

Førdefjorden og Vevring sett fra Engebøfjellet.  
The Førdefjord and Vevring (Western Norway) viewed from the Engebø mountain.

## Ny usikkerhet om bruken av fjorder som avfalls plass for gruver

Vi vet lite om hvordan gruveavgang i sjø påvirker kystnær fisk og andre marine arter. En økende bevissthet om partikkelbelastning – både fra naturlige og industrielt fremstilte partikler – kompliserer bildet ytterligere. Vi bør vente med nye store gruveprosjekter til kunnskapshullene er tettet og det er funnet miljøvennlige metoder for utvinning og bruk av avgangen.

JAN HELGE FOSSÅ | jan.helge.fossaa@imr.no, LARS ASPLIN, TERJE VAN DER MEEREN, SONNICH MEIER, TINA KUTTI og RAYMOND BANNISTER

Nåværende regjering har – som den forrige – som mål at norsk gruveindustri skal drive miljøvennlig og fremtidsrettet. Samtidig fortsetter praksisen med fjorddeponier. Per i dag er fjorddeponi ikke forenelig med miljøvennlig gruve drift. Det er flere grunner til det. Slike deponi består av enorme mengder avfall i blanding med prosesskjemikalier (ikke alle er tilfredsstillende miljøtestet), og de belaster fjordbunnen med unaturlig stor avleiring. Deponiene inneholder rester av tungmetaller som kan gi giftige tilstander i fjordbunnen og gjøre de mest berørte områdene uproduktive. Fine partikler av tungmetaller kan dessuten spres langt utover det som defineres som deponiområdet.

### Hvordan takler fisk gruveavfall?

Det er bare i liten grad undersøkt hvordan fisk reagerer på gruveavgang. Før vi kan gå i gang med å kartlegge hvilken effekt selve gruveavgangen har på fisk, trenger vi kunnskap om fiskens gytefelt, leveområder for de tidlige livsstadene og oppvekstområder for yngel (les mer i faktaboks).

Noen av gruveprosjektene planlegger å dumpe avfallet i eller rett ved gytefelt for torsk. Kysttorsken er truet, og vi har ingen gytefelt eller oppvekstområder å miste. Direkte dumping i et gytefelt endrer topografien, bunnforholdene og partikkelkonsentrasjonen i vannet på en omfattende måte. Det er ikke kjent hvordan dette påvirker gyteatferden til den voksne fisken og livsbetingelsene og overlevelsen til fiskelarvene og -yngelen. Det er også viktig å vite hvordan torsken bruker området rundt gytefeltet. Kan det for eksempel tenkes at torskens gytevandring blir forstyrret hvis den må svømme gjennom et dumpefelt?

### Svamp reagerer på gruvepartikler

Havforskningsinstituttet studerer effektene av økte partikkelmengder (fra gruveavfall eller borekaks fra oljeindustrien) i sjøvann med svamper som testorganismer. Svampene er meget vanlige bunndyr som sitter festet til fjell, stein eller på bløtbunn. Svampene får mat og oksygen ved å filtrere vann som trekkes inn gjennom tusenvis av små åpninger

## Svak, men langvarig strøm kan gi stor spredning fra sjødeponi

Bedre måleinstrumenter for strøm, og ikke minst avanserte numeriske beregningsmodeller, viser at de dype vannmassene i fjordene er mer dynamiske enn antatt. Drivkrefter for strøm i dypet er hovedsakelig tidevannskraften og variasjoner av lagdelingen i kystvannmassene. Total strøm er summen av de ulike strømkomponentene. Tidevannsstrømmen er ikke noen effektiv transportmekanisme siden den skifter retning så ofte. Strømmer skapt av endringer i kystvannmassene vil derimot kunne skape svake, men relativt langvarige strømmer (varighet på flere dager). Dette er av betydning for vannutsiftning, og selv en strøm på bare 5 cm/sekund vil flytte vannmassene nesten 5 km i løpet av ett døgn.

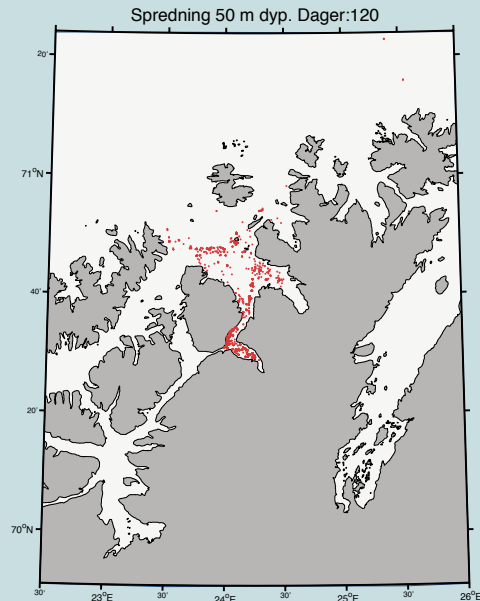
Et eksempel på lekkasjer fra et sjødeponi er hentet fra Repparfjorden i Finnmark. Med en strømmodell som inkluderer alle nødvendige drivkrefter, har vi beregnet strøm time for time i tidsrommet mars–august 2013. Sentralt i det foreslåtte deponiområdet slipper vi 10 passivt drivende partikler hver time. Partiklene har ingen vertikalbevegelse, men vil drive i 50 meter hele tiden. Synking av partikler er ikke lagt inn fordi vi vil vise skjebnen til de minste partiklene som har liten synkehastighet. Små partikler som svever lenge og langt av gårde kan utgjøre en betydelig andel av partiklene i gruveslam.

Etter 120 dagers kontinuerlig tilførsel og drift av partikler finner vi at de fordeler seg ikke bare i deponiområdet i Repparfjorden, men et godt stykke utover i kystøkosystemet (figur 1).

Teller vi opp partiklene som forlater Repparfjorden time for time, og skalerer verdien i forhold til det totale antallet partikler som er i drift til enhver tid, finner vi at det sjelden er mer enn halvparten av de tilførte partiklene som befinner seg inne i fjorden (figur 2). Vi legger også merke til at store endringer foregår relativt raskt, noe som er forenlig med at spredningsstrømmen er skapt av en tyngdeendring i kystvannmassene.

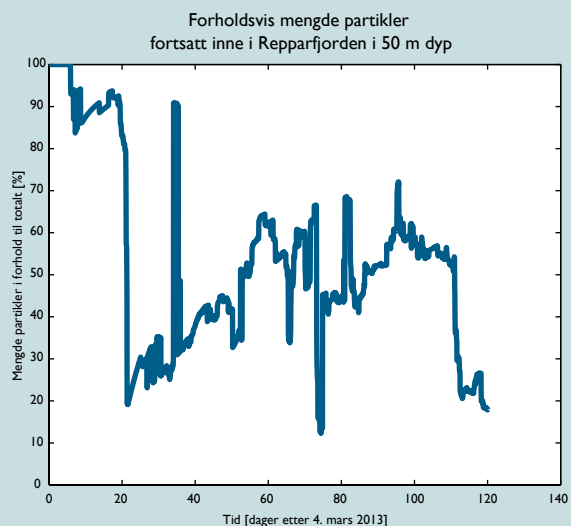
Slike forhold er sannsynligvis vanlig langs store deler av den dynamiske norskekysten, og etter vår oppfatning gjør dette etablering av sjødeponi for gruveavfall risikofylt.

New methods allow us to investigate water exchange at depth in fjords and coastal areas with a better resolution and extension in time and space. They show more dynamic conditions than earlier believed. This implies that establishment of deposition areas for mine waste in fjord basins must be considered with care.



**Figur 1.** Posisjonen til partiklene (røde prikker) drivende i 50 m dyp etter 120 døgn med konstant utslipp av 10 partikler pr. time sentralt i fjorddeponiområdet i Repparfjorden.

*Particle distribution (red dots) after 120 days drift at 50 m constant depth with a release of 10 particles per hour from a location central in the deposition area.*



**Figur 2.** Relativt antall partikler (%) inne i Repparfjorden i 50 m dyp mellom 3. mars og 15. august 2013.

*The relative number of particles (%) drifting at 50 m depth inside the Repparfjord for the simulation between March 3 and August 15, 2013.*

på overflaten. Vannet og maten fordeles gjennom mange små kanaler til spesielle rom hvor fødeopptaket skjer. Det ”brukte” vannet pumpes videre ut gjennom kanaler til en stor utstrømningsåpning.

Det er ikke vanskelig å tenke seg at svampenes filter kan tettes av partikler i vannet, og det er tidligere vist at økte partikkelmengder kan føre til at svampen slutter å pumpe vann og på den måten isolerer seg. Man regner med at dette er en respons på naturlige partikkelbelastninger nede ved bunnen, hvor strømmene kan virvle opp mye partikler.

For å etterligne partikler fra gruveavfall brukte vi små restpartikler fra sandproduksjon ved Fana Stein AS. Til sammenligning brukte vi også partikler fra naturlige sedimenter. Svampene reagerte forskjellig på ”gruvepartiklene” og de naturlige. Etter 50 dager med økte partikkelmengder var svampene upåvirket av naturlige sedimentpartikler, mens gruvepartiklene førte til en tydelig redusert metabolisme og tegn på redusert lagringsenergi i svampvevet.

Denne studien varte i relativt kort tid og vi brukte inerte mineralpartikler, dvs. partikler som ikke danner forbindelse med andre stoffer. I virkeligheten vil partikler fra gruveindustrien ofte ha forhøyede verdier av tungmetaller, for eksempel kobber fra kobbergruver, og være iblandet kjemikalier som er brukt i prosessen. Siden utslippene kan foregå i mange tiår, kan slik langtidseksponering få helt andre konsekvenser enn det vi har sett i eksperimentene.

#### Nanopartikler – en ny problemstilling

Nanopartikler er i størrelsen 1–100 nm (1 nm = 0,000001 mm). Partiklene kan være naturlige, skapt som biprodukt (gruveavfall) eller industrielt fremstilt. Industrielt fremstilte nanopartikler har spesielle egenskaper som gjør dem ettertraktet i en rekke produkter, blant annet kosmetikk, medisin, kommunikasjonsteknologi og energilagring. Mulige negative miljøeffekter har fått stor oppmerksomhet, og det er en økende forskning på industrielt fremstilte nanopartikler.

Havforskningsinstituttet har etterlyst en beskrivelse av den industrielle prosessen for Førdefjorden for å få kjennskap til størrelsesfordelingen på avgangen og hvilke kjemikalier som kommer til å bli brukt. Så lenge disse opplysningene ikke foreligger, vet vi ikke hvor mye partikler med nanostørrelse som kommer til å bli sluppet ut. Dette gjelder også for Nussir-prosjektet i Repparfjorden.

#### Små nanopartikler er mer skadelig

Gruveindustrien slipper ut såkalte minerale nanopartikler. De er et resultat av bearbeidingen, nedmalingen av berget eller råvarene. I USA har de startet et eget forskningsprogram som studerer effekten av gruveindustriens utslipp av nanopartikler. Disse studiene viser betydelige mengder med minerale nanopartikler i elver som mottar avrenning fra nedlagte metallgruver. Det er også funnet en sammenheng mellom partikkelstørrelse og nivåene av skadelige tungmetaller. De minste partiklene i nanoområdet har et betydelig høyere relativt nivå av tungmetaller enn større partikler. Det trengs mer forskning på hvordan minerale nanopartikler påvirker biologisk opptak av tungmetaller og giftigheten av gruveavrenning.

De mulige miljøskadene fra TiO<sub>2</sub>-partikler (nanopartikler av titandioksid) vekker stor interesse. Det er grunn til å undersøke om minerale nanopartikler fra titandioksidgruver, som for eksempel Titania Gruver i Jøssingfjord eller den planlagte gruve i Førdefjorden, kan ha tilsvarende skadelige effekter på marine organismer som de industrielle TiO<sub>2</sub>-partiklene. Jøssingfjorden har i dag store deponier av gruveslam, og kan tenkes å være et brukbart naturlig laboratorium for å studere nanopartikler fra en titandioksidgruve.

#### New uncertainty about the environmental impact of mine tailings dumped into fjords

The mining industry produces large amounts of wastes that some places are dumped into fjord environments. The tailings (up to 5 million tonnes a year in one place) consist of considerable quantities of small mineral particles, including nano-sized components. Very little is known about the environmental impact of mineral nano particles, however, experiments indicate severe negative impacts from for example TiO<sub>2</sub> nano particles. Possible impact from suspended mine tailings is discussed for fish and sponges. Knowledge gaps are identified. Experiments with sponges in the laboratory show that increased concentrations of man-made mineral particles lower the metabolic rate of the sponges.

FAKTA

## Konsekvensutredning for fisk

En konsekvensutredning (KU) for gruedrift bør – etter Havforskningsinstituttets syn – inneholde følgende informasjon: fjordens fiskefauna, gyte- og oppvekstområder for de viktige kommersielle artene og planktonforekomster som er føde for fiskelarver. Modellering av egg- og planktondrift bør gjennomføres for å identifisere områder i fjorden hvor det forekommer tilbakeholdelse (retensjon) av egg, larver og plankton. Slike områder kan være særlig verdifulle da disse øker sannsynligheten for forekomst av stedegne fiskebestander. Vi vet at variasjonen i mengden egg, larver og yngel er svært stor fra år til år. Kartlegging av disse tidlige livsstadiene hos fisk må derfor gjennomføres over flere år før et fjorddeponi etableres, også på et referanseområde som ikke vil bli berørt av et deponi. Da kan eventuelle effekter på tidlige livsstadier og rekruttering hos fisk bestemmes med mye større nøyaktighet.



Foto: Terje van der Meer