

10247101-N02-RIG Geoteknisk vurdering av områdestabilitet og andre geotekniske vurderinger, reservevann Kragerø kommune

Prosjekt:	Kragerø kommune - forprosjekt reservevann	Prosjektnr.:	10247101
Kunde:	Kragerø Kommune	Prosjektleder:	Inger Line Hamre
Utarbeidet av:	Thone Louise Frydenlund Mattis Falck	Dato:	05.06.2025
Kontrollert av:	Jure Kokosin 05.06.2025	Godkjent av:	Inger Line Hamre 05.06.2025
Dokumentnr.:	10247101_N02_RIG	Rev.:	02

Revisjonshistorikk

Rev	Dato	Beskrivelse av endringen	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
00	05.06.2025	Original	NO1F9K	NOJURE	NOINHA
01	05.12.2025	Utredning av områdestabilitet og andre geotekniske vurderinger for vannverktomter	NOMAFa	NOJURE	NOINHA
02	18.03.2026	Etter utførte grunnundersøkelser	NOMAFa	NOJURE	NOINHA

1 Innledning

Kragerø kommune har engasjert Sweco Norge AS til å utføre en geoteknisk områdestabilitetsvurdering for traseer og tomter i forbindelse med etablering av ledningsnett for reservevannforsyning. Traséen for ledningsnettet starter ved Fossetangen og følger den nedlagte jernbanetraséen frem til Breitunga, hvor ledningen legges i vannet og krysser land noen få meter før den føres videre i Tyvann. Planlagt trasé er med mulige tomter for pumpe- og vannverk og er vist i figur 1. I denne forbindelsen er det også utført innledende geotekniske vurderinger for vannverk på foreslåtte lokasjoner for å kontrollere gjennomførbarheten av tiltakene.

Tiltaket berører områder som ligger under marin grense med fare for marin leire, og vurdering av områdestabilitet gjennomføres i henhold til NVE Veileder nr. 1/2019, som angir minimumskrav for slike vurderinger. Det er innledningsvis gjort områdestabilitetsvurdering for foreslåtte plasseringer av vannverk; 2 ved Farsjø/Fossetangen og 2 ved Tveitereid. Det er videre utført områdestabilitetsvurderinger ved Tveitereid og Tyvann. Det er etter grunnundersøkelser blitt påvist sprøbruddsmateriale ved begge lokasjoner. Det er, i samarbeid med RIVA, gjort justeringer av traséen slik at ledningene unngår områder som er vurdert å være preget av mulig områdeskred og redusert områdestabilitet.

For planlagt pumpehus ved Tveitereid, og for vurdering av lokalstabilitet ved landtak, er det vurdert at det er behov for supplerende undersøkelser for å kunne i neste fase fortsette med prosjektering



Figur 1. Oversikt over tiltaket. Foretrukket trasé markert med grønt, alternativ trasé markert med gult og mulige tomter markert med sort firkant. Foreslåtte plasseringer av vannverk ved Farsjø/Fossetangen og ved Tveitereid er merket med røde ringer.

1.1 Aktuelle steg i prosedyren

Utredningen skal bekrefte eller avkrefte fare for områdeskred for planområdet. Prosedyre for utredning er oppgitt i NVE Veileder nr. 1/2019 kap.3.2, tabell 3.1 [1] og oppsummert i tabell 1. Punktene 1-7 er utdypet og begrunnet i dette notatet.

Tabell 1: Prosedyre for utredning av områdeskredfare iht. NVE veileder 1/2019 [1]

Punkt	Overskrift	Kommentar
1	Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området	Det er iht. NVE faresonekart ikke registrert kvikkleiresoner i området. For utdypende vurdering henvises det til kapittel 4.1
2	Avgrens området med mulig marin leire	Område ligger under marin grense. Stedvis innenfor aktsomhetsområde for kvikkleireskred. For utdypende vurdering henvises det til kapittel 4.2
3	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred	Tiltaket ligger i terreng som er innenfor et aktsomhetsområde som kan være utsatt for områdeskred. For utdypende vurdering henvises det til kapittel 4.3.
4	Bestem tiltakskategori	Vannledning: K3 etter veiledende eksempel «større VA-anlegg». Kraftverk og pumpestasjon: K3 etter veiledende eksempel «industribygg». For utdypende vurdering henvises det til kapittel 4.4.
5	Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løснеområdet	Gjennomgått, og deler av planområdet ligger innenfor aktsomhetsområde L=15H. For utdypende vurdering henvises det til kapittel 4.5.
6	Befaring	Befaring gjennomført, se eget befaringsnotat henvist til i kapittel 4.6.
7	Gjennomføre grunnundersøkelser	Gjennomført undersøkelser langs trasé. Identifisert områder med sprøbruddsmasser. Foreslått justeringer på trasé for å unngå områdeskred.
8	Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løсне- og utløpsområder	Vurdert mulig løсне- og utløpsområdet ved Tveiteridvannet for landtak.
9	Klassifiser faresoner	Utført for Tveitereid lokasjon, K3 og lav faregrad medfører å følge krav for K1 tiltak gitt i kap. 3.3.4.

2 Regelverk og krav

Tabell 2 oppsummerer valgte sikkerhetsprinsipper for planlagt utbygging. En utfyllende begrunnelse for klassifisering av prosjektet er gitt i Vedlegg 1.

Tabell 2. Oppsummering av valgte sikkerhetsprinsipper for tiltaket.

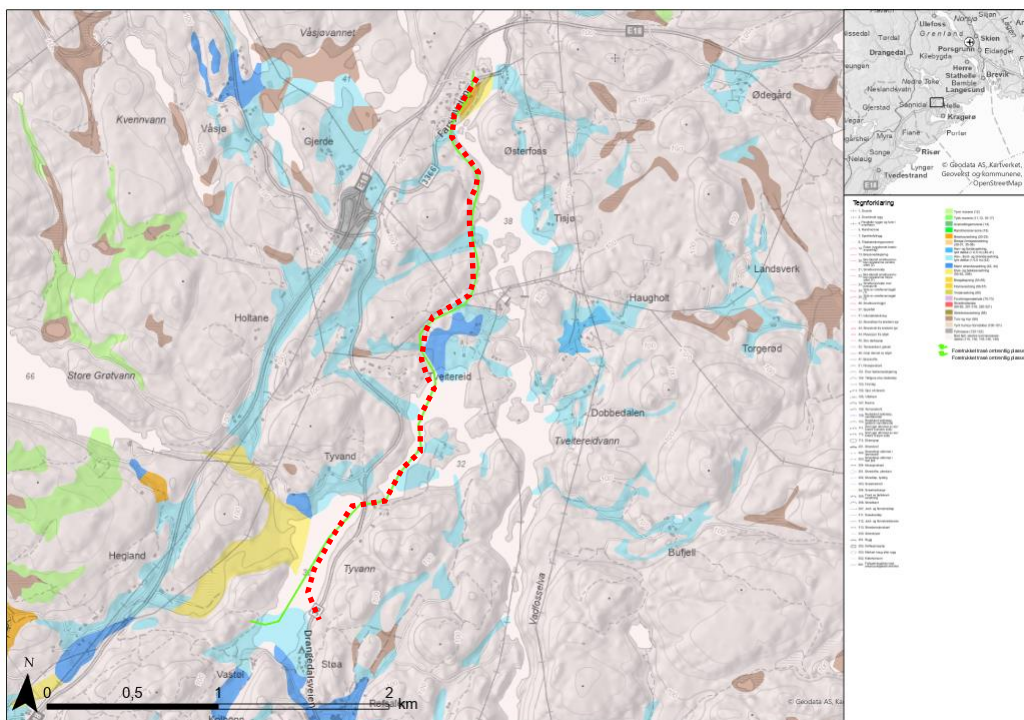
Sikkerhetsprinsipper	Tiltaket	Referanse til regelverk
Sikkerhetsklasse for flom og stormflo	1	TEK17 [2]
Geoteknisk kategori	2	Eurokode 7 [3]
Konsekvens og pålitelighetsklasse (CC/RC)	2	Eurokode 0 [4]
Prosjekterings- og utførelseskontroll (PKK/UKK)	2	Eurokode 0 [4]
Tiltaksklasse	2	SAK10 [5]
Tiltakskategori	3	NVE Veileder nr.1/2019
Dimensjonerende brukstid	50	

3 Grunnforhold

3.1 Topografi og grunnforhold

Traséen strekker seg omtrent 4 km fra Farsjø, ved Fossetangen til Vasdøl og er planlagt å legges i den eksisterende nedlagte jernbanetraséen i området.

Kvartærgeologisk kart, i figur 2, viser at traseen går igjennom områder bestående i hovedsak av bart fjell. Enkelte deler av traséen går igjennom områder med breelvavsetning, hav-, fjord- og strandavsetning, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen og marin strandavsetning, sammenhengende dekke.



Figur 2: Utsnitt fra NGUs kvartærgeologiske kart med tiltaksområdet markert. Sjekket 29.04.2025. Kartkilde: NGUs WMS-tjenester.

3.2 Berg

Det ble gjort registrering av berg i dagen under befaringsnotat 10247101_N01_RIG, [7]. Registreringer av berg i dagen er markert i kart og vist i Vedlegg 2.

Under grunnundersøkelser ble det også gjort registreringer av berg under prøvetaking av borkaks. Disse finner man ikke i datarapporten, men er i dette notatet beskrevet i den mest relevante delen av traséen ved landtaket i sørenden av Tyvann. Punktet er markert i Figur 8.

3.3 Grunnlag

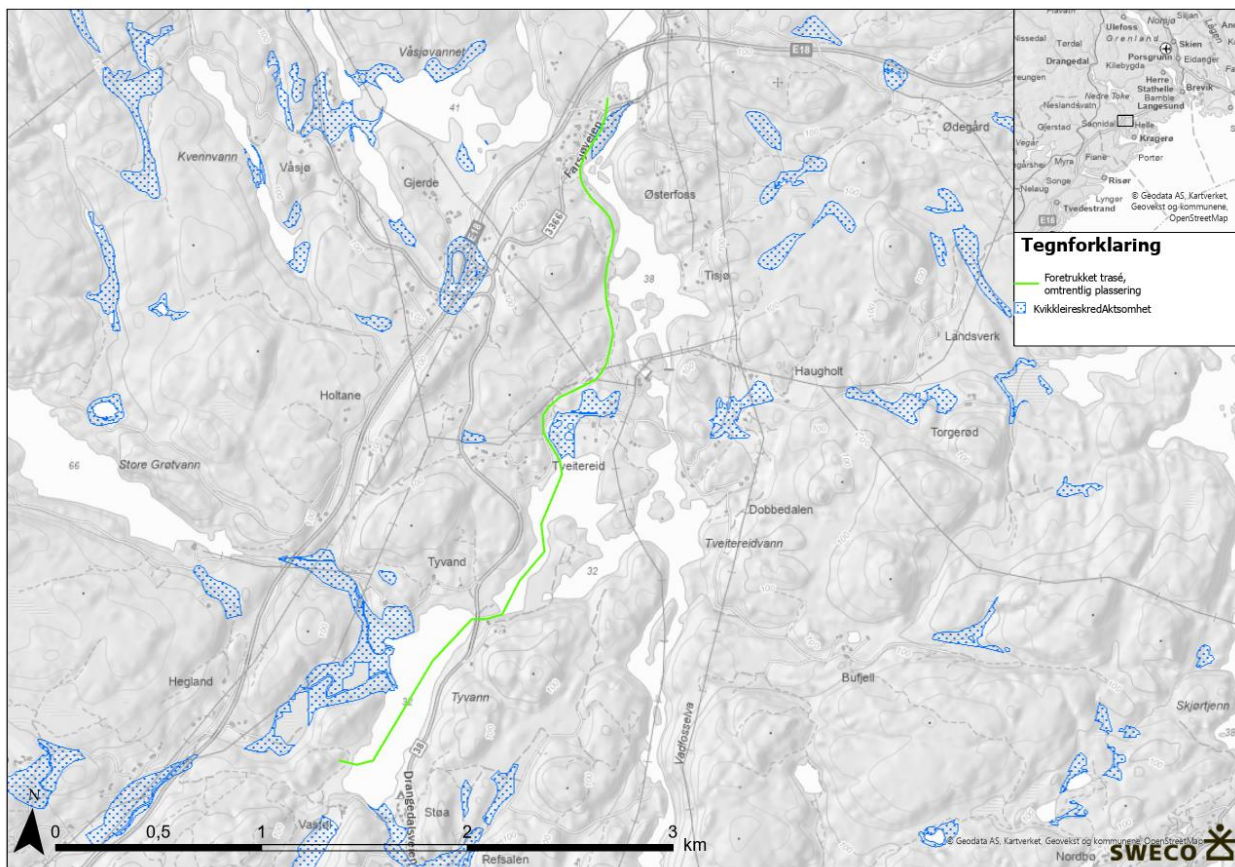
Følgende ligger til grunn for vurderingen:

- COWI AS. *Datarapport grunnundersøkelser, E18 Tvedestrand – Bamble Detaljreguleringsplan*. Dokument/rapport nr. NV38E18TB-GTK-RAP-0002, (2021).
- Sweco AS. *Befaringsnotat Kragerø reservevannledning og tomter for vannverk og pumpestasjon*. Dokument/rapport nr.10247101_N01_RIG, (2025).
- Sweco Norge AS. « Datarapport - Grunnundersøkelser. Kragerø Kommune - forprosjekt reservevann. 10247101-001. RIG_R01». 10.02.2026
- NGUs kvartærgeologiske- og løsmassekart
- Aktsomhetskart og kartlagte faresoner for kvikkleireskred NVE Atlas (WMS).
- Høydedata og terrengmodeller fra Høydedata.no.

4 Utredning av områdeskredfare

4.1 Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området.

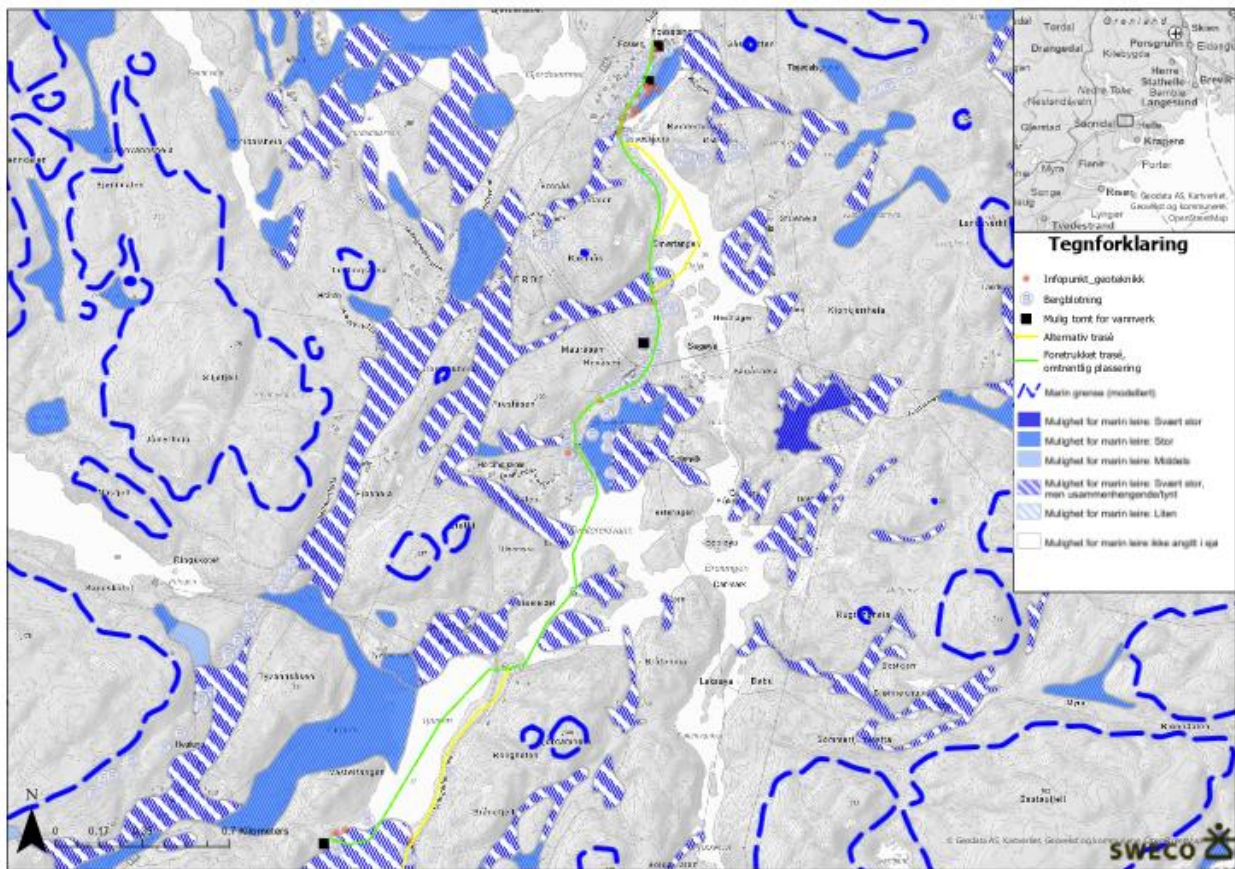
Det er ikke registrert kvikkleiresoner i området, men enkelte delområder av tiltaket ligger innenfor aktsomhetsområder for kvikkleireskred, jf. NVE Atlas, figur 3.



Figur 3 Utsnitt fra NGUs kart med marin grense og mulighet for marin leire med tiltaksområdet markert med rødt. Sjekket 03.06.2025. Kartkilde: NGUs WMS-tjenester.

4.2 Avgrens området med mulighet for marin leire

I henhold til NGUs kart med marin grense ligger tiltaksområdet ligger i sin helhet under marin grense. Stedvis med middels til stor mulighet for marin leire, og svært stor mulighet for marin leire, men usammenhengende/tynt dekke over berggrunn, se figur 4.



Figur 4 Utsnitt fra NGUs kart med marin grense og mulighet for marin leire med fortrukket trasévalg markert med grønt. Sjekket 03.06.2025. Kartkilde: NGUs WMS-tjenester.

4.3 Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred

- Terreng som kan inngå i løseområde for et skred:*
 - Total skråningshøyde (i løsmasser) over 5 meter, eller
 - Jevnt hellende terreng brattere enn 1:20 og høydeforskjell over 5 meter
 - Aktivhetsområder ligger innenfor 20 x skråningshøyden, målt fra bunn av skråning.
- Terreng som kan inngå i utløpsområdet for et skred*
 - 3 x lengden til løseområdets lengde. Løseområdet er enten eksisterende faresone eller et aktivhetsområde, eller
 - Utløpssonen som allerede er kartlagt.

Herunder følger en vurdering av aktuelle områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred:

4.3.1 Tomt for vannverk nord ved Fossetangen

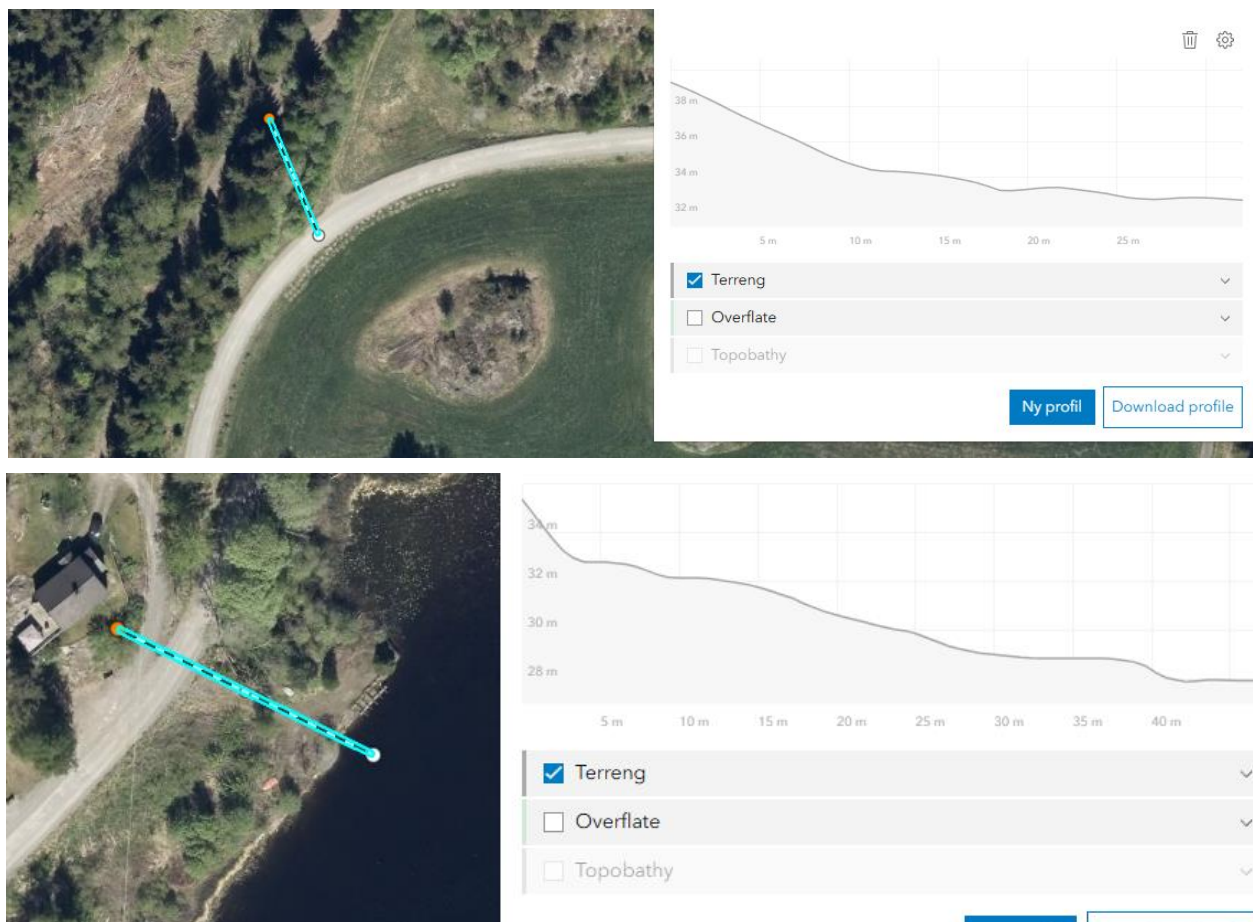
Tomten ved stasjonsbygget på Farsjø ligger i aktivhetsområde med middels til stor fare for marin leire. Øst for bygget skråner terrenget ned mot en traktorveg ved elva. Skråningshøyde er hentet fra høydeprofil fra høydedata.no, og måles til ca. H = 5 meter, over en distanse på rundt 15. meter. Hvor jernbanelinjen ligger på ca. kote 44,9 og traktorvegen på kote 39,9, figur 5. Det er i tillegg vurdert plassering av vannkraftverk ved Fossetangen, men befinner seg utenfor aktivhetsområde for kvikkleireskred.



Figur 5. Høydeprofil ved Farsjø, hvor $H = 5$ meter. Hentet fra hoyedata.no 03.06.2025.

4.3.2 Trasé ved Tveitereidveien og Tveitereidvann

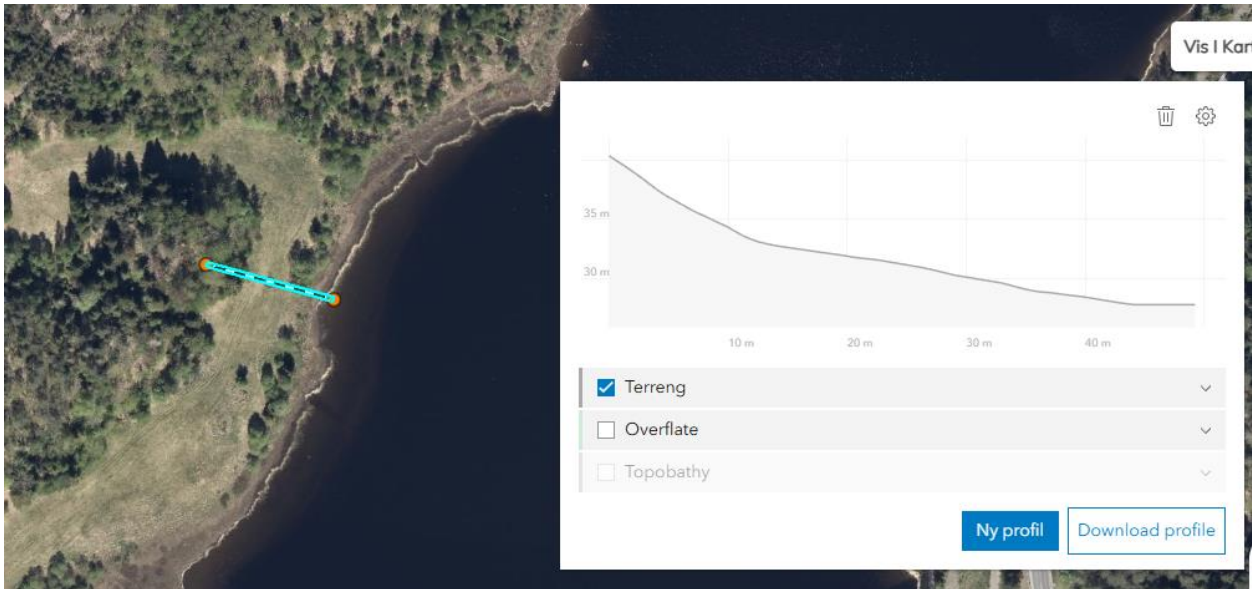
Like før Tveitereidvann er traséen planlagt å legges ned fra jernbanesporet mot Tveitereidveien. Traséen ligger i nærheten til aktsomhetssone for kvikkleireskred med stor mulighet for marin leire. Skråningshøyde er hentet fra høydeprofil fra hoyedata.no, og måles til ca. $H = 6,5$ meter, over en distanse på ca. 30 meter. Hvor jernbanelinjen ligger på ca. kote 39,3 og bilvegen på kote 32,8, figur 6. I samme figur finner man også profilet ved planlagt landtak ut i Tveitereidvann.



Figur 6: Høydeprofil ved Tveitereid, hvor $H = 6,5$ meter. Hentet fra hoyedata.no 03.06.2025. Under: Terrengprofil ved planlagt landtak.

4.3.3 Landtak ved Tyvann, Vastøl

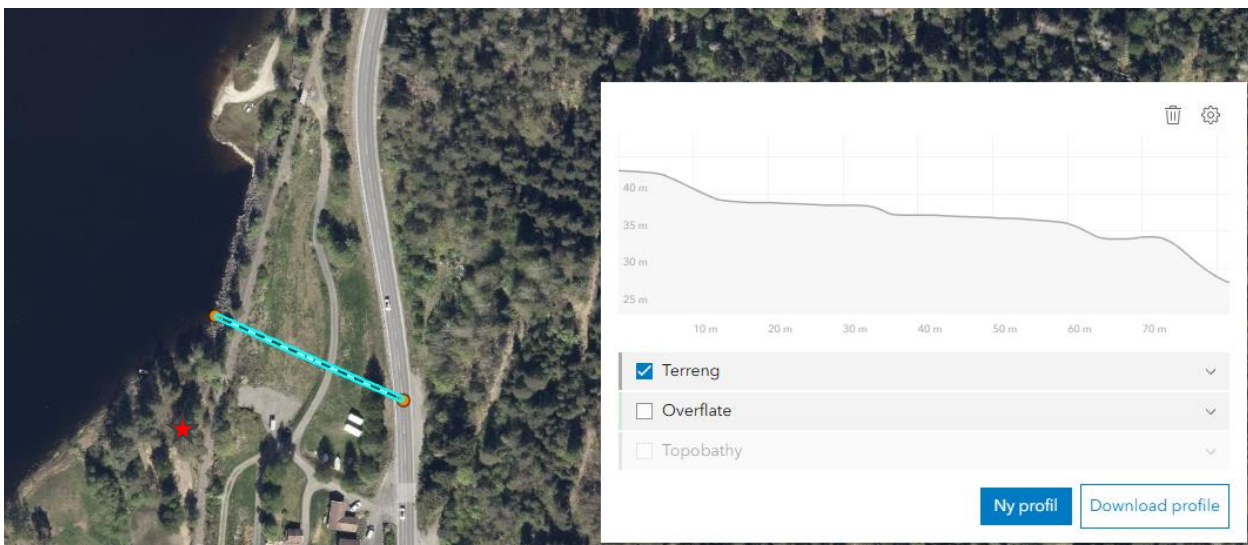
For landtak ved Tyvann i foretrukket trasé, er det en skråningshøyde på ca. $H = 5$ meter fra bergblotning til vannlinje, en distanse på ca. 40 meter. Hvor kote ved bergblotning er ca. kote 32,8 og kote ved vannlinjen er kote 27,8, figur 7.



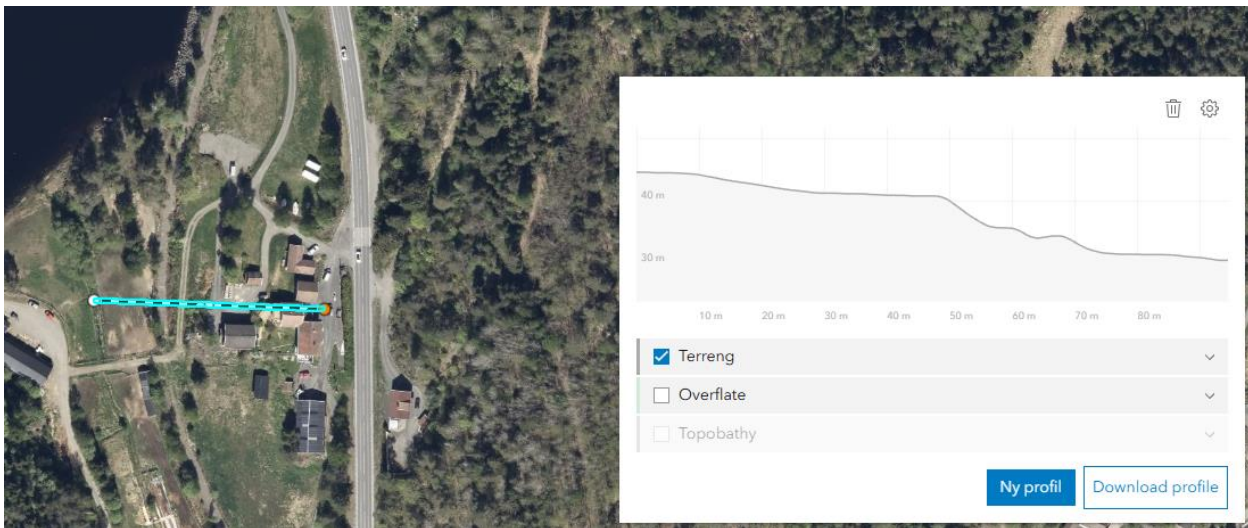
Figur 7: Høydeprofil ved Tyvann, Vastøl, hvor $H = 5$ meter. Hentet fra hoyedata.no 03.06.2025.

4.3.4 Landtak ved Tyvann, Støa.

For alternativ trasé i området rundt Støa, er det iht. høydedata.no flere kritiske skråninger over forskjellige distanser. Disse kan ha variasjoner mellom $H = 6$ og 10 meter. Det er tatt ut to representative høydeprofiler over en større distanse. For disse varierer skråningshøyden mellom ca. $H = 14$ og 14,7 meter med distanse på henholdsvis 75 og 90 meter.



Figur 8: Høydeprofil ved Tyvann, hvor $H = 14,7$ meter. Hentet fra høydedata.no 03.06.2025. Rød stjerne indikerer prøvetakingspunkt for borkaks av berget.



Figur 9 Høydeprofil ved Tyvann, hvor H = 14 meter. Hentet fra hoydedata.no 03.06.2025

4.4 Bestem tiltakskategori

NVE Veileder nr. 1/2019 [3] definerer fire tiltakskategorier, K1 – K4. Krav til sikkerhetsnivå, vurderinger, beregninger og kontroller avhenger av tiltakskategori og områdets faregradsklasse. Tiltaket medfører legging av ny vannledning og oppføring av tomt for vannverk og pumpestasjon.

Vannledning plasseres i **tiltakskategori K3**, etter veiledende eksempel «større VA-anlegg». **For tiltakskategori K3 stilles det krav om at faresoner som kan berøre tiltaket må avgrenses og utredes for områdeskredfare.**

Vannverk og pumpestasjon plasseres i **tiltakskategori K3**, etter veiledende eksempel «større VA-anlegg». **For tiltakskategori K3 stilles det krav om at faresoner som kan berøre tiltaket må avgrenses og utredes for områdeskredfare.**

4.5 Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsneområde.

For å identifisere eventuelle terrengpartier som kan være utsatt for områdeskred, er tilgjengelig kartgrunnlag og topografiske data gjennomgått i tråd med retningslinjene i NVE Veileder nr. 1/2019. Følgende informasjonskilder er benyttet:

- NGUs kvartærgeologiske kart (WMS-lag i ArcGIS)
- Kartlagte aktsomhetsområder fra NVE Atlas
- Høydedata og terrengmodeller fra hoydedata.no
- Befaring utført 08.05.2025 (Sweco AS)
- Grunnundersøkelser utført i Q4 2025 [8].

Kritiske skråninger er vurdert etter NVE Veileder nr. 1/2019, der mulig løsneområde defineres som $L=15H$, hvor H er skråningshøyde. For utvalgte delområder er dette beregnet og sammenstilt i Tabell 3.

Tabell 3: Tabell over mulig løснеområder for hver lokasjon.

Lokasjon	Skråningshøyde H [m]	Løsneområde L = 15 × H [m]	Kommentar
Farsjø	5	75	Skråning i breelavsetning med oppfylte masser; går ned til elv. Berg i dagen øst for jernbane, men ikke ved elva.
Tveitereid	6,5	97,5	Strandavsetning og bløte områder; skråning går ned til veg, deretter flater terrenget ut mot sumpområde og vann. Berg i dagen stedvis.
Tyvann (foretrukket landtak)	14,7	220,5	Marine avsetninger <0,5 m. Berg i dagen ved landtak, men gresslette mot vann.
Tyvann (alternativ trasé)	5	75	Kombinasjon av marine og strandavsetninger. Ikke observert berg i dagen mot vannet.

Samlet viser grunnlaget at flere av skråningene har mulige løснеområder som strekker seg ned i vann eller elv. Løsmassetypene gir ikke grunnlag for å utelukke forekomst av sprøbruddmateriale uten videre undersøkelser.

4.6 Befaring

Befaring ble utført 08.05.2025 av geotekniker Elin Marie Peersen Ringvoll og Thone Louise Frydenlund. Det henvises til eget befaringsnotat med dokumentnr. 10247101_N01_RIG, [7].

4.7 Grunnundersøkelser

I områdene ved Farsjø, Tveitereid og Tyvann er det identifisert terreng med skråningshøyde over 5 meter og helning brattere en 1:20, i eller nær aktsomhetsområder for kvikkleireskred. I alle tre tilfeller fortsetter terrenget ut mot vann eller elv, og undervannsprofilen må derfor tas med i vurderingen av mulig løснеområde, jf. NVE Veileder 1/2019.

Det ble utført grunnundersøkelser i Q4, 2025 av Sweco sin feltenhet. Detaljer rundt grunnundersøkelsene finner man i egen rapport [8].

Kort oppsummert, ble det i første omgang utført grunnundersøkelser ved Farsjø Stasjon og Fossetangen. Det ble ikke påvist sprøbruddsmasser, hverken ved Farsjø eller Fossetangen. Kornfordelingsanalysene indikerer grusig, sandige masser. Ved Fossetangen ble det i tillegg påvist betydelig mengde flis.

Boringene langs med den tidligere jernbanetraséen indikerer i hovedsak friksjonsmasser hele veien frem til Tveitereid. Langs med jernbanen er det fortsatt indikert at fyllingen består av grove masser frem til der traséen krysser ned til Tveitereidveien, og deretter videre sørover. Boringene langs med de første 100-150 meterne langs Tveitereidveien har påvist sprøbruddsmateriale. Etter 150 meter indikerer boringene langs traséen igjen faste masser over berg. Ved Tveitereidveien 3 (Gnr. /Bnr.: 52/11) indikerer laboratorieforsøkene igjen sprøbruddsmateriale fra ca. 3-4 meters dyp, frem til landtaket for reservevannsledning. Her er det også indikert kort til berg i en boring nær vannkanten.

Ved landtaket i sørenden av Tyvann er det indikert sprøbruddsmateriale på 3 meters dyp ved planlagt landtak for reservevannsledningen (SW38). Lengre nord (SW36) er det indikert friksjonsmateriale ned til omtrent 10 meters dyp.

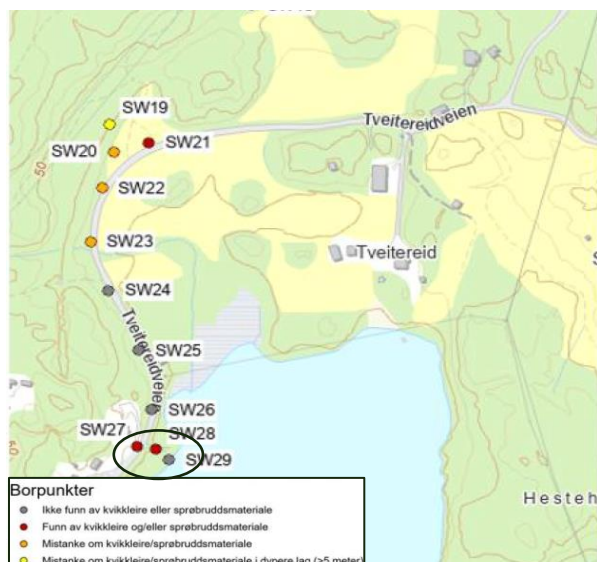
Ved et planlagt landtak sørvest i Tyvann er det påvist siltig og sandige masser over berg på ca. 3-4 meter. Sonderingsmotstanden er indikert å være lav i de øverste 2 meterne før den øker raskt i et lag før berg.

Veilederen til NVE sier i prosedyren for steg 7 at «Dersom det er påvist/antatt sprøbruddmateriale i de mulige løśnieområdene som kan berøre tiltaket, må det utredes videre iht. denne prosedyren.». Det er området ved Tveitereidvannet for landtaket som må vurderes videre i kapittel 4.8 og 4.9.

Vurderingen av områdestabiliteten for alle lokasjoner er oppsummert i kapittel 4.10.

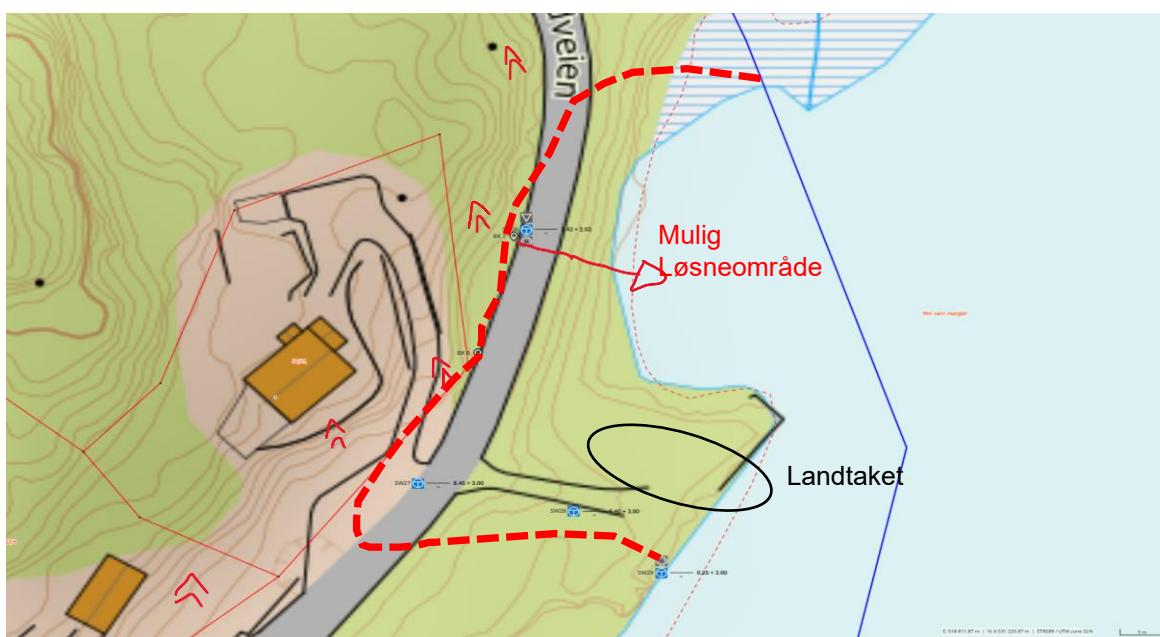
4.8 Avgrensning av løsne- og utløpsområder

Fra grunnundersøkelsene og deretter laboratorieundersøkelsene er det avdekket sprøbruddsmateriale ved planlagt landtaket ved Tveitereidvann. Se Figur 11 for oversikt over prøver som er tolket til sprøbruddsmateriale, røde prikker. I dette området ved vannet skal landtaket til vannledning og pumpestasjon etableres. Plassering av pumpestasjonen er i skrivende stund ukjent.



Figur 10: Oversiktstegning over prøver med påvist/tolket sprøbruddsegenskaper. Lokasjonen for landtaket ved Tveitereidvann er omringet.

Ved landtaket nær Tveitereidveien 3 (SW27-28) er det påvist sprøbruddsmateriale. Dette er derimot lokalisert 3,5 – 4,5 meter under et fastere topplag og et relativt tynt lag med sprøbruddsmateriale. Ved SW29 er det påvist kort til berg. På oversiden av Tveitereidveien er det synlig berg i dagen. Det er ingen informasjon tilgjengelig over batygrafen i Tveitereidvannet for å kunne vurdere evt. utbredelse av skred i vannet på land, dermed har vi antatt at sjøbunnen har en bratt nok helning for at skredet i vannet kunne utvikle seg på land.. Vi har vurdert utstrekning av mulig løsneområdet på land basert på forekomster av berg i dagen og resultater fra borer, se figur 11.



Figur 11: Vurdering av omfanget av mulig løsneområdet ved Tveitereidvannet ved landtaket. Fjell i dagen er markert på figuren med røde tegn. Lokasjonen av pumpestasjonen er ikke bestemt i skrivende stund.

4.9 Klassifisering av faresoner

Faresonen ved Tveitereidvannet ved landtaket og framtidig pumpestasjonen består av mulig løsneområdet. Utløpsområdet vil være i vannet og vi ser ikke behov for å tegne den. Faregraden til denne faresonen er bestemt til å være lav (Figur 12). Hver faktor begrunnes under (Tabell 4):

Tabell 4: Begrunnelse av valgt score for faregradevaluering ved landtak nær Tveitereidveien.

Faktor	Score (vektet score)	Begrunnelse
Tidligere skredaktivitet	0	Ingen registrerte hendelser
Skråningshøyde	2 (4)	4 meter + maks 25 meter marbakke
OCR	2 (4)	Fra CPTu (Få leirer i Norge har <1,2)
Poretrykk	1(3)	Vurdert utifra terreng. 30 m høyt vegetasjonskledd berg i nærheten. Terrenget mellom veien og vannet er flatt
Kvikkleiremektighet	2 (4)	2m tykt lag av sprøbrudd. Skråning på land er > 4m.
Sensitivitet	2 (2)	Avlest fra CPT og laboratorium
Erosjon	0(0)	Ingen erosjon. Innsjø har videre lite erosjonspotensiale
Inngrep	0(0)	Det graves normalt på kotene i flatt terreng.

Tabell 1 Evaluering av faregrad

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

Figur 12: Vurdering av faregrad for tiltaket. Gule felt markerer valgt score. Totalscore ender på 17 poeng.

For tiltak som faller i tiltakskategori K3 med lav faregrad gjelder kravene i kapittel 3.3.4 i NVE Veileder nr. 1/2019. Områdestabiliteten og veien videre er det vurdert i kapittel 4.10.

4.10 Oppsummering av områdestabilitetsvurderinger og veien videre

4.10.1 Områdestabilitet for vannverk

I første omgang er områdestabiliteten vurdert ved mulige plasseringer for vannverk. Mulige plasseringer er ved Fossetangen, Farsjø stasjon og Tveitereid. Ved Fossetangen og Farsjø er det ikke påvist sprøbruddsmateriale. Deler av tiltenkt areal på Fossetangen består i tillegg av berg. Ved Tveitereid befinner alternativene seg på berg. For foreslåtte plasseringer av vannverk er det dermed ikke fare for områdeskred og disse områdene vurderes å være klarert iht. NVEs veileder 1/2019.

Det er vurdert at det ikke er behov for uavhengig kvalitetssikring etter NVEs veileder 1/2019 for vannverk siden vi har i utredningen entydig dokumentert at tiltaket ikke kan bli berørt av områdeskred grunnet fravær av sprøbruddsmasser eller fundamentering på berg.

4.10.2 Områdestabilitetsvurdering for reservevannsledning

Tveitereidveien/Tveitereidvann

For reservevannsledninger er det foreslått å følge den nedlagte jernbanetraséen ovenfor Tveitereidveien sørover for å deretter krysse ned til Tveitereidveien ved SW24 (I stedet for SW 21-22, som originalt vurdert). Traséen holder seg unna potensielle løsne områder ved eventuell områdeskred og dermed er denne delen klarert iht. NVE Veileder nr. 1/2019.

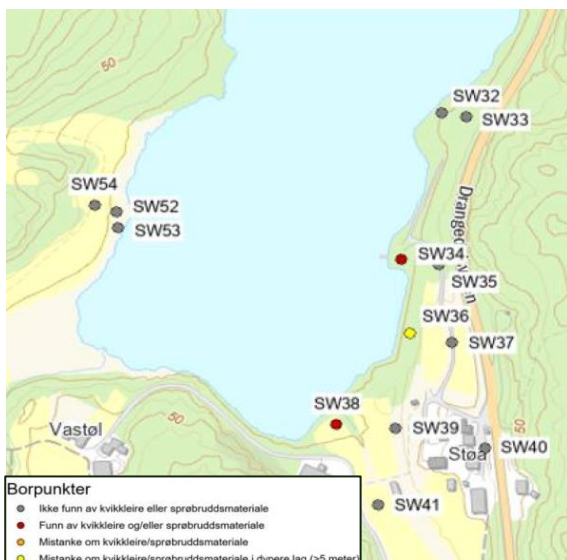
Fra grunnundersøkelsene og deretter laboratorieundersøkelsene er det avdekket sprøbruddsmateriale ved ladtaket ved Tveitereidvannet og sørenden av Tyvann, ved planlagt landtak på Støa.

For landtaket ved Tveitereidvannet er det etablert mulig faresone. Faregraden for denne faresonen er lav og dermed er det nødvendig å forholde seg til sikkerhetskrav for tiltakskategori K1 beskrevet i kap 3.3.4 i NVE Veileder nr.1/2019. Ut i fra bildene fra Googlemaps og befaringen er det ikke observert noe erosjon langs vannkanten. For utgraving til reservevannsledningen til landtaket ved Tveitereidveien 3 må det graves normalt på høydekotene. Vi vurderer at graving for vanntak i tverretning av kotene ikke vil forverre områdestabiliteten og dermed anses områdestabiliteten iht. NVE Veileder nr.1/2019 klarert. Lokalstabiliteten for utgravingen av landtaket må utføres i detaljprosjekteringsfasen.

For pumpestasjonen ved Tveitereidvannet er plasseringen ukjent i skrivende stund. Det fordrer derimot at det utføres supplerende undersøkelser. Dette kan gjøres da samtidig for både pumpestasjonen, fjellkontrollboring ved vannkanten og loddning/kartlegging av batygrafien utenfor landtaket, i Tveitereidvannet. Avhengig av resultater fra supplerende grunnboringen må områdestabiliteten og lokalstabiliteten sjekkes.

Tyvann

Ved landtaket Støa, sør i Tyvann, var det originalt tenkt å ha et landtak ved SW38. Sammen med RIVA er det nå bestemt at dette landtaket flyttes lengre nordøst for å unngå sprøbruddsmaterialet som ble påtruffet i SW38 og mot SW36. I SW36 er det ikke påvist sprøbruddsmateriale, men det er antydning til bløtere masser ved 11 meters dyp. Dette er for dypt til å kunne påvirkes av tiltaket. Se Figur 13 for overikt over boringene og påvist sprøbruddsmateriale.



Figur 13. Boringene med påvist sprøbruddsmateriale vises med rødt og området med indikrt sprøbruddsmaterialet vises med gul ring.

Det er derimot antatt at det vil kunne være behov for pigging nær planlagt landtak (Figur 12). Terrengnet mellom SW38 og SW36 består sannsynligvis av mye berg, noe prøvetakingen av borkaks i BK15 indikerer (Figur 14). Lidarfoto i området indikerer også teksturen til berg i dagen.



Figur 14: Oversiktsskisse over plassering av landtak. Landtaket er flyttet lengre nordøst, fra stiplet lilla linje til rød pil. Det er lagt over et utsnitt fra lidar i området. Lidarfotografiet indikerer teksturer i området som vanligvis er bergoverflate.

Et landtak i bukten, ca. 25 meter sør for SW36 er vurdert til å ikke påvirke områdestabiliteten. Dermed er områdestabiliteten iht. NVE Veileder nr.1/2019 klarert.

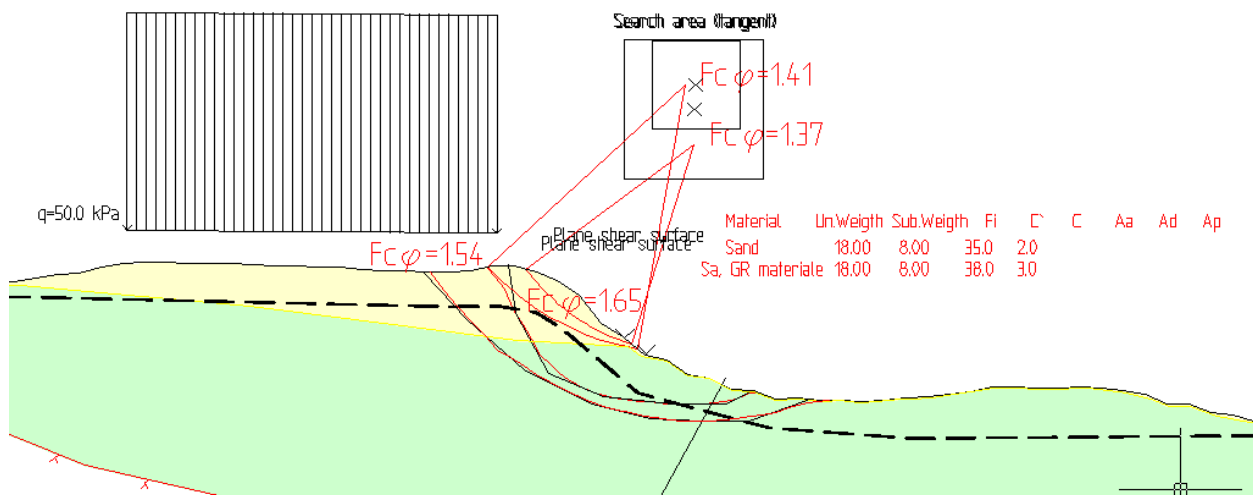
Ved landtaket Vastøl er ikke påvist sprøbruddsmasser (Se kapittel 4.3.3.), dermed vureres områdestabiliteten iht. NVE Veileder nr.1/2019 som klarert.

5 Andre vurderinger

5.1.1 Vannkraftverk Farsjø Stasjon

Ved Farsjø stasjon er det påvist sandig, grusige masser med innslag av stein og blokker. Massene fremstår noe løsere lagret i de øverste 2-3 meterene. Derunder består massene av hard pakket sandig grusig materiale med hyppig stein/blokk forekomst. Dybde til berg er ca. mellom 5 og 14 m. Grunnvannet ble av borleder anslått til å være på 1,5 meter på platået.

Fra stabilitetsberegninger er det vist at et simulert bygg med 50 kPa i last ikke får lavere sikkerhetsfaktor enn $F=1,37$, se figur nedenfor. Dette er betydelig større enn kravet angitt i NS-EN 1997.



Figur 15. Stabilitetsberegning med en last som simulerer ca. 4-5 etasjes bygg eller 4-5 m høy vanntank.

Overlagsberegninger anslår en bæreevne på 250-350 kPa for overlagingstykkelse på min. 0,5 m. Massene ansees ikke som setningsømfintlige, men bygget må sjekkes mot eventuelle differensielle setninger ved konsentrerte laster. Ved for store differensielle setninger må tiltakene som masseutskifting med lette masser eller fundamentering på hel plate vurderes. Vi vurderer at direktefundamentering er en gjennomførbar løsning.

5.1.2 Vannkraftverk Fossetangen

Ved Fossetangen er det steinholdige masser i de øvre 2-3 meter. Derunder er det påvist flisholdige masser ned til 6 meter. Det organiske innholdet i massene, med diameter <2mm, ligger mellom 6 og 30%. Dybde til berg er ca. 5-8 m ved boringene i området. Tiltent areal for administrasjon- og teknisk befinner seg på berg.

For de delene av planlagt areal som skal fundamenteres over løsmasser må det masseutskiftes ned til berg for å forhindre setningsskader. Bæreevne på komprimert sprengstein over berg anslås til å være ca. 500 kPa for overlagingstykkelse på min. 0,5 m. Det kan eventuelt benyttes betongplate og peler. Det anbefales å utføre supplerende grunnundersøkelser i neste fase dersom det velges å gå videre med dette alternativet, for å avdekke bergdybder ved tiltaket og beskaffenhet av løsmasser.

5.1.3 Vannkraftverk Tveitereid

Ved Tveitereid så ligger begge alternativene til plassering av verk på berg og bæreevnen er styrt av tillatt bæreevne på berg, som er vanligvis godt over 2 MPa. Dersom det etableres en sprengsteinpute over berg, vil bæreevnen være ca. 500 kPa. Ved etablering av byggegrop må det involveres ingeniørgeolog for å vurdere nødvendig bergsikring.

For det vestligste alternative ved Tveitereid befinner administrasjonsbygget seg på antatt siltig, leirig masser. Det anbefales å utføre supplerende grunnundersøkelser i neste fase dersom man velger å gå videre med dette alternativet.

5.1.4 Landtak og pumpestasjon i Tveitereid

For utgraving til reservevannsledningen til landtaket ved Tveitereidveien 3 må det graves normalt på høydekotene. Området vil også kunne benyttes for plassering av pumpestasjon. Det må utføres supplerende grunnundersøkelser og lodding av innsjøbunn i neste fase av prosjektet. Det vil gi grunnlag for å vurdere områdestabilitet og lokalstabilitet for pumpestasjonen.

5.1.5 Landtak ved Vastøl /Vastøltangen

Det er her planlagt ilandføring av ledning. Det ble vurdert å utføre dette med No-Dig, men korte dybdene til berg, sammen med faste lag, gjør gjennomføringen risikabel. Det anbefales å vurdere åpen grøft gjennom slåttemarka.

6 Konklusjon

Befaring og kartgrunnlag viser i hovedsak stabile forhold med berg i dagen eller tynt løsmassedekke langs med traséen for reservevannsledning. Undersøkelser ved Fossetangen/Farsjø avdekket noe større løsmassetykkelser, men nokså harde masser uten sprøbruddsmaterialer. Det ble derimot avdekket et tykkere lag av organiske masser ved Fossetangen.

Områdestabiliteten er klarert etter NVE's veileder 1/2019 for samtlige plasseringer av vannverk.

Tenkt plassering for bygg ved Farsjø viser tilstrekkelig stabilitet ved overslagsberegninger nær skråning. Det vil være mulig å fundamenterer byggene direkte. Ved Fossetangen er det indikert fundamentering på berg og delvis på løsmassedekke. Der hvor bygget havner på løsmassedekke må det renskes ned til berg og masseutskiftes før bygget direktefundamenteres. Det kan alternativt benyttes peler.

Ved Tveitereid ligger begge alternativene på berg. Bygget er mulig å fundamenterer direkte på berg eller på sprengsteinpute over berg. For administrasjonsbygget til det ene alternativet må det i neste fase utføres supplerende grunnundersøkelser.

Ved Tveitereid er det påtruffet sprøbruddsmateriale. Det er foreslått å følge den nedlagte jernbanetraseen lengre sør langs Tveitereidsveien for å forhindre utgraving sprøbruddsmateriale. Ved landtaket på Tveitereid er det vurdert at faregraden er lav. Tiltaket, som innebærer å grave normalt på det hellende terrenget, er vurdert til å ikke påvirke områdestabiliteten. Det anbefales derimot å utføre supplerende grunnundersøkelser i neste fase; både for planlagt pumpehus og for å kunne få oversikt over sjøbunnen utenfor gravetraséen for å kunne vurdere lokalstabiliteten tilstrekkelig. Det er også anbefalt å utføre kontrollboring ved vannkanten, siden det tyder på at det er korte avstander til berg enkelte steder på området.

Ved landtaket nær Støa, sør i Tyvann, er det foreslått å forflytte landtaket nordover. Dette for å forhindre gravearbeid i et påtruffet sprøbruddsmateriale. Dette tiltaket vil ikke påvirke områdestabiliteten.

Landtaket nær Vastøl og Vastø har ikke påvist sprøbruddsmasser. Det anbefales åpen grøft i stedet for No-Dig.

7 Referanser

- [1] NVE, Veileder 1/2019 "Sikkerhet mot kvikkleireskred", 2019.
- [2] Direktoratet for byggkvalitet, *Byggteknisk forskrift (TEK17)*, 2019.
- [3] Standard Norge, *Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Almenne regler. NS-EN 1997-1:2004+A1_2013+NA:2016*, 2004.
- [4] Standard Norge, *Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner. NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016*, 2016.
- [5] Direktoratet for byggkvalitet, *Byggesaksforskriften (SAK10)*, 2021.
- [6] Standard Norge, *Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del1: Allmenneregler, seismiske laster og regler for bygninger NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021*, 2004.
- [7] Sweco Norge AS, «Befaringsnotat Kragerø reservevannledning og tomter for vannverk og pumpestasjon.,» 2025.
- [8] Sweco Norge AS. « Datarapport - Grunnundersøkelser. Kragerø Kommune - forprosjekt reservevann. 10247101-001. RIG_R01». 10.02.2026

8 Vedlegg

Vedlegg 1 Prosjektforutsetninger

Vedlegg 2 Oversikt over kartlagt berg i dagen

Vedlegg 1: Prosjekteringsforutsetninger

Relevante regelverk for prosjektet

TEK17 § 7-1 - § 7-3 stiller krav til sikkerhet mot flom, stormflo og skred. For skred skal følgende mekanismer undersøkes: skred i fast fjell (fjellskred og steinsprang), i løsmasser (jordskred, flomskred og kvikkleireskred) og i snø (løssnøskred, flakskred og sørpeskred).

Gjeldende regelverk og prosjekteringsstandarder legges til grunn for den geotekniske prosjekteringen:

- NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurokode 0 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner)
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 (Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering - Del 1: Allmenne regler)
- Hvis relevant: NS-EN 1993-5:2007+NA:2010 (Eurokode 3 Prosjektering av stålkonstruksjoner - Del 5: Peler og spunt)
- NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021 (Eurokode 8 Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger)
- Hvis relevant: NS-EN 1998-5:2004+NA:2014 (Eurokode 8 Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 5: Fundamenter, støttekonstruksjoner og geotekniske forhold)
- Hvis relevant: NS 8141-1:2022. Vibrasjoner og støt – Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk – Del 1: Virkning av vibrasjoner og lufttrykkstøt på byggverk, inkludert tunneler og bergrom
- Hvis relevant: NS3458:2004 Komprimering – Krav og utførelse
- Byggteknisk forskrift (TEK 17)
- Byggesaksforskriften (SAK 10)

I tillegg, i den grad de er relevante, benyttes følgende veiledninger og håndbøker:

- Veiledning til TEK 17
- Veiledning til SAK 10
- Hvis relevant: Statens vegvesen (SVV), Håndbok N200 Vegbygging, 2024
- Hvis relevant: Statens vegvesen, Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging, 2025
- Hvis relevant: Statens vegvesen, Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger, 2014
- Hvis relevant: Norsk Geoteknisk Forening (NGF), Byggegrupsveiledningen 2019
- Hvis relevant: Statens vegvesen, rapport nr. 604 Jordskjelvdessign i Statens vegvesen, 2017.
- Hvis relevant: Norges vassdrags- og energidirektorat, Veileder nr. 1-2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred, 2020.
- Hvis relevant: RIF-veiledere

Tabell 5. Oppsummering av valgte sikkerhetsprinsipper for tiltaket.

Sikkerhetsprinsipper	Tiltaket	Referanse til regelverk
Sikkerhetsklasse flom og stormflo	1	TEK17 [2]
Geoteknisk kategori	2	Eurokode 7 [3]
Konsekvens- og pålitelighetsklasse (CC/RC)	2	Eurokode 0 [4]
Prosjekterings- og utførelseskontroll (PKK/UKK)	2	Eurokode 0 [4]
Tiltaksklasse	2	SAK10 [5]
Dimensjonerende brukstid	50?	

Sikkerhet mot naturpåkjenninger

I henhold til TEK 17 §7 skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, storflom og skred) [6].

Ifølge NVEs karttjenester (NVE Atlas), ligger planområdet innenfor en aktsomhetssone for flom. Det foreligger imidlertid ingen registrert flomsone. Tiltaket omfatter i hovedsak nedgravde vannledninger og tilhørende mindre installasjoner (pumpe- og vannverksanlegg) uten varig opphold for personer. På bakgrunn av dette vurderes tiltaket å tilhøre sikkerhetsklasse 1 for flom, jf. TEK17 § 7-2.

Det er identifisert to aktsomhetssoner for kvikkleireskred langs eller i nærheten til traséen, henholdsvis ved Farsjø og Tveitereid. Det er imidlertid ikke registrert faresoner (kvikkleiresoner) i området.

Konstruksjonssikkerhet

I henhold til TEK 17 § 10 vil forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet være oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard (altså Eurokoder med tilhørende nasjonale tillegg). Da det legges til grunn en prosjektering basert på Eurokodene som angitt i punkt 4.1, vil TEK 17 § 10 være ivarettatt.

Kvalitetssystem

Eurokode 0 [5] krever at ved prosjektering av konstruksjoner i pålitelighetsklasse 2, 3 og 4 skal et kvalitetssystem være tilgjengelig, og at dette systemet skal tilfredsstillende NS-EN ISO 9000-serien for konstruksjoner i pålitelighetsklasse 4. Swecos kvalitetssystem tilfredsstiller sistnevnte, og kravet er derfor ivarettatt for alle pålitelighetsklasser.

Geoteknisk kategori

Eurokode 7 stiller krav til prosjektering av geotekniske konstruksjoner. Kravene til geoteknisk prosjektering deles i tre geotekniske kategorier, 1 - 3, og geoteknisk konstruksjon klassifiseres etter geoteknisk kategori (se kapittel 2.1 i Eurokode 7 [3]).

Tiltaket omfatter både nedgravd vannledning og byggverk for vannverk og pumpestasjon. Begge tiltak vurderes å falle innenfor **geoteknisk kategori 2**, som omfatter konvensjonelle konstruksjonstyper og fundamenteringsmetoder uten unormale risikoer eller vanskelige grunnforhold. For vannledningen vises det til arbeider som *fyllinger*, *jordarbeider* og *utgravninger*. For vannverk og pumpestasjon er *såle-* og *platefundamentering* aktuelle løsninger i tråd med kategori 2, [3].

Konsekvens- og pålitelighetsklasse (CC/RC)

Eurokode 0 definerer byggverks plassering med hensyn til konsekvensklasse og pålitelighetsklasse (CC/RC). Konsekvensklasser er behandlet i standardens tillegg B i tabell B1 (informativt), mens veiledende eksempler på klassifisering av byggverk i pålitelighetsklasser er vist i nasjonalt tillegg NA (informativt), tabell NA.A1 (901) [4].

Pålitelighetsklasse er vurdert etter Tabell NA.A1(901), og begge tiltak er plassert i **konsekvens- og pålitelighetsklasse (CC/RC) 2**, som samsvarer med veiledende eksempler som *kontor- og forretningsbygg, skole, institusjoner, boligbygg og installasjoner for kritisk infrastruktur*.

Tiltaksklasse iht. Plan og Bygningsloven

I henhold til SAK 10 §9-3 og §9-4 vurderes både vannledningen og byggverkene for vannverk og pumpestasjon plassert i **tiltaksklasse 2** for fagområdet geoteknikk [5].

Prosjekterings- og utførelseskontroll

Eurokode 0 gir videre føringer til krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse. I henhold til tabell NA.A1(902) og NA.A1(903) i Eurokode 0 settes prosjekteringskontroll og utførelseskontroll av geotekniske arbeider til kontrollklasse **PKK2 og UKK2** [4].

Dette innebærer at det skal gjennomføres:

- egenkontroll
- intern systematisk kontroll (sidemannskontroll)
- og utvidet kontroll, hvor det bekreftes at de foregående kontrollene er dokumentert

Tiltaksklasse 2 medfører krav om uavhengig systemkontroll av geoteknisk prosjektering og utførelse. Dette dokumentet inngår som underlag i kontroll av geoteknisk prosjektering.

Dimensjonerende brukstid

Fundamentering og bærende konstruksjoner skal ha en dimensjonerende brukstid på **50 år**. Kommunen kan sette strengere krav. Dette må bestemmes i detaljprosjekteringsfasen.

Seismisk dimensjonering

Bygninger blir klassifisert i fire seismiske klasser (I – IV) avhengig av konsekvensene et sammenbrudd har. Grunntype skal velges i henhold til tabell NA.3.1 i Eurokode 8 [6]. Avstanden ned til berg i området varierer mellom 0 – 4,6 m, og massene består av tørrskorpeleire over bløtere lag av silt og leire. Etter Eurokode 8 vurderes det at planområdet ligger i **Grunntype A** med følgende beskrivelse av stratigrafisk profil: «Fjell eller fjell-liknende geologisk formasjon, medregnet høyst 5 m svakere materiale på overflaten.». **Det er antatt at mer enn 75% av konstruksjonen står på fjell og resten på masseutskiftet løsmasser og at konstruksjonen er fundamentert på såle- og platefundament.**

Tiltaket er plassert i **seismisk klasse II** ifølge Eurokode 8 (Tabell NA.4(902), etter et veiledende eksempel «Kontor, forretningsbygg og boligbygg». **Seismisk faktor $\gamma_I = 1,0$** ifølge Eurokode 8 (Tabell NA.4(901) og NA.4(902).

Spissverdien for berggrunnens akselerasjon for Kristiansand er $a_{gR} = 0,35 \text{ m/s}^2$ (Tabell NA.3.2(905)).

Grunnens dimensjonerende akselerasjon er:

$$a_g \cdot S = \gamma_I \cdot a_{gR} \cdot S = 1,0 \cdot 0,35 \cdot 1,0 \text{ m/s}^2 = 0,35 \text{ m/s}^2$$

Grunnens dimensjonerende akselerasjon er mindre enn utelatelseskriteriet for lav seismisitet $a_g \cdot S \leq 0,50 \text{ m/s}^2$. **Det stilles derfor ikke krav om dimensjonering for jordskjelv.**

Vedlegg 2: Oversiktskart med kartlagt berg i dagen.

Kartkilde: NGUs WMS-tjenester

