconsult Norge AS, «Fv. 118 Ny Sarpsbru - Områdestabilitet Hafslund», Områdestabilitetsrapport 10245026-RIG-RAP-006, feb. 2026.
- [4] Standard Norge, «NS-EN ISO 17892-6:2017 Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser. Laboratorieprøving av jord. Del 6: Konusprøving.», 2017.
- [5] Standard Norge, «NS 8015:1988 Geoteknisk prøving - Laboratoriemetoder - Bestemmelser av udrenert skjærstyrke ved konusprøving», 1988.
- [6] NVE, «Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.», Veileder 1/2019, 2020.
- [7] MD (Miljøverndepartementet), *LOV 2008-06-27 nr 71 - Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven / PBL)*. 2008. [Online]. Tilgjengelig på: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>
- [8] KR D (kommunal- og regionaldepartementet), *FOR 2017-07-07 nr 1164 - Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift/TEK17)*. 2017. [Online]. Tilgjengelig på: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840>
- [9] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Flaum- og skredfare i arealplanar (2-2011)», NVE, Oslo, NVE retningslinjer Retningslinjer nr.2-2011, apr. 2011.
- [10] KR D (kommunal- og regionaldepartementet), *FOR 2010-03-26 nr 488 -Forskrift om byggesak (Byggesaksforskriften/SAK10)*. 2010. [Online]. Tilgjengelig på: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-03-26-488>
- [11] NGI, «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred.», NVE, Eksternrapport - Metodebeskrivelse 9/2020, nov. 2020.
- [12] Multiconsult Norge AS, «Fv.118 Ny Sarpsbru - Prosjekteringsforutsetninger geoteknikk», Prosjekteringsforutsetninger 10245026-RIG-RAP-003, des. 2023.
- [13] Jernbaneverket, «Jernbaneverkets tekniske regelverk», Nettutgave (<https://trv.banenor.no/wiki/Forside>). [Online]. Tilgjengelig på: <https://trv.banenor.no/wiki/Forside>
- [14] Statens vegvesen, *N200 Vegbygging*. 2022.
- [15] Multiconsult Norge AS, «Fv.118 Ny Sarpsbru - Datarapport - Geotekniske grunnundersøkelser - del 1/2: Tarris», Geoteknisk datarapport - Grunnundersøkelser 10245026-RIG-RAP-001, sep. 2024.
- [16] Multiconsult Norge AS, «Fv.118 Ny Sarpsbru - Materialparameterrapport», Materialparameterrapport 10245026-RIG-RAP-004, feb. 2026.
- [17] COWI AS, «A252183-002-RAP-RIG-001 Faresoneutredning Roligheden - Geoteknisk datarapport», okt. 2024.
- [18] T. Klemsdal, «Borregaardrasen, natten mellom den 14. og 15. februar 1702», Universitetet i Oslo, Institutt for Geofag, Avdeling for Geografi, 2003.

- [19] Multiconsult Norge AS, «Grunnobservasjonsmodell (GOM) følgenotat», Følgenotat GOM 10245026-RIG-NOT-004, nov. 2024.
- [20] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Flomsonekart NVE Atlas», NVE Atlas. [Online]. Tilgjengelig på: <https://temakart.nve.no/tema/flomsone>
- [21] Multiconsult Norge AS, «Befaringsnotat - Erosjon», Befaringsnotat 10245026-RIG-NOT-005, aug. 2024.
- [22] Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE), «atlas.nve.no».
- [23] Multiconsult Norge AS, «Utbygging på Borregård med hensyn på kvikkleire», Geoteknikk ifm. områdestabilitet 10221476-RIG-RAP-001, feb. 2022.
- [24] GeoVita AS, «Skråning ved Kokeri - Stabilitetsvurderinger», Stabilitetsvurderinger - Geoteknisk rapport 1522-1, feb. 2002.
- [25] NGU, «'Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase - kvartærgeologiske kart'.»
- [26] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Sikkerhetsfilosofi for vurdering av områdestabilitet i naturlige skråninger. Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire», 15-2016, 2016.
- [27] Multiconsult Norge AS, «Hydrologiske/hydrauliske vurderinger Ny Sarpsbru», 10245026-01-RIVass-RAP-001, apr. 2025.
- [28] Bane Nor, «Teknisk regelverk Underbygning/Vedlikehold/Banelegeme», *Teknisk Regelverk*, 2025. [Online]. Tilgjengelig på: <https://trv.banenor.no/wiki/Underbygning/Vedlikehold/Banelegeme>
- [29] Bane Nor, «Teknisk regelverk Underbygning/Prosjektering og bygging/Stabilitet», 2025. [Online]. Tilgjengelig på: https://trv.banenor.no/wiki/Underbygning/Prosjektering_og_bygging/Stabilitet
- [30] Statens vegvesen, *N-V220 Geoteknikk i vegbygging*. 2023.
- [31] Norges vassdrags- og energidirektorat i et samarbeid med Statens vegvesen og Jernbaneverket, «Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire - Valg av karakteristisk cuA – profil basert på felt – og laboratorieundersøkelser», Rapport nr.77/2014, mai 2015.
- [32] Norsk Geoteknisk Forening (NGF), «NGF-melding nr. 5 – Veiledning for utførelse av trykksondering». 2010.
- [33] Norges vassdrags- og energidirektorat i et samarbeid med Statens vegvesen og Jernbaneverket, «Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire - En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer.», Rapport nr. 14/2014, jan. 2014.
- [34] *Forskrift om pliktig innmelding av grunnundersøkelser og naturfareutredninger*. 2025. [Online]. Tilgjengelig på: <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2024-12-17-3181>