

Til: Miljøenheten i Trondheim Kommune
v/ Anette Fenstad
Kopi til:
Dato: 2023-08-24
Rev.nr. / Rev.dato: 0
Dokumentnr.: 20210666-01-TN
Prosjekt: Killingdal gruber - Gjennomgang og vurdering av miljøundersøkelser
Prosjektleder: Mari Moseid
Utarbeidet av: Simon Ross Stenger, Christian Sætre og Gudny Okkenhaug
Kontrollert av: Mari Moseid

Forslag til supplerende informasjonsinnhenting og miljøundersøkelser for Killingdal Oppredningsverk, Trondheim

Innhold

1	Innledning	2
1.1	Bakgrunn	2
1.2	Målsetting med nye miljøundersøkelser	2
1.3	Områdebeskrivelse før og etter oppryddingstiltak	3
2	Tidligere utført arbeid	4
2.1	Grunnlagsmateriale	4
2.2	Oppsummering av tidligere utførte arbeid	5
3	Befaring november 2021	11
4	Forslag til supplerende informasjonsinnhenting og datagrunnlag	14
4.1	Vanntransport og vannbalanse	14
4.2	Vannkjemi	15
4.3	Videre arbeid	17
5	Referanser	18

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Trondheim kommune (TK) skal anskaffe supplerende undersøkelser ved det tidligere Killingdal Oppredningsverk (Killingdal) i Fagerlia, Trondheim. Som grunnlag for anskaffelsen er det behov for en gjennomgang av utførte undersøkelser, arbeider og datagrunnlag fra overvåking etter tiltaksgjennomføring, for å estimere behov og omfang av nye undersøkelser. NGI har bistått kommunen i dette arbeidet ved befarings (2021) og gjennomgang av tidligere undersøkelser.

Hensikten med dette notatet er å presentere bakgrunn og grunnlag for vurderinger av behov samt forslag til supplerende undersøkelser. Dette notatet er ferdigstilt med bakgrunn i informasjonen og datagrunnlaget fra 2022.

1.1 Bakgrunn

Området ved Killingdal har vært brukt som utskipingskai for malm fra før 1900. Det ble etablert et oppredningsverk som var i drift fra 1953 til 1986. Den primære kilden til malm var en kobber (Cu)- og sink (Zn)-sulfidforekomsten i Holtålen. I Holtålen ble malmen knust og separert fra gråberg og deretter transportert med tog til oppredningsverket i Trondheim. Ved oppredningsverket ble metallkonsentrat utvunnet fra malmen ved en flotasjonsprosess og deretter utskiptet til smelteverk.

Oppredningsverket lå brakk frem til 2010 da Trondheim kommune, Jernbaneverket og Rom Eiendom, med støtte fra Miljødirektoratet, rev bygningene, fjernet og omdisponerte store mengder forurenset masse og anla en park i området [1].

Overvåking av tiltakene etter 2010 viser at det fremdeles er utslipp av store mengder kobber og sink fra området via utslipp fra en transporttunnel. For utslippsvannet fra en oppsamlingstunnel under deponerte forurensete masser har det vært testet ut ulike renseløsninger. Renseanlegget, etablert i 2021, er et lute-anlegg for å øke pH i vannet for utfelling av metaller, før utslipp til fjorden. Trondheim kommune har en tillatelse til utslipp av sigevann fra det midlertidige renseanlegget på Killingdal (2022-2026) [2].

1.2 Målsetting med nye miljøundersøkelser

I Trondheim kommunes arbeid med ny utslippssøknad ønsker kommunen å sikre at de har tilstrekkelig kunnskapsgrunnlag for å vurdere videre tiltak på området. Målsettingene for Killingdalområdet er:

- Utslipp til Trondheimsfjorden skal overholde kravene gitt i utslippstillatelsen [3].
- Utslipp til Trondheimsfjorden skal være i tilstandsklasse 3 eller lavere iht. veileder M-608 [4]
- Utslipp til Trondheimsfjorden skal være i tråd med langsiktige mål for Renere Havn-prosjektet

1.3 Områdebeskrivelse før og etter oppryddingstiltak

Figur 1 viser et oversiktsbilde før sanering av eiendommen. Tiltaksområdet var avgrenset av Bynesveien mot vest og Trondheimsfjorden mot øst. Fra sør mot nord lå lagerhallen for malmkonsentrat, utskipningskaia, oppredningsbygg, lossesjakter for malm og kull-lager i nevnt rekkefølge. Jernbanespor gikk gjennom området over lagerhaller og lossesjakter. Transporttunnelen, som i dag benyttes til oppsamling og behandling av sur avrenning, ligger under lagerhaller og lossesjakter.

Før det ble gjort tiltak på området var det registrert tre utløp til Trondheimsfjorden: drensutløpene V2 og V4 fra transporttunnelen og bekkeutløpet til Killingdalbekken, V3. Figur 2 viser dagens situasjon med park- og rekreasjonsområde (flyfoto fra 2021).



Figur 1 Oversiktsbilde over Killingdal Oppredningsverk før sanering. Venstre side er i retning sør, høyre side er mot nord.



Figur 2 Killingdalsområdet er i 2021 et park- og rekreasjonsområde. Drensutløp V4 samme sted som før tiltak (se Figur 1).

2 Tidligere utført arbeid

2.1 Grunnlagsmateriale

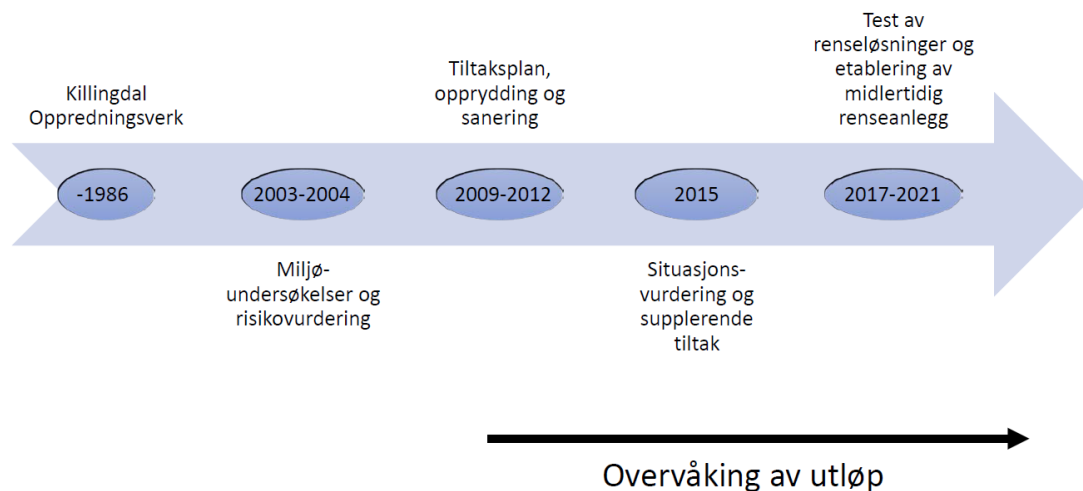
I Tabell 1 er det en oversikt over rapporter, digitale kart og data som har blitt stilt til rådighet for NGI av TK i forbindelse med utarbeidelsen av dette notatet.

Tabell 1 Oversikt over grunnlagsmateriale benyttet i utarbeidelsen av dette notatet.

Forfatter	År	Tittel/Innhold
Rambøll	2004	Miljøtekniske undersøkelser (datarapport)
Rambøll	2004	Risikovurdering (human helse og spredning)
Multiconsult	2009	Tiltaksplan for riving, opprydding og sikring
Klima- og forurensningsdirektoratet	2010	Tillatelse til opprydding i grunnforurensningslokalitet "Killingdal gruver"
Multiconsult	2011	Sluttrapport for opprydding i forurenset grunn
Multiconsult	2012	Plan for utbedringsarbeider
Multiconsult	2015	Resultater fra overvåking, 2011-2014
Rambøll	2015	Situasjonsvurdering
Rambøll	2015	Anbefaling av videre tiltak
Rambøll	2016	Datarapport fra overvåkning av utslipp, apr.-okt. 2016
Rambøll	2017	Datarapport fra overvåkning av overflatevann til resipienten, 2015 - mai 2017
Trondheim Kommune	2017	Søknad om utslippstillatelse - sigevann fra Killingdal - Ilsvika - Trondheim
Miljødirektoratet	2018	Midlertidig tillatelse til utslipp av sigevann fra renseanlegget på Killingdal i Ilsvika, Trondheim
Miljødirektoratet	2018	Tillatelse til utslipp etter forurensningsloven. Drift av midlertidig renseanlegg på Killingdal i Ilsvika, Trondheim
Trondheim Kommune	2021	Analyser av vannprøver og måling av pH i vann som lekker i transporttunnelen

2.2 Oppsummering av tidligere utførte arbeid

En kronologisk oppsummering av tidligere utført arbeid ved oppredningsverket er oppsummert i tidslinjen, vist i Figur 3.



Figur 3 Tidslinje over hovedaktiviteter ved Killingdal Oppredningsverk.

2.2.1 Miljøtekniske undersøkelser og risikovurdering (2003-2004)

Miljøtekniske undersøkelser utført i 2003-2004 av Noteby, NTNU/NGU og Rambøll ble sammenstilt av Rambøll [5]. Undersøkelsene viste liten løsmasseoverdekning over berg med store laterale variasjoner. Typisk mektighet av løsmasser/fyllmasser var 1-3 m. I tillegg til prioriterte metaller, PAH, PCB og hydrokarboner, ble en rekke prøver analysert for jern (Fe) og svovel (S).

Følgende massetyper fra oppredningsverkets driftsperiode ble vurdert som potensielle kilder til forurensing [6]:

1. Spillmalm fra jernbanevogner
2. Malmrester i oppredningsverket
3. Sinkblendekonsentrat fra oppredningen
4. Svovelkiskonsentrat fra oppredningen
5. Avgang og andre restmaterialer fra oppredningsverket
6. Slagg

Basert på grunnundersøkelsene ble det utført en risikovurdering med fokus på human helse og spredning til sjø [6]. Risikovurderingen la til grunn at en andel av massene som har ligget ute i perioden siden driften ble lagt ned (1986-2004) var ferdigoksiderte (i hovedsak massetype 1). Mengden av ferdigoksidert spillmalm ble estimert til 4600 tonn. For malmrester, konsentrat og avgang (massetype 2-5) ble det vurdert at massene fortsatt ville ha et betydelig syredannelsespotensial. Slagg (massetype 6) ble vurdert som den

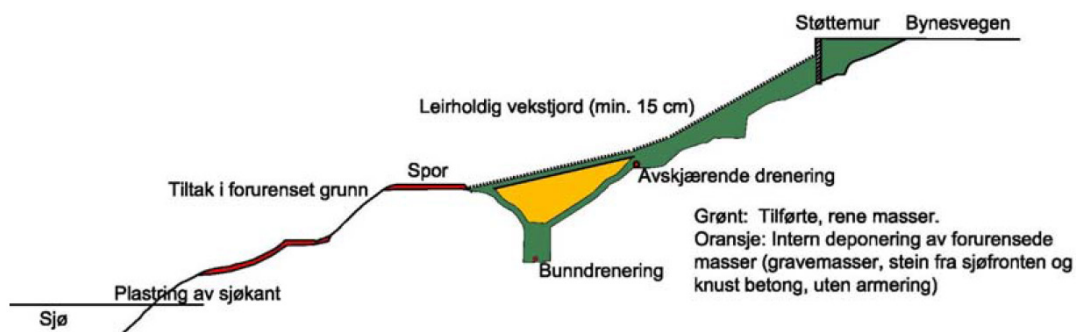
primære kilde til PAH-forurensning på området, men det ble også påvist PAH-forurensning med ukjent kilde.

Konklusjonen i risikovurderingen var at oksidasjon av gjenværende sulfidrester i lagerhallene og oppredningsverket, og etterfølgende avrenning av særlig kobber og sink, utgjorde den største miljøbelastningen på fjorden. Arsen ble vurdert å utgjøre den største risikoen for human helse ved planlagt fremtidig arealbruk.

2.2.2 Tiltaksplan og opprydding (2009-2011)

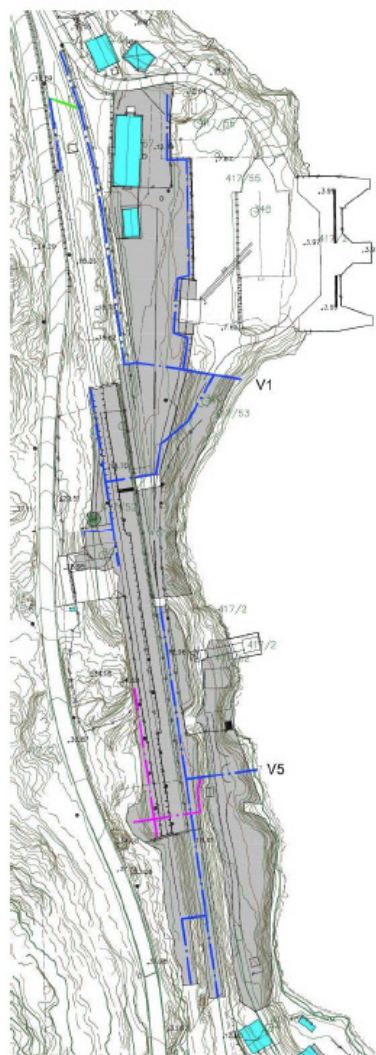
Multiconsult utarbeidet tiltaksplan for området [7] og hadde ansvar for miljøteknisk rådgivning under utførelsen [8]. Plan for massehåndtering ble utarbeidet basert på helsebaserte tilstandsklasser (TK) for forurenset grunn [9]. Det ble ikke utført en vurdering av fyllmassenes syredannelsespotensial eller vurdert innhold av sulfidmineraler, basert på innholdet av Fe og S.

- Masser påvist i TK 5 og "farlig avfall" ble levert til eksternt deponi.
- Tidligere lagerhall og lossesjakter ble ombygget og brukt til intern deponering av ca. 9000 m³ masser opp til TK4. Figur 4 viser prosjektert løsning for deponiet. Ifølge tiltaksplanen skulle transporttunnelen rives og fylles igjen med drenerende masser. Dette for å hindre opphopning av vann i deponiet. På et byggemøte ble det besluttet å endre løsningen [10]. Transporttunnelen ble ikke revet, men bevart. Åpningene (gamle lukeåpninger i bunnen av sjaktene) mellom deponerte masser og transporttunnelen, ble i stedet lukket med betongelementer. Argumentet var at det i ettertid skulle være mulig å inspisere deponiet nedenfra. I bunnen og på sidene av deponiet (under de forurensete masser) ble det lagt et drensag bestående av rene overskuddsmasser fra andre byggeprosjekter i Trondheim. Det ble etablert avskjærende drenering i bakkant av deponiet, men ikke prosjektert løsning med drenering av bunnen av deponiet (Multiconsult, 2011; Rambøll 2015). Over de forurensete masser ble det lagt en bentonittmembran og minimum 1 meter med rene masser inkl. vekstlag.



Figur 4 Prosjektert løsning for intern deponering av masser i TK1-TK4 i lagerhallen og lossesjaktene.

- Ca. 4000 m³ masser i TK1-4 ble omdisponert på området ut fra retningslinjene for sammenheng mellom arealbruk og tilstandsklasser for arealbruken "rekreasjons- og friluftsområde" (TK3 <1m og TK4 >1m under terreng), med utført risikovurdering iht. veileder TA-2553 [9]. Tilsvarende, ble utgraving av masser utført ned til et nivå som tilfredsstillte de samme kriteriene. Risikovurderingen utført av Rambøll [6] lå til grunn. Det ble etterfølgende lagt bentonittmembran og minimum 0,5 m rene masser over ca. 17000 m² av området, over gjenværende og omdisponerte forurensede masser og massedeponiet. Prosjektert utstrekning av bentonittmembranen er vist i Figur 5.



Figur 5 Utstrekning av bentonittmembran. Membranen er vist med grå skravur. Blå og rosa streker viser overflate / avskjærende drenering, med utløp i nord (V1) og sør (V5). Tegning M-521B gjengitt fra Multiconsult [8].

2.2.3 Overvåking og videre tiltak (2011-2015)

Det ble etter utførelsen avdekket et behov for å håndtere overflatevann fra en sporadisk flombekk som oppstår i skråningen opp mot Bynesveien, ca. 70 meter sør for Killingdalbrua [11]. Denne er senere omtalt som "bekk i sør". Det ble foreslått løst ved etablering av en 1,5 m dyp sandfangkum og tilhørende drenerør med utløp i sjøkanten. Ut fra dimensjonene til prosjertert løsning er det sannsynlig at den foreslåtte løsningen ville berøre tildekking (bentonittmembranen). NGI har ikke blitt forelagt dokumentasjon på at tiltaket ikke har kompromittert tettheten til bentonittmembran/tildekking.

Multiconsult [12] rapporterte overvåking av utløpene fra transporttunnelen (V2 og V4) og avskjærende drenering (V1 og V5) samt Killingdalbekken (V3) for perioden 2011-2014. Resultatene viste:

- Pågående utslipp av surt, metallholdig vann i V2 og V4. Zn- og Cu-konsentrasjonene er stabilt høye for V2 og økende for V4 i perioden.
- Lite til ingen vannføring i V1 og V5 selv i perioder med kraftig nedbør.
- Generelt lave metallkonsentrasjoner i V3.

Multiconsult [12] vurderte følgende potensielle kilder til pågående forurensning:

- Forurensede masser som ble lagt tilbake på området.
- Gjenliggende materialer som ikke var tilgjengelig for sanering uten uforholdsmessig store inngrep.
- Utilstrekkelig avskjæring av vann fra fjellkonturen i bakkant.

Multiconsult [12] vurderte i tillegg at rensing av vannet var eneste løsning for å redusere metallutslippene til fjorden som var teknisk og økonomisk gjennomførbart. Det ble lagt til grunn at vannføringen i utløpene (V2 og V4) var svært beskjeden [12]. Det ble anbefalt å mure igjen V2 slik at alt vann i transporttunnelen ble ført til utløpet i V4.

I 2015 gjorde Rambøll en situasjonsvurdering av Killingdalområdet [10]. Rambøll påpekte følgende feil/mangler i utførelsen og valg av løsning:

- Omprosjektering av transporttunnelen og deponiet medførte at det kunne skje oppstuvning av vann i deponiet i perioder med mye nedbør og snøsmelting.
- Utløpene til den avskjærende drenering hadde liten til ingen vannføring (V1 og V5) og måtte derfor sies ikke å fungere etter hensikten. Årsaken ble vurdert å være manglende fall i lengderetningen. Dette kunne føre til oppstuvning av vann i grøftene som deretter kunne lekke inn i deponiet og ned i transporttunnelen.
- Killingdalbekken gikk på utett dekke i deler av løpet gjennom Killingdalområdet. Utført tracer-test viste at vann fra bekken lakk inn i transporttunnelen.
- Bentonittmembran ble lagt på tvers av drenerørens lengderetning (N-S). Dette medfører at vann fra grøftene kan lekke inn mellom skjøter i membranen.
- Utført løsning for bekken i sør fungerte ikke. Det ble ikke observert vannføring i utløpet selv under store mengder nedbør.

Rambøll [13] vurderte, basert på observasjoner gjort på befaringer av området, at de to bekkene som krysser området var hovedkildene til vann i transporttunnelen (vannføring opp til 1 L/s ble målt i perioden mai-sept. 2015). Det ble anbefalt å:

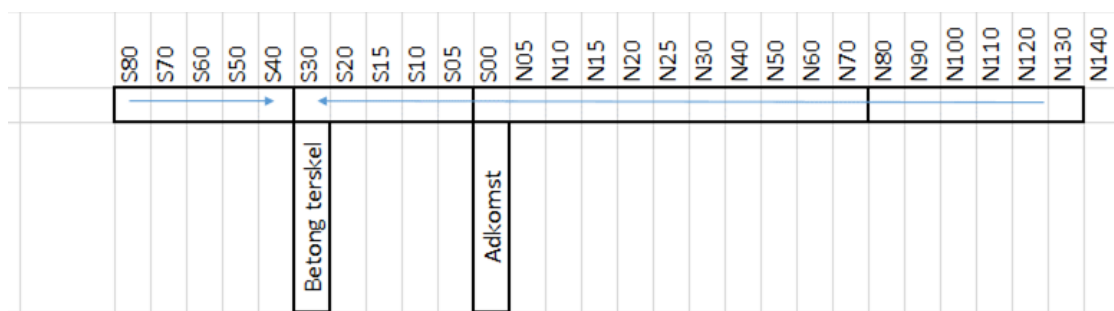
- Etablere en ny inntakskum og sandfang for bekken i sør.
- Bygge et nytt bekkeløp i betong for Killingdalbekken (V3).
- Etablere renseanlegg for forurenset vann i transporttunnelen.
- Det ble først vurdert å lede vannet i en grøft/ledning på vestsiden av Bynesveien, men dette tiltaket ble siden vurdert som for omfattende – både tidsmessig og økonomisk.

2.2.4 Overvåking av vannkjemi (2015-2021)

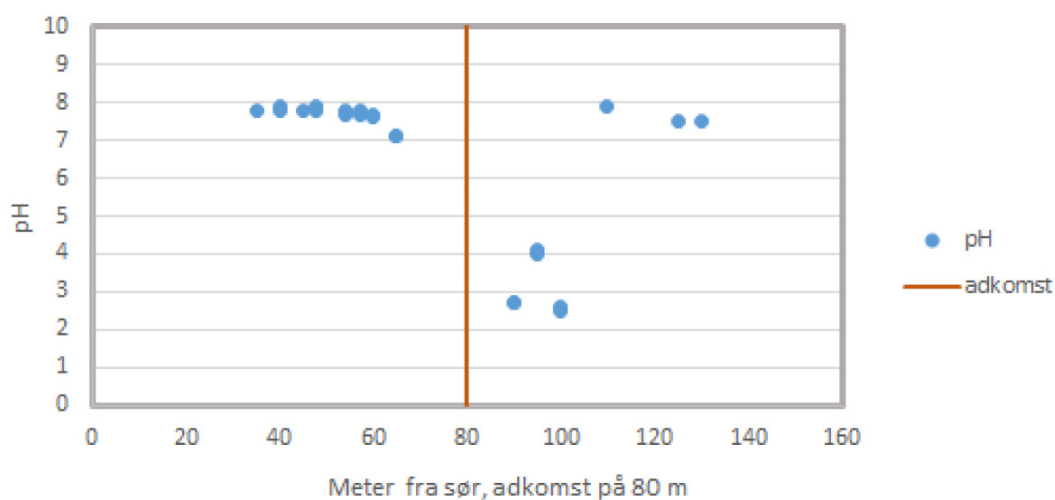
Overvåkingsrapporten for 2015-2017 presenterte resultater fra analyser utført på ufiltrerte prøver av vann fra transporttunnelen og takvann [14]. I gjennomsnitt hadde vann fra transporttunnelen pH = 3, mens takvann hadde pH = 7,2. Metallkonsentrasjonene var samtidig betydelig høyere i vann fra transporttunnelen sammenlignet med i takvann. I tillegg ble det påvist forhøyede konsentrasjoner av metaller, særlig Cu og Zn, i vannprøver innsamlet vest for Bynesveien, oppstrøms Killingdalområdet [15].

I 2021 ble det påbegynt en systematisk kartlegging av vann som lekker inn i transporttunnelen. Vannet samles i plastkasser som flyter på isoporplater for hver 10. meter. Prinsippskisse for seksjonering av transporttunnelen er vist i Figur 6. Undersøkelsen har avdekket to interessante områder:

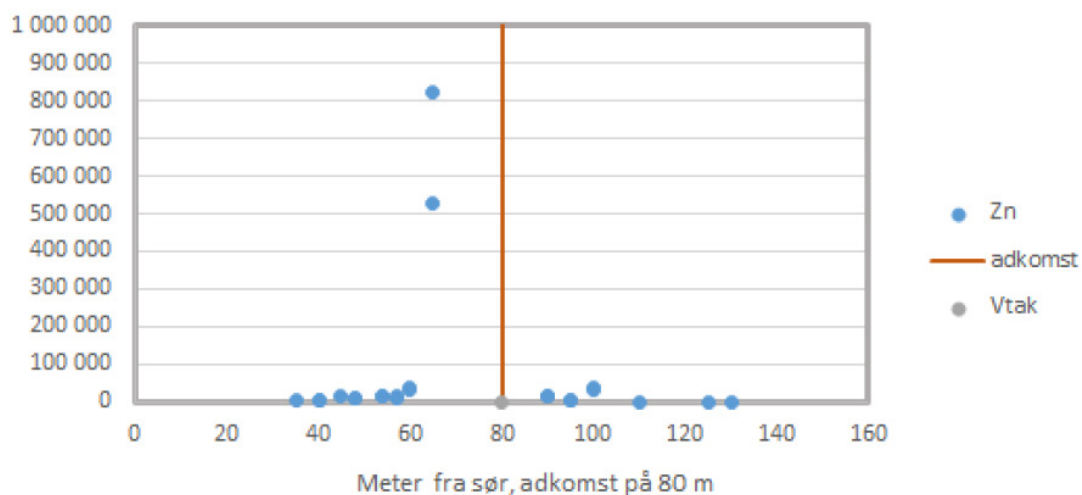
1. 10-30 m nord for adkomsten er det påvist vann med pH = 2,5-4 sammenlignet med pH 7-8 ellers i transporttunnelen (Figur 7). I 2 av 4 vannprøver fra området med lav pH er det også påvist betydelig høyere konsentrasjoner av Cu.
2. 15 m sør for adkomsttunnelen er det påvist forhøyede konsentrasjoner av Zn i to vannprøver (Figur 8).



Figur 6 Prinsippskisse for seksjonering av transporttunnelen.



Figur 7 pH i takvann fra transporttunnelen. Rød vertikal linje markerer plassering av adkomsttunnelen.



Figur 8 Konsentrasjonen av Zn i ufiltrerte prøver av takvann fra transporttunnelen. Rød vertikal linje markerer plassering av adkomsttunnelen. Enheten på vertikal akse er µg/L.

3 Befaring november 2021

Oppstartsmøte og befaring av Killingdalområdet ble gjennomført den 24. november 2021 av TK v. Anette Fenstad og NGI v. Mari Moseid, Christian Sætre og Simon Ross Stenger. Befaringen ble gjennomført etter en periode med mye nedbør og som ga høy vannføring i bekker og annet overflatevann. Under befaringen ble det målt pH, temperatur, elektrisk konduktivitet og O₂-metning i bekker, overflatevann, vann i transporttunnelen og vann som lekker inn i adkomsttunnelen.

Under befaringen ble det observert overløp i begge sandfangkummene til bekken i sør (Figur 9). Vann som ikke fanges opp av sandfangkummene vil potensielt kunne lekke inn i deponiet/transporttunnelen. Det ble på befaringen også registrert stående vann og rennende vann i sprekker i berg i bakkant av deponiet sør på området (Figur 10), samt i en mindre bekk nord på området, som ikke tidligere er beskrevet (Figur 11). I bekkeløpet mot nord ble det registrert en svakhetszone (tett oppsprukket, permeabelt berg) med slakt fall mot sør. Svakhetssonen kan føre til at grunnvann nord på området strømmer i retning av deponiet/transporttunnelen.

Figur 12 viser resultater fra måling av pH i vann. Det er registrert:

- Surt takvann fra adkomsttunnelen (pH = 2,7-2,9);
 - Lav pH indikerer sur avrenning med lokal kilde. Dette kan bety at syredannende reaksjoner pågår i fyllmasser umiddelbart over adkomsttunnelen. Nøytralt til svakt basisk vann (pH = 7-8) i de tre bekkene;
 - Bekk i sør (oppstrøms Bynesveien og i sandfangkummene)
 - Killingdalbekken oppstrøms Bynesveien
 - Bekk i nord
- Svakt surt vann i transporttunnelen (pH = 6,6)
- Surt vann i en bekk ca. 150 m sør for Killingdalområdet (pH = 5,1)



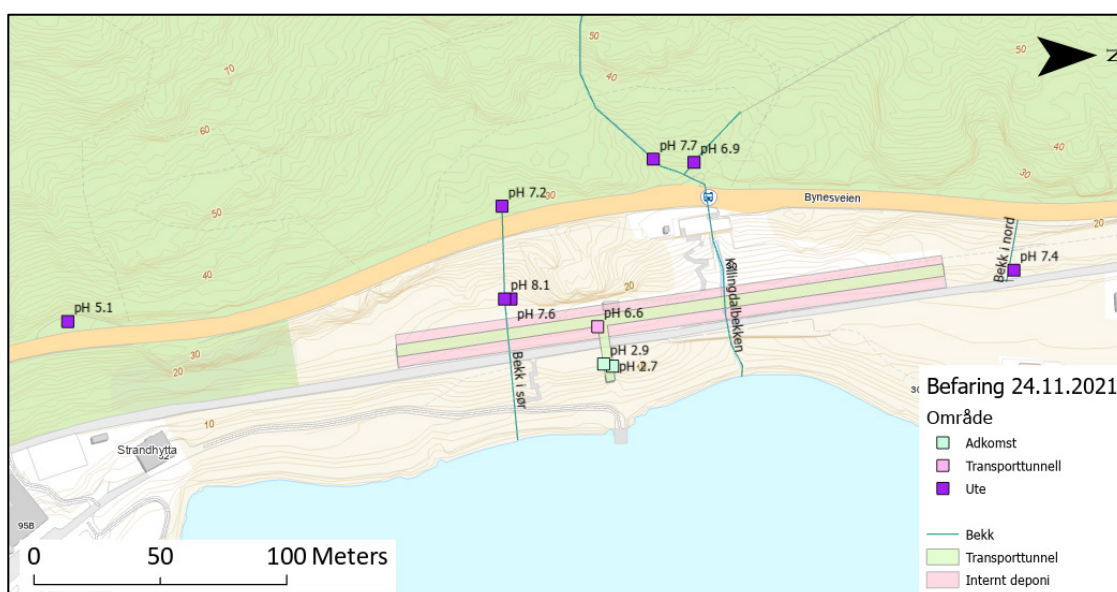
Figur 9 Sandfangkummene til bekken i sør var begge i overløp på befaringen 24. november 2021.



Figur 10 Stående vann og rennende vann i sprekker sør på området i bakkant av deponiet. Registrert på befaringen 24. november 2021.



Figur 11 Bekk nord på området som ikke tidligere er beskrevet. I bekkeløpet er det registrert en svakhetssone (tett oppsprukket, permeabelt berg) med slakt fall mot sør, i retning av deponiet.



Figur 12 Resultater fra pH-målinger utført på befaringen 24. november 2021.

4 Forslag til supplerende informasjonsinnhenting og datagrunnlag

Basert på en gjennomgang av eksisterende grunnlag og befaring på området er det i det videre gitt en gjennomgang av hvilke områder det foreslås innhenting av supplerende informasjon og datagrunnlag.

4.1 Vanntransport og vannbalanse

Det er ikke tidligere utarbeidet en komplett vannbalanse for Killingdalområdet. Før man eventuelt igangsetter tiltak for å redusere mengden vann som lekker inn i transporttunnelen er det viktig kjenne bidraget fra ulike kilder til vanntransport i området.

4.1.1 Undersøkelser for å estimere fluks av kilder til vanntransport

Det anbefales at det utføres undersøkelser som kan danne grunnlag for å estimere fluksen av følgende kilder til vann i transporttunnelen:

- ↗ Netto infiltrasjon av vann fra de tre bekkene som krysser området (bekk i sør, Killingdalbekken og bekk i nord)
- ↗ Netto infiltrasjon av nedbør som faller på Killingdalområdet
- ↗ Netto tilstrømning av grunnvann

Samtidig bør fluksen ut fra rensenanlegget overvåkes kontinuerlig hele året. Dette vil muliggjøre en sammenligning av estimert fluks inn og målt fluks ut.

Bidraget fra grunnvann som strømmer i sprekker i berg og lekker inn i transporttunnelen er frem til nå ikke vurdert. En bedre forståelse av grunnvannets strømningsmønster kan oppnås gjennom:

- ↗ Kartlegging av sprekker og svakhetssoner på overflaten
- ↗ Etablering av grunnvannsbrønner oppstrøms Killingdalområdet inkl. utførelse av:
 - Vanntapsmålinger (Lugeon-tester)
 - Logging av grunnvannsstand
 - Tracer-test

Ut fra vannbalansen kan det gjennomføres en kost/nytte-vurdering av mulige tiltak for å redusere innlekkasjen av vann i transporttunnelen.

4.1.2 Vurdering av VA-installasjoner for overvannshåndtering

Det bør gjennomføres en kontroll av eksisterende VA-installasjoner for overvannshåndtering, og vurdere om de fungerer som tilsiktet. Installasjonene bør sjekkes for skader, setninger og tilstopping. Det kan i den forbindelse være aktuelt med videoinspeksjon. Det bør utføres en vurdering av om installasjonene er dimensjonert for perioder med ekstremnedbør, flom og snøsmelting og vurdere konsekvenser av en underdimensjonering.

4.1.3 Andre faktorer og tema

Skjotselsplanen for området bør gjennomgås for å avdekke om den hindrer at røtter kan punktere tildekkingen (bentonittmembranen).

4.2 Vannkjemi

4.2.1 Bekkeløp oppstrøms Bynesveien

Det er påvist forhøyede metallkonsentrasjoner i vannprøver fra bekkeløp oppstrøms Bynesveien [15]. Potensielle kilder oppstrøms Killingdalområdet bør kartlegges og det bør analyseres vannprøver i flere punkter. Vannprøvene bør tas så høyt i bekken at man kan utelukke avrenning fra veg som kilde til forurensning.

4.2.2 Kartlegging av kilder til sur avrenning

Det er behov for å kartlegge mengden potensielt syredannende masser som ligger igjen på området. Volum og tungmetallinnhold av masser som ble omdisponert på området er gitt i sluttrapporten [8] og beskrevet i avsnitt 2.2.2. Rambøll [10] vurderte i tillegg at ikke-sanerte gjenliggende masser bak muren vest for deponiet/tunnelen kan være en kilde til sur, tungmetallholdig avrenning. Volumet av ikke-sanerte masser er ukjent. Samtidig er det ukjent hvor det er fylt ut med forurensede (potensielt syredannende) masser. Det bør utføres undersøkelser som kan estimere mengder og syredannelsespotensial for de ulike massetyperne. Dette kan med fordel leveres som en 3D-modell over grunnforholdene.

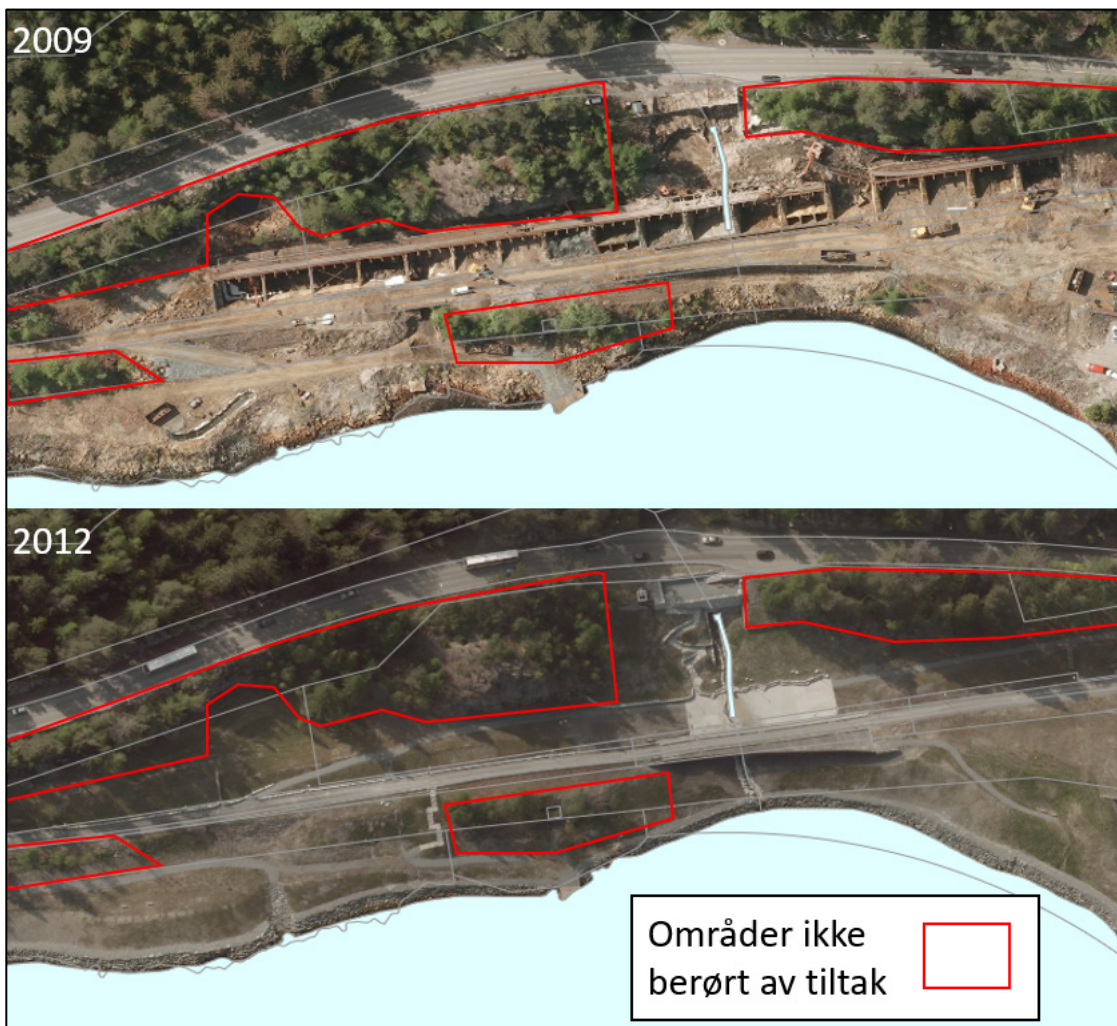
På Figur 13 er det markert områder med vegetasjon (trær) som det antas ikke ble sanert under oppryddingen av tomta. Dette inkluderer områder vest for jernbanebrua, et mindre areal lengst sør og umiddelbart over adkomsten til transporttunnelen. I tillegg ble deler av oppredningsbygget ikke sanert til fjell [8]. Det er derfor en risiko for at det kan forekomme syredannende masser under/bak restene av bygget. Basert på påvisningen av lav pH i takkvann i adkomsttunnelen (se Figur 12) og 10-30 m nord i transporttunnelen (Figur 7) er det sannsynlig at det ligger syredannende masser umiddelbart over adkomsttunnelen. Fremtidige miljøtekniske grunnundersøkelser bør se nærmere på dette området.

Sulfidholdig malm ble transportert til området også før etablering av oppredningsverket og utskipingskaia [6]. Avgangsmasser og gråberg har derfor vært tilgjengelig i store

volum til bruk som fyllmasser og byggeråstoff til veg og bygninger. Dersom syredannende berg er benyttet i konstruksjoner og veg ligger det et potensial for dannelse av sur avrenning i takt med at disse forvitrer/brytes ned.

Det anbefales å utføre undersøkelser av om potensielt syredannende masser er benyttet i fyllinger, i vegkroppen til Bynesveien, under fundamenter til bygninger og som tilslag i betong og asfalt.

Faststoffprøver som innsamles bør analyseres for innhold av prioriterte metaller (arsen, bly, kobber, krom, nikkel, sink), jern (Fe), kalsium (Ca) og svovel (S), samt totalt uorganisk karbon (TIC). Det kan med fordel også bestemmes mineralogi ved XRD. Analyseresultatene bør vurderes med tanke på syredannelsespotensial og innhold av sulfid- og sulfatmineraler. Resultatene kan med fordel sammenstilles med tidligere utførte analyser av Fe-, Ca- og S-innhold gitt i Rambøll [5].



Figur 13 Utsnitt av kart over Killingdalområdet under (2009) og etter (2012) opprydding på tomta. Områder der opprinnelig vegetasjon er bevart og som derfor antas ikke å være berørt av tiltakene er markert med rød firkant.

4.3 Videre arbeid

Oppsummert er det foreslått undersøkelser både knyttet til kartlegging av vannstrømmer i etablerte konstruksjoner, VA-systemer og overflatevann, samt kartlegging av grunnvannsstrømning. I tillegg er det foreslått en bedre kartlegging av hvor det er gjenliggende syredannende masser. Det arbeidet kommunen har satt i gang med differensiering av vannkjemi i innstrømmende vann i transporttunnel er også aktuelt. Oppsummert er forslagene satt opp i Tabell 2.

Tabell 2 Oppsummering av aktuelle undersøkelser ved Killingdal.

Tema	Type undersøkelser
<i>Vanntransport og vannbalanse</i>	
Netto infiltrasjon av vann fra de tre bekkene som krysser området	Kartlegging av sprekker og svakhetssoner på overflaten.
Netto infiltrasjon av nedbør som faller på Killingdalområdet	Etablering av grunnvannsbrønner oppstrøms Killingdalområdet inkl. utførelse av: <ul style="list-style-type: none"> • Vanntapsmålinger (Lugeon-tester) • Logging av grunnvannsstand
Netto tilstrømning av grunnvann	Tracer-test
Vurdering av VA-installasjoner for overvannshåndtering	Kontroll av eksisterende VA-installasjoner for overvannshåndtering. <ul style="list-style-type: none"> • Sjekkes for skader, setninger, og tilstopping ved visuell inspeksjon/ videoinspeksjon. • Kontrollere dimensjonering.
Skjøtselsplan – Mulighet for skader på bentonittmembran	Kontrollere at skjøtselsplanen blir fulgt og følge opp denne for å avdekke om planen hindrer at vekster/røtter kan punktere tildekkingen (bentonitt-membranen).
<i>Vannkjemi</i>	
Bekkeløp oppstrøms Bynesveien	Analysere vannprøver i flere punkter oppstrøms anlegget. Vannprøvene bør tas så høyt i bekken at man kan utelukke avrenning fra veg som kilde til forurensning.
Syredannende potensiale i gjenliggende masser og deponi	Det bør utføres undersøkelser som kan estimere mengder og syredannelsespotensial for de ulike massetyperne. Dette kan med fordel leveres som en 3D-modell over grunnforholdene. Faststoffprøver som innsamles bør analyseres for innhold av prioriterte metaller (arsen, bly, kobber, krom, nikkel, sink), jern (Fe), kalsium (Ca) og svovel (S), samt totalt uorganisk karbon (TIC). Det kan med fordel også bestemmes mineralogi ved XRD.
Vannkjemi i tunellen	Videre oppfølging av renseanlegget med logging av innstrømmende vann (pH, ledningsevne, temperatur og kjemiske parametere).

5 Referanser

- [1] Trondheim Kommune, «Søknad om utslippstillatelse - sivevann fra Killingdal - Ilsvika - Trondheim,» Trondheim Kommune, Trondheim, 2017.
- [2] Miljødirektoratet, «Tillatelse til utslipp av sivevann fra renseanlegget på Killingdal i Ilsvika, Trondheim kommune 2022-2026. 16. november 2022,» 2022.
- [3] Miljødirektoratet, «Midlertidig tillatelse til utslipp av sivevann fra renseanlegget på Killingdal i Ilsvika, Trondheim- endelig utgave,» 2018.
- [4] Miljødirektoratet, «M-608/2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota - revidert 30.10.2020,» 2020.
- [5] Rambøll, «Killingdal gruber, tipp. Miljøtekniske undersøkelser - Datarapport. 640373A,» 2004a.
- [6] Rambøll, «Killingdal gruber, tipp. Miljøtekniske undersøkelser - Risikovurdering. 640373A,» 2004b.
- [7] Multiconsult, «Tiltaksplan for riving, opprydding og sikring. Rap. nr. 413750-1,» 2009.
- [8] Multiconsult, «Sluttrapport. Killingdalområdet, Trondheim. Opprydding i forurenset grunn. Rap. nr. 413750-8,» 2011.
- [9] SFT, «TA-2553/2009 - Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn,» 2009.
- [10] Rambøll, «Situasjonsvurdering, Renere havn - Killingdal. Notat nr. 01,» 2015.
- [11] Multiconsult, «Plan for utbedringsarbeider. Killingdalprosjektet, Trondheim. Notat Miljø 413750-09,» 2012.
- [12] Multiconsult, «Resultater fra overvåking, 2011-2014. Killingdalområdet, Trondheim. 413750-RIGm-RAP-009 rev. 1,» 2015.
- [13] Rambøll, «Videre tiltak. Renere havn - Killingdal. Notat nr. 02 rev. 1,» 2015.
- [14] Rambøll, «Datarapport fra overvåking av overflatevann til resipienten fra Killingdalområdet. Renere havn - Killingdal. Dok. Nr. M-Rap-003,» 2017.
- [15] Rambøll, «Datarapport fra overvåking av utslipp fra Killingdal. Renere havn - Killingdal. Dok. nr. M-RAP-001,» 2016.

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Forslag til supplerende informasjonsinnhenting og miljøundersøkelser		Dokumentnr./Document no. 20210666-01-TN
Dokumenttype/Type of document Teknisk notat / Technical note	Oppdragsgiver/Client Miljøenheten i Trondheim Kommune	Dato/Date 2023-08-24
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/Proprietary rights to the document according to contract NGI		Rev.nr. & dato/Rev.no. & date 0
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords Killingdal, avgangsmasser, syredannende berg		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge, Trøndelag	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Trondheim	Felt navn/Field name
Sted/Location Ilsvika	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: Øst: Nord:	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter- disciplinary review by:
0	Originaldokument	2023-08-24 Simon Ross Stenger	2023-08-24 Mari Moseid		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 24. august 2023	Prosjektleder/Project Manager Mari Moseid
--	-------------------------------------	---

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemand uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

