



Kommentarer til

«Avfallshandteringsplan Engebø Rutile and Garnet»

Ref. 2022/347

André Marcel Bienfait og Terje van der Meeren
Havforskningsinstituttet

Sammendrag

Havforskningsinstituttet (HI) kan ikke se at avfallshandteringsplanen innebærer nye momenter angående gruvevirksomhet i Engebøfjellet, med tilhørende deponering av gruveavfall i Førdefjorden, samt fare for påvirkning av Grytaelva som har sitt utløp i gytetfeltet i Redals- og Liavika. HI minner igjen om konsekvensene for det marine økosystemet ved dumping av finpartikulært materiale og kjemikalier, som f.eks. SIBX, i Førdefjorden. Videre gir ikke avfallshandteringsplanen etter Havforskningsinstituttets syn god sikkerhet for at miljøforhold i Grytaelva ikke vil kunne påvirkes negativt. Vi ønsker i disse sammenhengene å henvise til våre tidligere høringsvar angående gruveprosjektet i Engebø:

- [Reguleringsplan](#)
- [Utslippstillatelse](#)
- [Tilleggsundersøkelser](#)
- [Driftstillatelsen](#)
- [Endring av utslippstillatelse](#)
- [Innspill til planlagt overvåkning](#)

Selv om det i det foreliggende forslaget til avfallshandteringsplan finnes noen mangler, beskriver planen godt en del viktige momenter for å minimere avfallsmengde. Det er likevel viktig å ta i betraktning at utslippstillatelsen fremdeles omfatter opp til 4 millioner tonn avfall til deponi i Førdefjorden pr. år, og at avfallsmengden derfor uten videre kan økes innenfor denne rammen. Våre kommentarer kan oppsummeres i følgende punkter:

- Overvåkning og tiltak av Grytaelva og Redalsvika mot utslipp av finpartikulært materiale, oljesøl og ammonium fra rester av sprengstoff er utilstrekkelig beskrevet.
- Det er uklart hvordan sedimentasjonsbassenget vil fungere, inkludert under episoder med ekstremnedbør.
- Det er også uklart om Grytaelva vil få redusert vannføring, hvor vann fra sedimentasjonsbassenget vil ende opp, og hvilke kontrolltiltak som vil iverksettes ved overskridelse av grenseverdier her.



- Det mangler tilstrekkelig karakterisering av partikkelstørrelsesfordelingen i avgangsmassene, noe som er nødvendig for å vurdere partikkelspredning.
- Det bør settes mer fokus på alternativ bruk av gruveavfallet med sirkulær økonomi som målsetning.
- Det er ikke tatt hensyn til mulige utslipp av mikro- og nanoplast.
- De positive forventningene til rehabiliteringen av sjødeponiet mangler etter HIs syn en solid faglig forankring.
- Flotasjonsprodukt som inneholder Sodium Isobutyl Xanthate (SIBX) bør håndteres og destrueres som spesialavfall i stedet for å slippes ut med avgangen.
- Håndtering av borevann fra dagbrudd og underjordisk drift er ikke omtalt.
- Angående overvåking av miljøtilstand mangler det etablering av referansestasjoner. Videre er det et usikkerhetsmoment knyttet til finanseringen av overvåkingen etter drift.

Innledning

Avfallshåndteringsplanen omhandler hovedsakelig håndtering av 1) gruveavgang til sjødeponi, 2) tiltak for oppbygning, drift og håndtering av landdeponi (gråberg og malm) med hensyn til miljøpåvirkning i Grytaelva, samt 3) vurdering og tiltak i forbindelse med støy og støv fra gruvevirksomheten. Det er foretatt beskrivelse av tiltaket og området rundt, generering og karakterisering av avfallet, design og drift av gruveanlegget, avslutning og rehabilitering, tiltak for å unngå miljø- og samfunnspåvirkning, samt miljøovervåking.

HI vil begrense seg til å kommentere på områder som berører vårt fagfelt: faktorer som kan påvirke det marine økosystemet, og trusler mot vassdrag som kan knyttes til anadrom og katadrom fisk som begge har deler av sin livssyklus i sjøen. Vi vil likevel påpeke at vi er kjent med at det finnes et forslag om gruvedrift i Engebøfjellet som ikke innebærer etablering av et sjødeponi. HI savner derfor en vurdering av et slikt alternativ i avfallshåndteringsplanen. Gruvedrift uten sjødeponi vil gi store miljømessige gevinster i det marine økosystemet.

Vurdering

Avfallshåndteringsplanen skal ifølge utslippstillatelsen dekke punkter som er listet i Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften) kap. 17, §17-7. Avfallsforskriften ble revidert i 2021, og punktene om tilbakefylling og alternativ bruk av masser er ikke lenger med. Disse punktene er derimot listet som krav i utslippstillatelsen. Derimot er det etter revisjonen av avfallsforskriften tatt inn et punkt om "*Forslag til framgangsmåter for overvåking og kontroll*". Den foreliggende planen for avfallshåndtering har et eget kapittel om miljøovervåking i alle faser av gruveanlegget. Når det gjelder driftsfasen viser planen til et rammeverk for overvåking som er godkjent av Miljødirektoratet. HI sine kommentarer til rammeverket med tilhørende overvåkningsprogram er tilgjengelig på vår [hjemmeside om gruveavfall](#). Vi savner imidlertid at avfallshåndteringsplanen beskriver hvilke tiltak som vil iverksettes hvis overvåkingen detekterer avvik. For sjødeponiet krever utslippstillatelsen stans av driften hvis grenseverdier overskrides, mens det for vassdraget Grytaelva



ikke er beskrevet hvordan man vil få kontroll over utilsiktede utslipp som måtte detekteres av overvåkningen. I kapittel 7.2 viser avfallshåndteringsplanen riktignok til miljørisikoanalyse ved detaljprosjektering av sedimentasjonsdammen nedenfor landdeponiet. Her nevnes en del tiltak uten at disse er beskrevet nærmere. Dette er etter vår mening utilstrekkelig, og tiltakene bør detaljeres og suppleres med bakgrunnsdata for beregninger. Overvåking av vannføring og partikkelinnhold, samt andre mulige forurensninger fra landdeponiet, bør være kontinuerlig på samme måte som partikkelmengde i sjøvannet ved og over deponigrensene skal være kontinuerlige. Overvåkingsteknologien bør beskrives.

Grytaelva og Redalsvika

Grytaelva har bestander av både sjøørret og ål. Redalsvika er et viktig gytefelt for kysttorsk med regional verdi, og vest i Redalsvika ved Grytaskjeret er det et større ålegras som er viktig oppvekstområde for fiskeyngel, inkludert torsk. De grunne områdene her er derfor av stor betydning for rekruttering hos fisk, og de benyttes trolig også av ål som ikke vandrer opp i ferskvann, men lever hele sin livssyklus i sjøen (Rohtla m.fl. 2022).

Avfallshåndteringsplanen beskriver hvordan det hydrologiske nedslagsområdet som inkluderer landdeponiet, skal tilrettelegges gjennom grøfting for å samle all avrenning til et sedimentasjonsbasseng før videreføring av vannet til sjø. Det er imidlertid uklart om vann fra dette bassenget skal renses videre før utslipp, både når det gjelder partikkelinnhold og oljerester. Det er også uklart om noe av dette vannet vil havne i Grytaelva. Sedimentasjonsbassenget er illustrert i planen, og det henvises til rapporter fra Asplan Viak som ikke er tilgjengelige, hvorav en ikke er angitt i referanselisten. Generelt bør sedimentasjonsbassengets funksjon vært beskrevet i mer detalj, spesielt med hensyn til å holde konsentrasjonen av finpartikler lavt i avløpsvannet, spesielt i forbindelse med episoder med ekstremnedbør knyttet til klimaendringer.

Videre er det ikke presentert beregninger på forventet avrenning fra nedbørsfeltet som landdeponiet tilfører. Dette er viktig at er med i planen, for dimensjonering av renseanlegget, inkludert eventuelt sandfilter, må kunne håndtere ekstremnedbør med god sikkerhetsmargin. Kontroll med avrenning må også sikres i anleggsfasen fordi avgraving som er beskrevet i planen, vil produsere store partikkelmengder. Bygging av renseanlegg med tilstrekkelig kapasitet bør derfor være første steg i anleggsarbeidet, og tiltak må iverksettes for å minimere partikkelutslipp også fra dette arbeidet.

Grytaelva renner ut i gytefeltet og oppvekstområdene i Redalsvika, og larver og egg vil befinne seg hovedsakelig i overflatelaget av vannsøylen. Viktigheten av å holde partikkelkonsentrasjonene i Grytaelva på et minimum understrekes blant annet av ny kunnskap siden utslippstillatelsen første gang ble gitt, om effekter av mineralpartikler på fiskeegg og larver. Det er påvist at slike partikler kan feste seg på torske- og hyseegg og gjøre disse tyngre slik at de synker, og at dette kan føre til dårligere overlevelse hos larvene grunnet for tidlig klekking av eggene (Farkas m.fl. 2021). Ved eksponering av mineralpartikler kan økt dødelighet etter klekking hos torsk også skyldes at de tidligste larvestadiene er spesielt sårbare (Reinhardy m.fl. 2019). Også plankton som hoppekreps, som er den viktigste føden for fiskelarver og fisk som lever fritt i vannmassene, vil spise



mineralpartikler (Farkas m.fl. 2017)), og utslipp fra Grytaelva kan i tillegg til nedslamming av de grunne oppvekstområdene få konsekvenser for fiskelarvers næringsinntak (Svendheim m.fl. 2021).

Også med hensyn til eksponering av fiskeegg og larver for olje er det ny kunnskap. Eksponering av tidlige livsstadier for petrogene forbindelser kan forårsake akutt giftighet og i tillegg medføre en rekke subletale defekter som kan resultere i feilutvikling og forsinket økt dødelighet. Det er vist at subletale defekter i torsk oppstår allerede etter en eksponering for 2,5 µg PAH/L (Sørensen m.fl. 2017, Hansen m.fl. 2019). Mens oljeeksponering sammen med UV-lys (tilsvarende naturlig lys) senket denne grenseverdien ytterligere til 0,5 µg PAH/L, noe som korresponderer til nominelle oljekonsentrasjoner på 50 µg olje/L (Aranguren-Abadía m.fl. 2021). Andre arter har vist seg å være enda mer følsomme for oljeforurensning. For eksempel var eksponering for 10 µg olje/L (0,1 µg PAH/L) på eggstadiet nok til å redusere svømmeevnen til hyselarver 30 dager senere (Cresci m.fl. 2020). Avfallshåndteringsplanen bør beskrive tiltak som skal sikre at utilsiktede oljeutslipp ikke skjer, herunder tiltak for å minimere eller hindre utslipp til vassdrag og sjø hvis uhellet først er ute.

Det er uklart om vann vil avledes direkte til sjø fra sedimentasjonsbassenget, slik at fra vannføringen i Grytaelva vil bli redusert. Redusert vannføring vil kunne påvirke både sjøørretens gyting og livsbetingelsene for yngelen i elven. På den andre siden vil økt partikkelinnhold i Grytaelva kunne påvirke alle deler av økosystemet i elven negativt (Hessen 1988). Livsbetingelsene til både sjøørret og ål vil kunne påvirkes negativt ved et slikt scenario. Sjøørret er under press på grunn av økt forekomst av lakselus knyttet til oppdrettsnæringen, og særlig på Vestlandet (Karlsen m.fl. 2022), og ytterligere skade bør begrenses ved at gytebekker og elver holdes intakte. Avfallshåndteringsplanen bør derfor være mye mer utfyllende på dette og vise i detalj og klarhet hvordan overvåkning og tiltak for å hindre forurensning eller vanntilførsel som setter Grytaelva sin integritet som reproduktiv enhet for sjøørret i fare.

Avfallshåndteringsplanen angir hvor 150 000 m³ avgravde masser fra landdeponiet kan lagres, men det gis ingen informasjon om hvordan erosjon fra disse massene skal hindres.

Avfallshåndteringsplanen gir detaljert oversikt over innhold av metaller i gråberg og malm og utlekking av disse fra landdeponiet opp mot grenseverdier. Det bør i denne sammenheng nevnes at grenseverdiene for sink sannsynligvis ikke er satt ut fra at sink har vist seg å hindre klekking hos kveiteegg (Jelmert & Bergh 1995). Det er ikke kjent om sink har tilsvarende effekt på egg hos andre fiskearter.

Sjødeponiet

HI mener at «en karakterisering av mineralavfallet», som det stilles krav til i «Tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven for Nordic Rutile AS», er ufullstendig beskrevet i kapittel 9.2.1. Den finpartikulære fraksjonen i avgangsmassene er ikke tilstrekkelig karakterisert med hensyn til sine fysiske egenskaper, spesielt med hensyn til partikkelstørrelsesfordelingen og andel nanopartikulært materiale basert på partikkelantall. Uten kunnskap om disse egenskapene er det ikke mulig å beregne partikkelspredning. Utvinningsprosessen er endret siden den første utslippstillatelsen ble godkjent. Dette innebærer at en ny sammensetning av avfallet med hensyn til partikkelstørrelser kan være tilfellet. Videre er undersøkelser av partikkelsammensetningen (kornstørrelsen) på basis av



partikkelantall avgjørende for å vurdere om avgangsmassene må klassifiseres som nanomateriale etter EU definisjonen 2011/696/EU. Aggregering og agglomerering (flokkulering) av nanopartikler påvirker ikke om materialet skal defineres som nanomateriale. Hvis avgangsmassene blir definert som nanomateriale kan det medføre at de må registreres i REACH og håndteres etter tilhørende regelverket.

Et annet moment som HI tidligere har påpekt, er de store usikkerhetene i de gjennomførte simuleringene av partikkelspredning og sedimentering i forbindelse med konsekvensutredningen for reguleringsplanen og utslippssøknaden. Beregninger av partikkelspredning og sedimentoppbygging i fremtidsscenarier ble gjennomført kun for partikler større enn 15 µm (DNV-GL 2014a, 2014b) og med utgangspunkt i månedlig gjennomsnittsstrøm der mars måned ble valgt til tross for at strømhastigheten fra faktiske målte verdier denne måneden var blant de laveste for det året målingene ble gjennomført. Episodiske strømperioder hvor strømmen er betydelig over gjennomsnittet eller perioder med de årlige utskiftingene av bunnvannet i fjorden, er det heller ikke tatt hensyn til. I tillegg er det vist at finpartikulært avfall kan spre seg over større områder ved turbiditetsras (Figenschau 2018) som kan skje fra deponikjeglen og nedover langs en ganske svakt skrånende bunn. Slike ras er dokumentert både i Bøkfjorden og Ranfjorden. I Ranfjorden er nå økologisk tilstand på bunnen blitt dårligere enn god hele 19 km ut fra utslippspunktet, og det er konkludert med at dette skyldes det finpartikulære gruveavfallet (Øxnevad m.fl. 2022). Også i Førdefjorden er det en svakt skrånende bunn som går flere kilometer ut forbi deponigrensen, ut terskelen ved Hegreneset. Denne usikkerheten kan få betydning for om og eventuelt hvor ofte grenseverdier satt for sjødeponiet overskrides. Avfallshåndteringsplanen nevner ikke tiltak eller strategier for å håndtere en slik situasjon, og dette er en klar mangel.

I Kapittel 9.1.2 vises det til konsekvensutredningen med hensyn til modellering av partikkelspredning. Det nevnes bl.a. at deponiet utgjør kun 5% av det totale bunnhabitatet i Førdefjorden. Deponiet kan først og fremst ha effekter for de dypere delene av fjorden, og i den sammenheng utgjør deponiet en betydelig andel, det vil si ca. 20% av bunnarealet dypere enn 200 m. For øvrig viser vi til HI sine tidligere uttalelser når det gjelder sjødeponiet og effekter på det marine økosystemet.

Alternativ bruk av gruveavfallet

I kapittel 4.3.4 er det positivt at alternativ bruk av gråberg og avgangsmassene ble undersøkt. Alternativ bruk av gruveavfallet er den mest effektive måten å begrense negative miljøeffekter på. I lys av verdens utfordringene knyttet til klima og naturmangfold, bør målsetningen være en sirkulær økonomi der den enes avfall er den andres råstoff (UNEP 2022). For eksempel har Vale i 2020 i Brasil åpnet en fabrikk som bruker gruveavgang som råstoff til byggevarer (<http://www.vale.com/brasil/EN/aboutvale/news/Pages/vale-opens-factory-that-transforms-mining-waste-into-products-for-civil-construction.aspx>).



Mikro- og nanoplast

I kapittel 7.3 blir avgangsrøret i HDPE (high-density polyethylene) nevnt, men nedsliping av røret som vil føre til utslipp av mikro- og potensielt nanoplast blir ikke tatt hensyn til. I tillegg bør det stilles krav om å bruke plastfrie tennsystemer under sprengningsarbeider for å redusere plastforsøpling. I den grad det vil være nødvendig å benytte plastarmert betong for sikring i tunneler, bør tiltak for å hindre plastforurensing fra dette også inkluderes i avfallsplanen.

Rehabilitering av sjødeponi

I kapittel 8.1.3 blir det nevnt at «*Erfaringar frå eksisterande og tidlegare sjødeponi viser at sjødeponi kort tid etter avslutta drift har god evne til naturleg rehabilitering.*». Dette samsvarer ikke med undersøkelser gjennomført i Jøssingfjorden der bunnen var fri for oksygen 1-2 cm ned i sedimentet, hadde hvite bakteriematter på overflaten, metanogenese med gassdannelse i sedimentet og hadde lav biodiversitet med 90% av dyrene i de øverste 5 cm av sedimentet (Olsen m.fl. 2019). Funn av "god økologisk tilstand" i NIVA sin overvåking av Jøssingfjorden kan forklares med at indeksene for bløtbunnsfauna primært er beregnet på organisk belastning, og derfor ikke fanger opp respons på øvrige forstyrrelsesfaktorer like godt (Trannum m.fl. 2018). NIVA konkluderte derfor med at "*Klassifiseringen basert på kvalitetslementet marin bløtbunn angir altså ikke noen fullstendig økologisk tilstand til de undersøkte vannforekomstene*" (Trannum m.fl. 2018). Også i Repparfjorden etter mer enn 40 år finner man fremdeles klare tegn på at fauna er negativt påvirket av det gamle deponiet (Trannum m.fl. 2019).

Videre forventer Nordic Mining at «*...deponiet i løpet av få år vil rekoloniserast og at det igjen vil etablerast eit botndyrsamfunn med godt artsmangfold og samansetning*». "Godt artsmangfold og sammensetning" er i beste fall svært upresist. Et deponi vil inneholde svært lite organisk karbon samt mineralpartikler som er forskjellige i sine fysiske og kjemiske egenskaper sammenlignet med naturlig sediment, som inneholder en betydelig mengde komponenter av biologisk opprinnelse (dødt plankton, "marin snø"). Etter endt deponering vil deponimassene gradvis koloniseres med opportunistiske arter som tolererer eventuelle forurensinger, og som hovedsakelig vil finne sin næring på sedimentoverflaten. Gradvis vil avfallet anrikes med organisk materiale og dekkes med nytt naturlig sediment. Denne prosessen vil ta svært lang tid. For Førdefjorden viser data (Bøe m.fl. 2004) at et 10 cm tykt lag med naturlig sediment vil ta i størrelsesorden 400 år å danne. Grunnet bioturbasjon vil avfall og nytt sediment blandes, og det trengs trolig mer enn 10 cm for å fullstendig skjule avfallet i deponiet. Deponihaugene i Repparfjorden er fremdeles ikke dekket av nytt sediment (Anderson m.fl. 2018). Fullstendig rehabilitering vil innebære at avfallet ikke lengre er tilgjengelig for dyr som graver i sedimentet.

Sprengstoffrester i landdeponi

I kapittel 9.1.1 blir blant annet problemstillinger knyttet til udetonert ammoniumnitrat diskutert. Vi ønsker å påpeke at omdanning av ammonium-ionene til ammoniakk, som er svært giftig for vannlevende organismer, kan hindres/redueres ved pH-kontroll og justering i



sedimentasjonsbassenget. Videre skal innhold av ammoniakk og partikler i avrenning fra landdeponiet overvåkes, men det nevnes ikke om hvordan denne overvåkingen skal gjennomføres. Det ble bestemt at «*avfallshånderingsplanen skal utarbeides etter kriterier satt i avfallsforskriftens kapittel 17, § 17-7*», som under punkt d) krever «*forslag til framgangsmåter for overvåking og kontroll*». Ammonium foreligger i likevekt med ammoniakk i vandige løsninger. Ammoniakk er svært giftig for vannlevende organismer, og siden sjøen er svakt basisk vil likevekten forskyves mot ammoniakk sammenlignet med ferskvann. Det ble for eksempel observert økt dødelighet hos torskeyngel ved konsentrasjoner av ammoniakk i området 0,019 - 0,082 mg/L NH₃-N (van der Meeren & Mangor-Jensen 2020). Ammonium kan i tillegg representere et gjødselproblem siden alger vil bruke dette som næringsstoff. Overvåking av algesamfunn og biomasse i sjø der utslipp av ferskvann fra sedimentasjonsbassenget foregår bør derfor gjennomføres, særlig hvis avrenningen skjer inne på Redalsvika.

Sodium Isobutyl Xanthate (SIBX)

Sodium Isobutyl Xanthate (SIBX) blir brukt i en flotasjonsprosess for å fjerne uønsket pyritt (FeS₂) og andre metallsulfider fra produktstrømmen. Dette skjer ved at SIBX binder seg selektivt til sulfider og gjør partiklene vannavstøtende slik at de flyter opp og kan fjernes. SIBX og nedbrytningsproduktet CS₂ er giftig for vannlevende organismer. Derfor vil vi igjen vise til våre tidligere uttalelser om dette kjemikalet. Det bør stilles krav om at SIBX-holdige masser behandles og destrueres som spesialavfall og ikke tilbakeføres til avgangsstrømmen.

Avfallshåndteringsplanen viser til "rundt 20 test- og modelleringsprogram for SIBX" for en miljøevaluering av dette stoffet. I den forbindelse kan det nevnes at SIBX ikke er testet på marin kaldtvannfisk (f.eks. torsk) men en amerikansk brakkvannsart med vide toleransegrenser for miljøendringer. Testprogrammet inkluderte også test av nedbrytningshastighet hvor det ble funnet en uidentifisert kjemisk forbindelse. Det kunne ikke konkluderes på nedbrytningstid blant annet på grunn av metodiske problemer med testene (DNV-GL 2020). Disse forhold tilsier særlig forsiktighet ved bruk av SIBX, og at stoffet sammen med oppkonsentrerte metallsulfider bør destrueres i stedet for å slippes ut i miljøet.

Borevann fra dagbrudd og underjordisk drift

I kapittel 2.3.2 nevnes det at avrenning fra dagbrudd og gråbergdeponiet skal ledes til sedimentasjonsbassenget, men det nevnes ikke om dette også omfatter vann brukt til boring i fjell fra dagbruddet og underjordisk drift som vil generere mye finpartikler. Håndtering av borevann bør inkluderes og beskrives i avfallshåndteringsplanen.



Overvåkning

I kapittel 10.3 blir overvåkningsaktivitetene etter drift diskutert. Overvåkningen vil være kostnadsintensiv og skal foregå i minst 15 år etter at driften er avsluttet. Det kommer ikke av planen frem fram hvem som skal bære kostnadene til overvåkning, opprydding og rehabilitering hvis driften avsluttes ved konkurs av Nordic Mining.

For å kunne vurdere endringer i overvåkningsparametere, er det helt nødvendig å gjennomføre overvåkning på referansestasjoner som ikke forventes å bli påvirket av deponiene. Dette gjelder spesielt for biologisk liv i sjø, der betydelige årlige endringer snarere er regelen enn unntaket. Referansestasjoner blir dermed helt nødvendige for å skille naturlig variasjon og eventuelle effekter av deponiene. Avfallshåndteringsplanen nevner ingenting om dette, og beskrivelsen av overvåkningsprogrammet bør derfor oppdateres med hensyn til referansestasjoner.

Referanser

Andersson, M., Finne, T.E., Jensen, L.K. & Eggen, O.A. (2018). Geochemistry of a copper mine tailings deposit in Repparfjorden, northern Norway. *Science of the Total Environment* 644: 1219-1231.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.385>

Aranguren-Abadía, L., Yadetie, F., Donald, C.E., Sørhus, E., Myklatun, L.E., Zhang, X., Lie, K.K., Perrichon, P., Nakken, C.L., Durif, C., Shema, S., Browman, H.I., Skiftesvik, A.B., Goksøyr, A., Meier, S., Karlsen, O.A. (2021). Photo-enhanced toxicity of crude oil on early developmental stages of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Sci. Total Environ.*: 150697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150697>

Bøe, R., Longva, O., Lepland, A., Blikra, L.H., Sønstegaard, E., Haflidason, H., Bryn, P. & Lien, R. (2004). Postglacial mass movements and their causes in fjords and lakes in western Norway. *Norwegian Journal of Geology* 84: 35-55. https://foreninger.uio.no/ngf/ngt/pdfs/NJG_84_35-55.pdf

Cresci, A., Browman, H.I., Skiftesvik, A.B., Shema, S., Bjelland, R., Durif, C., Foretich, M., Di Persia, C., Lucchese, V., Vikebø, F., Sørhus, E. (2020). Effects of exposure to low concentrations of oil on expression of cytochrome P4501a and routine swimming speed of Atlantic haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) larvae in situ. *Environ. Sci. Technol.* 54: 13879-13887

<https://doi.org/10.1021/acs.est.0c04889>

DNV-GL (2014a). Appendix 4: Vurdering av flokkuleringseffekten og tilpasning i DREAM. DNV-GL Rapportnr.: 2014-1244, Rev A. 7 pp.

DNV-GL (2014b). Strømforhold og partikkelspredning i Førdefjorden. DNV-GL Rapportnr.: 2014-1244, Rev A. 50 pp.

DNV-GL (2020) Dokumentasjon for miljøegenskaper til stoffet SIBX – sammendrag. DNV-GL Memo No: Nrutille 1006-2020. 19 pp.

Farkas, J., Alti, D., Hamme, K.M., Hellstrøm, K.C., Boot, A.M. & Hansen, B.H. (2017). Characterisation of fine-grained tailings from a marble processing plant and their acute effects on the copepod



Calanus finmarchicus. Chemosphere 169: 700-708.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.118>

Farkas, J., Nordtug, T., Svendheim, L.H., Amico, E.D., Davies, E.J., Ciesielskic, T., Jenssen, B.M., Kristensen, T., Olsvik, P.A., Hansen, B.H. (2021). Effects of mine tailing exposure on early life stages of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). Environmental Research 200: 111447. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111447>

Figschau, N. (2018). Interaction of submarine tailings with natural sediments in three northern Norwegian coastal areas: Sedimentological, mineralogical and geochemical constraints. *Master's thesis in geosciences, The Arctic University of Norway*. 96 pp.

<https://munin.uit.no/handle/10037/12823>

Hansen, B.H., Sørensen, L., Storseth, T.R., Nepstad, R., Altin, D., Krause, D., Meier, S., Nordtug, T. (2019). Embryonic exposure to produced water can cause cardiac toxicity and deformations in Atlantic cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) larvae. Mar. Environ. Res. 148: 81-86. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.05.009>

Hessen, D. (1988). Biologiske effekter av partikler i vann. Limnos, 3: 1-7.

Jelmert, A., Bergh, Ø. (1995). Bruk av sinkanoder kan skape problem i klekkerier for marine arter.

Havforskningsnytt Nr. 16, 1995. <https://imr.brage.unit.no/imr-xmlui/bitstream/handle/11250/115600/199516.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Karlsen, Ø., Dalvin, S., Johnsen, I.A., Sandvik, A.D., Rosa Maria Serra-Llinares, R.M. (2022). 3 - Risiko knyttet til dødelighet hos utvandrende postsmolt laks og negative effekter på sjøørret og sjørøye som følge av utslipp av lakselus fra fiskeoppdrett. In: Grefsrud, E.S., Andersen, L.B., Bjørn, P.A., Grøsvik, B.E., Hansen, P.K., Husa, V., Karlsen, Ø., Kvamme, B.O., Samuelsen, O., Sandlund, N., Solberg, M.F., Stien, L.H. (Eds). Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2022 - risikovurdering - Effekter på miljø og dyrevelferd i norsk fiskeoppdrett. Rapport fra havforskningen 2022-12: 184-194.

<https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2022-12#sec-3>

Olsen, L.M.B., Kutti, T., Dahle, H., Hafliðason, H. & Thorseth, I.H. (2019). Biogeochemical processes in submarine mine tailings and the impact on benthic fauna. *Abstract on the Goldschmidt2019 conference, Association of Geochemistry and the Geochemical Society, Barcelona, 18.-23. August 2019*.

<https://goldschmidt.info/2019/abstracts/abstractView?id=2019004576>

Reinardy, H.C., Pedersen, K.B., Nahrgang, J. & Frantzen, M. (2019). Effects of mine tailings exposure on early life stages of Atlantic cod. Environ Toxicol Chem. 38: 1446-1454.

<https://doi.org/10.1002/etc.4415>

Rohtla, M., Daverat, F., Arts, M.T., Browman, H.I., Parzanini, C. Skiftesvik, A.B., Thorstad, E.B., van der Meeren, T., Vøllestad, L.A., Durif, C.M.F. (2022). Habitat use and growth of yellow-stage European eel in coastal and freshwater ecosystems in Norway. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, (in Press).

Svendheim, L.H., Jager, T., Olsvik, P.A., Øverjordet, I.B., Ciesielski, T.M., Nordtug, T., Kristensen, T., Hansen, B.H., Kvæstad, B., Altin, D., Farkas, J. (2021). Effects of marine mine tailing exposure on the



development, growth, and lipid accumulation in *Calanus finmarchicus*. *Chemosphere* 282: 131051. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131051>

Sørensen, L., Sørhus, E., Nordtug, T., Incardona, J.P., Linbo, T.L., Giovanetti, L., Karlsen, O., Meier, S. (2017). Oil droplet fouling and differential toxicokinetics of polycyclic aromatic hydrocarbons in embryos of Atlantic haddock and cod. *PLoS One*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180048>

Sørhus, E., Edvardsen, R.B., Karlsen, Ø., Nordtug, T., van der Meeren, T., Thorsen, A., Harman, C., Jentoft, S., Meier, S. (2015) Unexpected Interaction with Dispersed Crude Oil Droplets Drives Severe Toxicity in Atlantic Haddock Embryos. *PLoS One*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124376>

Trannum, H.C., Næss, R., Borgersen, G. (2018). Overvåking av marin bløtbunnsfauna for Titania A/S i 2018. NIVA Rapport L.nr. 7291-2018. 45 pp. <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/handle/11250/2565675>

Trannum, H.C., Renaud, P., Evenset, A. (2019). Mine tailings have short- and long-term effects on benthic communities in an Arctic fjord. *Norske Havforskeres forening*, Tromsø, 13-02-2019. https://www.havforsk.no/wp-content/uploads/2019/02/Trannum_Mine-tailings-effects-on-benthic-communities.pdf

UNEP 2022. Sand and sustainability: 10 strategic recommendations to avert a crisis. GRID-Geneva, United Nations Environment Programme, Geneva, Switzerland <https://www.unep.org/resources/report/sand-and-sustainability-10-strategic-recommendations-avert-crisis>

van der Meeren, T. & Mangor-Jensen, A. (2020). Tolerance of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) larvae to acute ammonia exposure. *Aquaculture International* 28: 1753-1769. <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00555-8>

Øxnevad, S., Trannum, H.C., Næss, R., Borgersen, G., Brkljacic, M., Hjermann, D. (2022). Tiltaksorientert overvåking av Ranfjorden i 2021. Overvåking for Mo Industripark AS, Celsa Armeringsstål AS, Elkem ASA Rana, Ferroglobe Mangan Norge AS, Miljøteknikk Terrateam AS, Rana Gruber AS og Rana kommune. NIVA Rapport L.nr. 7708-2022. 179 pp. <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/handle/11250/2982336>