



INNSPILL TIL PLANLAGT OVERVÅKNING I FØRDEFJORDEN.

Terje van der Meeren, Vivian Husa, Tina Kutti, Lars Asplin, Vidar Wennevik, Lise Doksæter Sivle, Tanja Kögel, Sigurd H. Espeland og Sonnich Meier.

Havforskningsinstituttet
2021



Innspill til planlagt overvåkning i Førdefjorden.

Viser til forespørsel av 07.09.2021 fra Miljødirektoratet om innspill til planlagt overvåkning i Førdefjorden i forbindelse med Nordic Rutile AS sin planlagte gruvedrift i Engebøfjellet. I forespørselen nevnes det at programmet for overvåking skal forelegges relevante sektormyndigheter som Fiskeridirektoratet og Mattilsynet, i tillegg til NIFES. Vi vil i denne sammenheng gjøre oppmerksom på at NIFES har fusjonert med Havforskningsinstituttet (HI).

DNV GL har tidligere utarbeidet forslag til overvåkningsprogram for utvandrende laksesmolt som HI har gitt innspill til. I den nye forespørselen har DNV GL kommet med forslag til ytterligere overvåking. Dette omfatter følgende tema:

- Vannkvalitet (med hensyn til hydrografiske og oseanografiske parametere)
- Bløtbunnsundersøkelse
- Strandsoneundersøkelse
- Hardbunnsundersøkelse
- Gyteområder for fisk
- Overvåkning av nærliggende elver og bekker
- Prosesskjemikalier og prioriterte miljøgifter i sedimenter og organismer (mattrygghet)
- Støy i sjø fra sprengninger

Vi vil i det følgende kommentere forslaget til måleprogram på hvert av disse områdene.

Vannkvalitet (Vedlegg A1)

Havforskningsinstituttet har vurdert forslaget til overvåkning av fysiske parametere der det foreslås å måle vannsøylen annenhver måned i 6 stasjoner. Dette vil gi et moderat innblikk i de generelle forholdene, men unnlater å fange opp dynamikk på tidsskala dag som kan være viktig for å detektere utvekslingsprosesser. Vi foreslår derfor å supplere de profilerende målingene med stasjonære sensorer plassert like over bunnen på vestsiden av området (ctd-2 eller ctd-13) der fysiske parametere måles minst hver time. Disse instrumentene kan f.eks. leses av en gang i halvåret. For å overvåke hvor langt finfraksjon i deponimaterialet eventuelt vil kunne transporteres bør det også vurderes å etablere målestasjoner for blant annet turbiditet i lengre avstand fra deponiet utover Førdefjorden.

Havforskningsinstituttet ønsker også at alle observasjoner av fjordmiljøet som utføres tilknyttet overvåkningsprogrammet, må gjøres løpende og fritt tilgjengelig for annen bruk. Dette bør presiseres i overvåkningsprogrammet da data fra tidligere måleprogram, som er av stor nytteverdi for generell fjordforskning, ennå ikke foreligger fritt tilgjengelig.



Bløtbunnsundersøkelse (Vedlegg A2)

Planen om å opprette faste stasjoner for overvåkning av miljøtilstanden ved deponiet, både før deponiet blir tatt i bruk og ved regelmessige tidsintervaller etter etablering av deponiet, er hensiktsmessig for å kunne følge utviklingen av miljøtilstanden i og i nær deponiområdet over tid ved for eksempel bruk av trendanalyser. En prøvetakingsfrekvens på hvert tredje år er sannsynligvis tilstrekkelig for å kunne detektere mulig akkumulerte effekter av deponering av avgangsmasser over tid.

Med det angitte stasjonsnett vil det derimot ikke være mulig å overvåke om det skjer en spredning av avgangsmasser til områder utenfor deponiet, og hvor omfattende den eventuelle spredningen vil være. Spredning av avgangsmasser til områder langt utenfor deponiområder er tidligere blitt observert, for eksempel i Bøkfjorden og Ranfjorden (Figenschau 2018), og dette er noe man bør ha lagt opp til i et overvåkningsprogram for å kunne detektere. Vi anbefaler derfor at man i det faste stasjonsnett for bløtbunnsanalyser (infauna og kjemiske komponenter) inkluderer ytterligere 3 stasjoner i Førdefjorden og Brufjorden, for eksempel stasjonene ER4, ER5 og ER6 som ble brukt for bløtbunnsundersøkelser i konsekvensutredningen (Rygg, 2008). I tillegg bør man overvåke at det ikke skjer en spredning av avgangsmasser innover i fjorden ved å inkludere en fast overvåkningsstasjon for bløtbunnsanalyser også innenfor terskelen ved Ålasundet. På disse stasjonene bør det også tas regelmessige målinger av turbiditet og oksygeninnhold.

Strandsoneundersøkelse (Vedlegg A3)

I forslaget til overvåkning nevnes det metodikk som er beskrevet i «Klassifisering av miljøtilstand for vann i henhold til vannforskriften» (Veileder 02:2013 – revidert 2015), og i Norsk Standard NS-EN ISO 19493 for utvalgte arter. Dette må gjennomføres av dykkere. Det nevnes videre at det i tillegg skal registreres arter i et 10 m bredt område av strandsonen (Fjæreindexundersøkelse). Det er ikke nevnt noe om hvilke arter som skal registreres i disse undersøkelsene. Grunne områder fra littoralsonen og ned til ca. 10 m dyp er viktige oppvekstområder for marin fisk, inkludert torsk. Overvåkingen bør derfor omfatte fisk på disse grunne områdene, med beskrivelse av metoder og analyser for å kunne detektere endringer som kan skyldes gruvevirksomheten. Særlig viktig er dette med hensyn til støy fra sprengninger og utilsiktede utslipp av partikler i overflatelagene.

De foreslåtte stasjonene for overvåkning omfatter alle områder som kan bli påvirket av gruvevirksomheten. Det mangler derfor kontrollstasjoner som er langt nok unna til å være upåvirket. Inne i den vestlige delen av Redalsvika, like innenfor Grytaskjæret, er det en ålegresseng. Denne ålegressengen vil være i influenssonen for støy fra sprengninger og partikler ved uhellutslipp fra gråbergsdeponi eller prosessanlegg. Det bør derfor plasseres en stasjon i denne ålegressengen i tillegg til de foreslåtte stasjonene, og siden dette er et viktig oppvekstområde for yngel bør overvåkingen også omfatte fisk. Det finnes i tillegg en egen veileder for overvåking av ålegressenger i Vannforskriften (Gundersen m.fl. 2017).



Hardbunnsundersøkelse (Vedlegg A4)

Forslaget til hardbunnsundersøkelse mangler kontrollstasjoner i områder som antas å ikke bli påvirket av et deponi. Dette bør etableres som foreslått i avsnittet ovenfor om bløtbunnsundersøkelser (i Brufjorden og innenfor terskelen ved Ålasundet). Det er fra tidligere undersøkelser vist at små suspenderte mineralpartikler kan påvirke fysiologien og helsetilstanden til filtrerende skjell, svamp og koraller også ved relativt lave konsentrasjoner (Kutti m.fl. 2015, Scanes m.fl. 2018).

Gyteområder for fisk (Vedlegg A5)

I forslaget til overvåkning er det angitt at: *«I henhold til utslippstillatelsen kapittel 12 skal det sees "særskilt på viktige gyteområder for torsk" i forhold til hvordan sjødeponiet påvirker det biologiske mangfoldet i Førdefjorden. Dette innebærer de ulike stadier fra gyting, egg, larver og oppvekst.»*. Det er i forslaget ikke angitt noen metoder for undersøkelse av oppvekstområder for torsk og annen marin fisk. Forslaget angir at det vil benyttes håvtrekk med en 180 µm WP2 håv for å vurdere utbredelsen av egg og larver, men det er ikke angitt om dette er vertikale eller horisontale trekk. Med hensyn til gjennomføring vises det til HI sin «Håndbok for prøvetaking og pre-analyse av plankton» fra 2013, der det står følgende: *«På egg- og larvetokt vil innsamlingsprosedyrene variere»* (side 75 i håndboken). Med andre ord mangler forslaget til overvåkning en beskrivelse av hvordan egg og larver vil samles inn. Dette er ikke uvesentlig, og vanligvis kan ikke innsamling av egg og larver kombineres fordi forekomsten av dem vil være noe forskjøvet i tid. For egg bør innsamling og prøvetaking skje i samsvar med Espeland m.fl. (2013). Innsamling av fiskelarver bør imidlertid skje separat fra eggundersøkelser og ved horisontale håvtrekk der dyp, hastighet og trekk lengde er definert. En maskevidde på 180 µm er lite og kan føre til at håven går tett og at vann skyves unna. For egg kan det f.eks. benyttes 500 µm.

For å kunne si noe om hvordan gruvevirksomheten vil påvirke gyteområdene for fisk i Førdefjorden, må overvåkingen gjennomføres som en effektstudie, for eksempel en BACI-studie (Before, After, Control, Impact). En slik design innebærer at man har et eller flere områder som forventes å være påvirket, pluss minst ett kontrollområde som ikke forventes å bli påvirket av gruvevirksomheten. Dette innebærer også at man har nok stasjoner for prøvetaking over et tilstrekkelig tidsrom til å kunne detektere eventuelle effekter, statistisk sett. Gytingen for torsk foregår over et lengre tidsrom, og gytetoppen kan variere fra år til år. I forslaget til overvåkning er det satt opp undersøkelse av to gyteområder (Redalsvika og Gjelsvika), med innsamling av egg og larver over kun en uke. Dette vil være en for kort periode med hensyn til variasjon i når gytetoppen forekommer. Innsamlingen av egg bør derfor som et minimum gjennomføres både tidlig, i midten av og seint i gyteforløpet, for eksempel slik eggundersøkelser ble gjennomført av van der Meeren m.fl. (2021). Innsamling av larver bør foregå minst en måned senere enn eggundersøkelsene.

Videre angis det i forslaget til overvåkning at det vil gjennomføres prøvetaking med to håvtrekk på hver av tre lokasjoner (stasjoner) innen hvert av de to gyteområdene, tre ganger i løpet av en uke. Dette er også utilstrekkelig for å si noe om geografisk variasjon i eggmengde, gitt den flekkvise fordelingen egg og larver kan ha. Forslaget til overvåkning mangler også helt en kontroll (et referanseområde som ikke vil være påvirket av gruvevirksomheten). Både Gjelsvika og Redalsvika kan bli påvirket av gruvevirksomheten. Et referanseområde bør derfor være et gytefelt flere titalls km utover fra deponiområdet i Førdefjorden. Videre anbefales en enkel poweranalyse for å si noe om hvor mange stasjoner innen hvert gyteområde som trengs for å statistisk kunne påvise



eventuelle effekter i en sammenligning av referanseområdet og gytefeltene i Førdefjorden. Sannsynligvis vil det være nødvendig med minst 10 stasjoner i hvert av gytefeltene og tilsvarende i et referansegytefelt.

Overvåkning av nærliggende elver og bekker (Vedlegg B)

Grytelva og Stølselva ble undersøkt i forbindelse med konsekvensutredningen (Bremset m.fl. 2009), og det ble funnet bestander av både ørret og ål i begge elvene. I Stølselva er det ikke sjøvandrende ørret, mens det i nedre deler av Grytelva ble funnet høye tettheter av ørret som mest sannsynlig er en stedegen bestand av sjøørret (Bremset m.fl. 2009). Grytelva ble gitt verdi B i henhold til Direktoratet for Naturforvaltning sine håndbøker nr. 13 og 19, begge fra 2007. Overvåkning av sjøørret i Førdefjorden er ikke inkludert i overvåkningsprogrammet, og sjøørret er heller ikke nevnt som parameter som skal overvåkes i Grytelva i det foreslåtte overvåkningsprogrammet. Grunnet situasjonen med lakselus er sjøørret generelt under press på Vestlandet (Grefsrud m.fl. 2021a, 2021b).

Med hensyn til måleprogram for Grytelva og Stølselva refereres det til en rapport fra NIVA fra 2008 som ikke er nevnt i referanselisten. Det foreslås å benytte det samme stasjonsnett og analyseparameterene som i NIVA-rapporten, der det henvises til målinger av tungmetaller, næringsalter, fargetall/humusinnhold, organisk stoff, pH, alkalinitet og partikkelkonsentrasjon. Nærmere beskrivelse av metodikk og analyser er ikke gitt, utover at målemetodikk vil følge Vannforskriften veileder 02:2018 (Klassifisering av miljøtilstand i vann) og NS-ISO 5667-6:2014 (Vannundersøkelse – prøvetaking). Det er videre angitt at det vil gjennomføres en undersøkelse før anleggsarbeidet starter, og siden etter behov. Overvåkingen bør skje ved faste intervaller etter oppstart, og i tillegg når det oppstår spesielle behov ut fra mulige hendelser knyttet til ekstremvær eller problemer med sedimentasjonsbassenger og renseanlegg som skal håndtere tilsig fra gruen og det planlagte gråbergsdeponiet i Engebødalen.

Det bør også vurderes om partikkelinnhold i Grytelva skal overvåkes kontinuerlig grunnet mulig sjøørrestamme og det viktige gytefeltet og oppvekstområdet for torsk i Redalsvika. Kontinuerlig overvåking kan gi tidlig varsel om uønskede hendelser slik at tiltak kan settes i gang så hurtig som mulig for å begrense mulige skadevirkninger.

Prosesskjemikalier og prioriterte miljøgifter i sedimenter og organismer (Vedlegg C)

I Vedlegg C under målemetodikk står det: «*Nivåer av kjemikalier i resipienten vil bli overvåket i sedimenter og biota (fisk, blåskjell og krabbe). Foruten analyse av prosesskjemikalier (eller deres nedbrytningsprodukter) vil det bli analysert for følgende kjemikalier: arsen, bly, kadmium, kobber, kvikksølv, sink, organiske tinnforbindelser (TBT, DBT, MBT) og PAH forbindelser for å vurdere mattrygghet.*». I tillegg til de nevnte grunnstoffene inneholder også rutilmalmen (ekoglitten) nikkel og krom (Iversen m.fl. 2009), og disse bør derfor også overvåkes i sedimenter og biota.

Det er allerede foretatt en undersøkelse av fremmedstoffer i Førdefjorden på oppdrag fra Mattilsynet (Kögel 2019). Denne undersøkelsen omfattet torsk, brosme og sjøkreps. Det ble funnet at kadmium og bly i fiskefilet var gjennomgående under EUs og Norges grenseverdier. Konsentrasjoner av arsen, sølv, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink i blåskjell var også lave. I analysen av fileter fra brosme ble det i noen få individer funnet kvikksølvnivå over grenseverdien på 0,5 mg/kg, mens ingen torsk var over grenseverdien for kvikksølv. Det har vist seg at brosme er en mer sensitiv indikator for kvikksølvkonsentrasjoner enn torsk, både fordi den



akkumulerer mer og fordi den opptrer mer stasjonær (Azad m.fl. 2019, Azad m.fl. 2021). Havforskningsinstituttet har i tillegg analysert fisk fra Repparfjorden (Kögel m.fl., in prep). Resultatene fra dette arbeidet viser at hyse er en god indikatorart for å overvåke grunnstoffer som kan ha opprinnelse i et gammelt sjødeponi. Overvåkningsprogrammet bør derfor ha spesielt fokus på både hyse og brosme med hensyn til uønskede grunnstoffer som kan ha opprinnelse i gruveavfallet. I tillegg bør krabber og sjøkreps inngå i overvåkningsprogrammet da disse artene er ettertraktet sjømat, men som ut fra næringsøkologi eller levested i større grad kan være eksponert for uønskede stoffer med opprinnelse i gruveavfallet.

Formen metaller forekommer på i naturen har innflytelse på deres opptak og toksisitet siden de kjemiske og fysiske egenskapene er forskjellige for ioniske former, organiske former eller nanopartikulære former (Ullrich m.fl. 2001, Handy m.fl. 2008). I utvinningen av rutil vil det kunne dannes nanopartikler av bl.a. TiO_2 . Nanopartikler har vist å kunne føre til negative helseeffekter (Federici m.fl. 2007, Hao m.fl. 2009, Rollerova m.fl. 2015, EFSA 2016a, EFSA 2016b). Effekter av nanopartikler på skjell er også kjent fra eksponeringsforsøk der økt opptak av kadmium og dioksiner er registret ved eksponering av TiO_2 nanopartikler (Balbi m.fl. 2014, Yang m.fl. 2014, Banni m.fl. 2016). Det finnes per i dag ikke akkrediterte metoder for analyse av nanopartikler i vann og biota, men om dette skulle komme på plass bør det etableres et fremtidig prøvetakingsprogram for overvåkning av nanopartikler.

Overvåkning av prosesskjemikalier er lite beskrevet i forslaget til overvåkningsprogram, og det henvises til brev til Miljødirektoratet av 10. juni 2020 i forbindelse med revidert søknad om utslippstillatelse, der omfattende basiskarakterisering av kjemikaliene inngår, inkludert akutt og kronisk toksisitet, nedbrytning, sorpsjonsegenskaper og utvikling av tester for å overvåke kjemikalier i svært lave konsentrasjoner. Denne informasjonen er ikke lett tilgjengelig for å vurdere overvåkningsprogrammet med hensyn til prosesskjemikalier i den reviderte søknaden. Det går heller ikke frem om metodene er akkreditert eller ikke. Forslaget til overvåkning mangler en oversikt over hvilke metoder som skal benyttes, hvem som skal gjøre analysearbeidet og hvilke deteksjonsgrenser eller usikkerhet i målinger av aktuelle kjemikalier som gjelder. I referanselisten refereres det til en NIVA-rapport fra 2017 om opptak i fisk, men denne har ikke undersøkt sodium isobutyl xanthate (SIBX) som det er knyttet størst usikkerhet til med hensyn til skadelige miljøeffekter. I forbindelse med revidert søknad om utslippstillatelse kom det for eksempel fram tilstedeværelse av et ukjent nedbrytningsprodukt av SIBX, der hverken giftighet eller nedbrytningstid er kjent (IFE 2020). Videre ble testing av toksisitet av SIBX for fisk kun gjennomført på en amerikansk gruntvannsart (tannkarpen *Cyprinodon variegatus*) (DNV-GL 2020) med svært vide toleransegrenser med hensyn til miljøpåvirkning. Våre hjemlige fiskearter kan ha andre og snevrere toleransegrenser.

Når det gjelder prøvestasjoner nevnes det i Vedlegg C at: «*Prøvetagningsprogrammet inkluderer også innsamling av sedimenter og biota fra upåvirkede områder i nærheten som referanse*», og at «*Sedimentprøver for analyse av miljøgifter hentes inn på samme lokaliteter som det tas bløtunnsprøver fra (beskrevet i VEDLEGG A2)*», og til sist «*Biota samles inn på et utvalg av lokaliteter hvor det er planlagt å gjennomføre gruntvannssamfunn*». Ut fra dette kan det se ut til at prøver for analyse av miljøgifter ikke vil samles inn fra biota på dypt vann, men kun fra stasjonene hvor undersøkelser av gruntvannssamfunn vil skje (angitt i Vedlegg A3). Dette er en klar mangel fordi mulige effekter av miljøgifter knyttet til deponimassene først vil manifestere seg i biota på dypt vann grunnet nærhet til deponiet.



Videre angir ikke forslaget til overvåkningsprogram hva som er referansestasjoner i et antatt upåvirket område. Referansestasjoner bør heller ikke ligge i nærheten av deponiet. I og med at spredning av finkornet materiale fra gruveavgangen er høyst usikker, bør referansestasjoner både for biota og sediment velges i sikker avstand til deponiområdet. Ingen av de foreslåtte stasjonene i Vedlegg C kan sies å ha sikker avstand til det planlagte deponiet. Stasjon E13 som er lengst unna deponiområdet, ligger dessuten ca. 750 m fra oppdrettsanlegget ved Hegreneset (lokalitet 13711 DYVIKA) som er klart innenfor et mulig påvirkningsområde fra dette anlegget. Referansestasjoner bør derfor plasseres i langt større avstand fra både deponiområdet og oppdrettsanlegg. Det bør også vurderes å benytte flere referansestasjoner i ulik geografisk avstand til deponiet, både for sediment og biota. Referansestasjoner kan for eksempel sees i sammenheng med stasjoner benyttet både av HI (Kögel 2019) og av NIVA under konsekvensutredningen (Rygg 2008).

Støy i sjø fra sprengninger (Vedlegg D)

I forslaget til overvåkningsprogram er formålet med overvåkning av lyd angitt ut fra utslippstillatelsen: *«I henhold til tillatelsens punkt 12 andre avsnitt (gitt av kgl.res., 19.02.2016) skal bedriften legge frem forslag til program for overvåking av hvordan virksomheten, herunder sjødeponi og sprengninger, påvirker det biologiske mangfoldet i Førdefjorden og i nærliggende vassdrag.»*

Forslaget til overvåkning av mulige effekter av sprengninger omfatter kun tre målepunkter for lyd i sjø, i nærområdet til graven ved kaien på Engebø, inne på gyteområdet for torsk på Redalsvika og midt i fjorden mellom Russenes og Leknes der laksesmolt antas å vandre ut. Videre står det at: *«Det foreslås å gjøre lydmålinger i resipienten under sprengninger på Engbøfjellet for å vurdere potensiale for adferdseffekter på fisk»*. Å vurdere atferdsendringer samsvarer ikke helt med teksten i utslippstillatelsen, der det er hvordan virksomheten (inkludert sprengninger) påvirker det biologiske mangfoldet i Førdefjorden, som skal overvåkes. Observasjoner av hvordan sprengninger faktisk vil påvirke atferd hos fisk i elver og sjø, mangler derfor i overvåkningsprogrammet. I tillegg står det ingenting om hvordan målingene skal gjennomføres i tid. Er det tre separate målinger eller måles det samtidig på alle de tre målepunktene? Hvor lenge skal måleprogrammet for lydtrykk vare? Vil det være variasjon i størrelse og frekvens av sprengninger, og hvordan vil eventuelt måleprogrammet fange opp slike variasjoner?

Å gjøre en vurdering av risiko for adferdseffekter basert på tilgjengelig litteratur er heller ikke uproblematisk. Litteraturen spriker i mange retninger når det gjelder adferdseffekter av lyd på fisk: ved hvilke nivåer en adferdseffekt inntreffer, hvilken type atferdsrespons lyden igangsetter (flukt fra området, avbrutt beiting/gyting/kurtise etc.) eller om det i det hele tatt kan observeres noen atferdsrespons. Ut fra litteraturen er det imidlertid klart at atferdsresponsen avhenger av kontekst. Dette omfatter blant annet hva fisken driver med (f.eks. er sild langt mer sensitiv før de har gytt enn rett etterpå), tidligere opplevelser med lyden og hva den medførte (habituering/sentitivering), eller hvor «knyttet» fisken er til habitatet (høyere tilknytning gir ofte mindre sannsynlighet for å forlate det). Det er derfor lite entydig hva som vil inntreffe av adferd uansett hvilke lydnivåer som måles. Det eneste er vel kanskje er sikkert er at dersom lyden overstiger et relativt høyt nivå, så er sannsynligheten for en respons ganske stor.

Det står heller ikke noe i forslag til måleprogram om hvilken litteratur som er tenkt benyttet for å vurdere atferdsendringer. Det nevnes en studie som sier at atferdsresponsen har sannsynlighet for å inntreffe om lyden overstiger 150 dB re 1 μ Pa (RMS), men det påpekes samtidig at dette er kriteriets verdi og faglige hold er omdiskutert. Det vil være essensielt å vite akkurat hvilke kriterier og



litteratur som tenkes brukt for å vurdere mulige atferdsendringer. Forsøk med seismikk har vist at torsk har reagert på lydnivåer lavere enn dette (Engås m.fl. 1996), mens pågående forsøk ved HI med gytende torsk tyder på at nivåer noe høyere enn dette ikke nødvendigvis igangsetter fluktreaksjoner. Stigetid for lydimpuls vil imidlertid være forskjellig for luftkanoner som benyttes ved seismikk, sammenlignet med sprengninger.

I tillegg til å måle lyd vil det derfor være essensielt å gjøre faktiske observasjoner av fisk før, under og etter sprengninger. Å observere fisk på denne måten kan være utfordrende, men observasjoner kan gjennomføres direkte ved å ha fisk i større bur utstyrt med videorigg, ved bruk av ekkolodd til å se på mengde fisk før, under og etter sprengninger, eller ved bruk av akustisk merking og bruk av telemetri. Faktiske observasjoner av atferd hos laksesmolt med hensyn til utvandring og sprengninger vil være av interesse å få gjennomført, men utslippstillatelsen angir at det ikke skal sprenges i perioden for utvandring av smolt (15. mai- 15. juni). Dette innebærer at det må sprenges ut nok malm til kontinuerlig drift i denne perioden, noe som bekreftes i Nordic Mining ASA sin rapport fra tilleggsundersøkelsene til konsekvensutredningen (Anon 2014): «*I nevnte periode tilsvarer dette ca. 50-60.000 tonn malm. Dette kan gjennomføres ved at malmproduksjonen økes i perioden april-mai for lagring og bruk i perioden med vandring av smolt.*». Denne økningen av malmbryting i april vil falle sammen med gytetiden for torsk, og det vil derfor være særlig viktig å observere torsk på gyteområdet i Redalsvika. Det må heller ikke glemme at ålegrasengen på grunt vann vest i dette området er et viktig oppvekstområde for torskeyngel og umoden torsk som vil være eksponert for lydtrykket fra sprengningene hele året, i motsetning til gytetorsken som vandrer inn i gytetiden fra februar til april og siden forlater området.

I Utslippstillatelsen er det også angitt at: «*Planene skal angi salvestørrelser, teknisk gjennomføring av sprengningen ved bruk av elektronisk tenningsystem, frekvens og tidspunkt for sprengning, slik at lydtryknivået i fjorden og i Grytelva blir holdt på et minimum.*». Grytelva nevnes altså spesifikt i utslippstillatelsen med hensyn til lydtrykk, men forslaget til overvåkningsprogram omfatter ikke lydmålinger i Grytelva.

REFERANSER:

- Anon. (2014). Nordic Rutile AS. Rutilutvinning fra Engebøfjellet. Beskrivelse av bore- og sprengningsmønster. Oslo, september 2014. 8 pp. <https://docplayer.me/7316121-Nordic-rutile-as-rutilutvinning-fra-engebofjellet-beskrivelse-av-bore-og-sprengningsmonster-oslo-september-2014.html>
- Azad, A.M., Frantzen, S., Bank, M., Johnsen, I.A., Tessier, E., Amouroux, D., Madsen, L. & Maage, A. (2019). Spatial distribution of mercury in seawater, sediment, and seafood from the Hardangerfjord ecosystem, Norway. *Science of The Total Environment* 667: 622-637. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.352>
- Azad, A.M., Frantzen, S., Bank, M.S., Madsen, L. & Maage, A. (2021). Mercury bioaccumulation pathways in tusk (*Brosme brosme*) from Sognefjord, Norway: Insights from C and N isotopes. *Environmental Pollution* 269: 115997. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115997>



- Balbi, T., Smerilli, A., Fabbri, R., Ciacci, C., Montagna, M., Grasselli, E., Brunelli, A., Pojana, G., Marcomini, A., Gallo G. & Canesi, L. (2014). Co-exposure to n-TiO₂ and Cd²⁺ results in interactive effects on biomarker responses but not in increased toxicity in the marine bivalve *M. galloprovincialis*. *Science of the Total Environment* 493: 355-364. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.05.146>
- Banni, M., Sforzini, S., Balbi, T., Corsi, I., Viarengo, A. & Canesi, L. (2016). Combined effects of n-TiO₂ and 2,3,7,8-TCDD in *Mytilus galloprovincialis* digestive gland: A transcriptomic and immunohistochemical study. *Environmental Research* 145: 135-144. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.12.003>
- Bremset, G., Helland, I.P. & Uglem, I. (2009). Konsekvenser av gruvevirksomhet i Engebøfjellet for laksefisk i Nausta, Grytelva og Stølselva. *Temarapport i KU-program knyttet til planer om rutilutvinning ved Førdefjorden - NINA Rapport 416*. 69 pp.
- DNV-GL (2020). Dokumentasjon for miljøegenskaper til stoffet SIBX. Sammendrag. Memo No: Nrutil 1006-2020. 19 pp.
- EFSA ANS Panel (2016a). Scientific Opinion on the re-evaluation of titanium dioxide (E 171) as a food additive. *EFSA Journal* 2016 14(9):4545, 83 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4545>
- EFSA, Schoonjans RAR, (2016b). Annual report of the EFSA Scientific Network of Risk Assessment of Nanotechnologies in Food and Feed for 2016. *EFSA supporting publication 2016*: EN-1145. 14pp. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2016.EN-1145>
- Engås, A., Løkkeborg, S., Ona, E. & Soldal, A.V. (1996). Effects of seismic shooting on local abundance and catch rates of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 2238-2249. <https://doi.org/10.1139/f96-177>
- Espeland, S.H., Albretsen, J., Nedreaas, K., Sannæs, H., Bodvin, T. & Moy, F. (2013). Kartlegging av gytefelt. Gytefelt for kysttorsk. *Fisken og Havet 1/2013*. 43 pp. https://www.hi.no/hi/nettrapporter/fisken-og-havet/2013/fh_1-2013
- Federici, G., Shaw, B.J. & Handy, R.D. (2007). Toxicity of titanium dioxide nanoparticles to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Gill injury, oxidative stress, and other physiological effects. *Aquatic toxicology* 84: 415-430. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2007.07.009>
- Figenschau, N. (2018). Interaction of submarine tailings with natural sediments in three northern Norwegian coastal areas: Sedimentological, mineralogical and geochemical constraints. Master Thesis Institute of Geosciences, UiT, The Arctic University of Norway. 104 pp.
- Grefsrud, E.S., Karlsen, Ø., Kvamme, B.O., Glover, K., Husa, V., Hansen, P.K. Grøsvik, B.E., Samuelsen, O., Sandlund, N., Stien L.H. & Svåsand, T. (2021a). Risikoreport norsk fiskeoppdrett 2021 – risikovurdering. Risikovurdering - effekter av norsk fiskeoppdrett. *Rapport fra havforskningen 2021-8*. 198 pp. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2021-8>



- Grefsrud, E.S., Karlsen, Ø., Kvamme, B.O., Glover, K., Husa, V., Hansen, P.K. Grøsvik, B.E., Samuelsen, O., Sandlund, N., Stien L.H. & Svåsand, T. (2021b). Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2021 – kunnskapsstatus. Kunnskapsstatus effekter av norsk fiskeoppdrett. *Rapport fra havforskningen 2021-7*. 281 pp. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2021-7>
- Gundersen, H., Walday, M.G., Gitmark, J.K., Bekkby, T., Rinde, E., Syverud, T.H., Fagerli, C.W., Vedal, J., Tveiten, L.A., Christie, H. & Moy, F.E. (2017). Nye klassegrenser for ålegress og makroalger i vannforskriften. *Miljødirektoratet Rapport M-788 (2017)*. 77 pp. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M788/M788.pdf>
- Handy, R.D., von der Kammer, F., Lead, J.R., Hasselov, M., Owen R. & Crane M. (2008). The ecotoxicology and chemistry of manufactured nanoparticles. *Ecotoxicology* 17: 287-314. <https://doi.org/10.1007/s10646-008-0199-8>
- Hao, L.H., Wang, Z.Y. & Xing, B.S. (2009). Effect of sub-acute exposure to TiO₂ nanoparticles on oxidative stress and histopathological changes in Juvenile Carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Environmental Sciences* 21: 1459-1466. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)62440-7](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)62440-7)
- IFE (2020). Degradation of sodium isobutyl xanthate (SIBX) in marine water. Institute for Energy Technology, Report no. IFE/F-2020/. 22 pp.
- Iversen, E.R., Bjerkeng, B. & Forfang, I. (2009). Fysisk/kjemiske egenskaper til eklogitt og avgang. *NIVA rapport nr. O-27199 – WP4*. 26 pp.
- Kögel, T. (2019). Førdefjorden: Basisundersøkelse av fremmedstoff i sjømat - Analyse av tungmetaller, andre grunnstoff og persistente organiske forbindelser i sjømat fra Førdefjorden 2017. *Rapport fra Havforskningen 2019-48*. 30 pp. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2019-48>
- Kögel, T., Bienfait, A.M., Maage, A. & van der Meeren, T. (in Prep). Basisundersøkelse av grunnstoffer i sjømat fra Repparfjorden og Revsbotn. Hyse som indikatorart for overvåking av sjødeponi. *Rapport fra Havforskningen*
- Kutti, T., Bannister, R. J., Fosså, J. H., Krogness, C. M., Tjensvoll, I., and Sjøvik, G. (2015). Metabolic responses of the deep-water sponge *Geodia barretti* to suspended bottom sediment, simulated mine tailings and drill cuttings. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 473, 64–72. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2015.07.017>
- Rollerova, E., Tulinska, J., Liskova, A., Kuricova, M., Kovriznych, J., Mlynarcikova, A., Kiss, A. & Scsukova, S. (2015). Titanium dioxide nanoparticles: some aspects of toxicity/focus on the development. *Endocrine regulations* 49: 97-112. https://doi.org/10.4149/endo_2015_02_97
- Rygg, B. (2008). Dyrelivet på bunnen av Førdefjorden og bunnsedimentenes sammensetning Undersøkelser i 2007. Rapport L.NR. 5625-2008. 25 pp. https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/bitstream/handle/11250/214133/5625-2008_200dpi.pdf?sequence=1&isAllowed=y



- Scanes, E., Kutti, T., Fang, J.K.H., Johnston, E.L., Ross, P.M. & Bannister, R.J. (2018). Mine waste and acute warming induce energetic stress in the deep-sea sponge *Geodia atlantica* and coral *Primnoa resedeaformis*; results from a mesocosm study. *Front. Mar. Sci.* 5:129. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00129>
- Ullrich, S.M., Tanton, T.W. & Abdrashitova, S.A. (2001). Mercury in the aquatic environment: A review of factors affecting methylation. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 31: 241-293. <https://doi.org/10.1080/20016491089226>
- Yang, W.W., Wang, Y., Huang, B., Wang, N.X., Wei, Z.B., Luo, J., Miao, A.J. & Yang, L.Y. (2014). TiO₂ nanoparticles act as a carrier of Cd bioaccumulation in the ciliate *Tetrahymena thermophila*. *Environmental Science & Technology* 48: 7568-7575. <https://doi.org/10.1021/es500694t>
- van der Meeren, T., Meier, S., Myksvoll, M.S., Dahle, G., Karlsen, Ø., Staby, A., Mjanger, H., Engevik, A., Dunlop, K.M., Bannister, R. & Skjæraasen, J.E. (2021). Sluttrapport fra ICOD-prosjektet. Arbeidspakke 2: Egg- og yngelundersøkelser på gyte- og oppvekstområder på Smøla og i Aure i forbindelse med etablering av oppdrettsanlegg nær lokale gyteområder for kysttorsk. Rapport fra Havforskningen Nr. 2021-27. 88pp. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/sluttrapport-fra-icod-prosjektet>