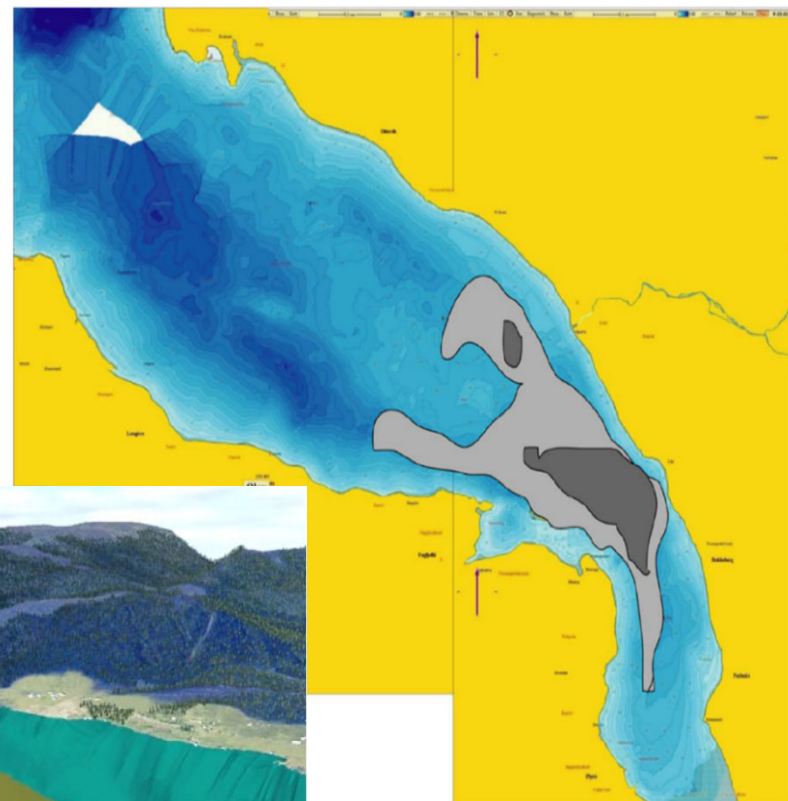
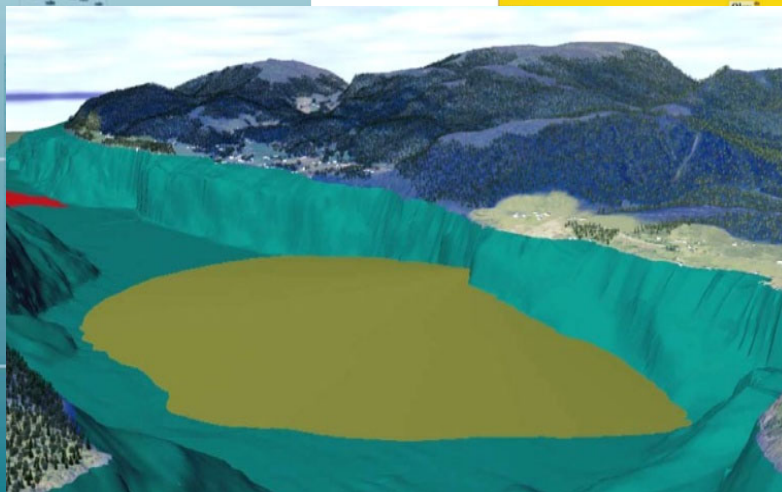
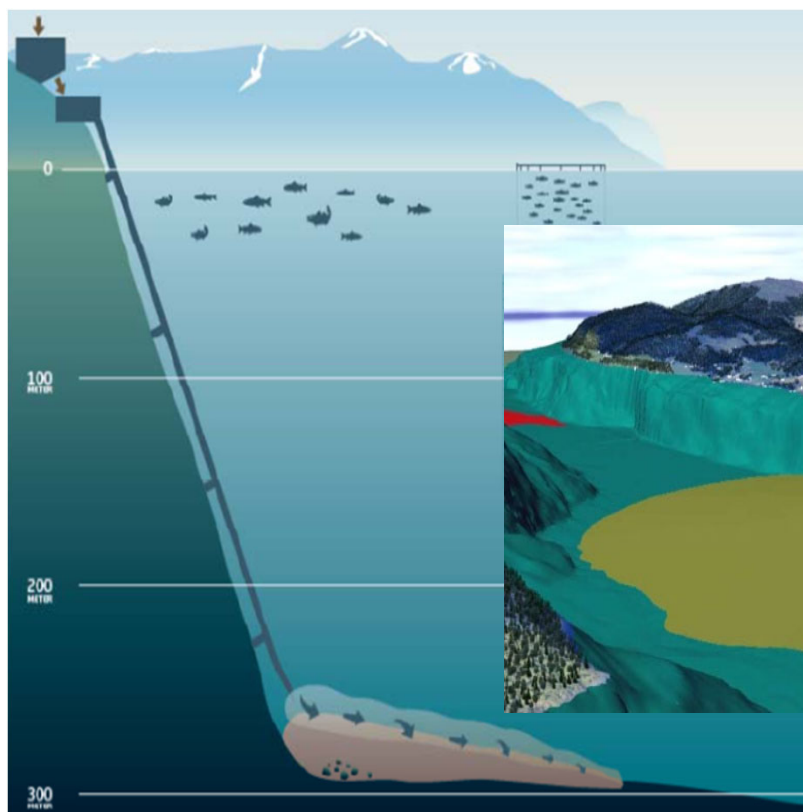


Deponering av gruveavfall i fjordene



Terje van der Meeren
Seniorforsker
Havforskningsinstituttet,
Austevoll Forskningsstasjon

Hva er et sjødeponi?

Andelen av mineraler/metaller utgjør ofte noen få % av fjellet (malmen) som brytes.

Malmen males til støv i steinmøller hvor mineraler/metaller anrikes og utvinnes ved hjelp av sentrifugering, flotasjon eller utfelling der det anvendes ferskvann og prosesskjemikalier.



Hva er et sjødeponi?

Ferskvann gjenvinnes ved bruk av flokkuleringskemikalier, og avfallet (avgang) blandes med sjøvann og slippes ut gjennom et rør over deponiområdet på fjordbunnen.

Avgangen for norske sjødeponier utgjør fra noen få tusen tonn til opp mot 4 millioner tonn/år.

Vanligvis er mellom 10 og 20 % av avgangen finpartikler ($< 20 \mu\text{m}$ partikkelstørrelse), men kan også være en større andel. Fare for spredning av disse.

Kommunal [arealplan](#) med [konsekvensanalyse](#) ved igangsetting av nye deponier,
[Utslippstillatelse](#) gis av Miljødirektoratet,
[Driftstillatelse](#) gis av Direktoratet for mineralforvaltning.
[Overvåkningsprogram](#) godkjennes av Miljødirektoratet.

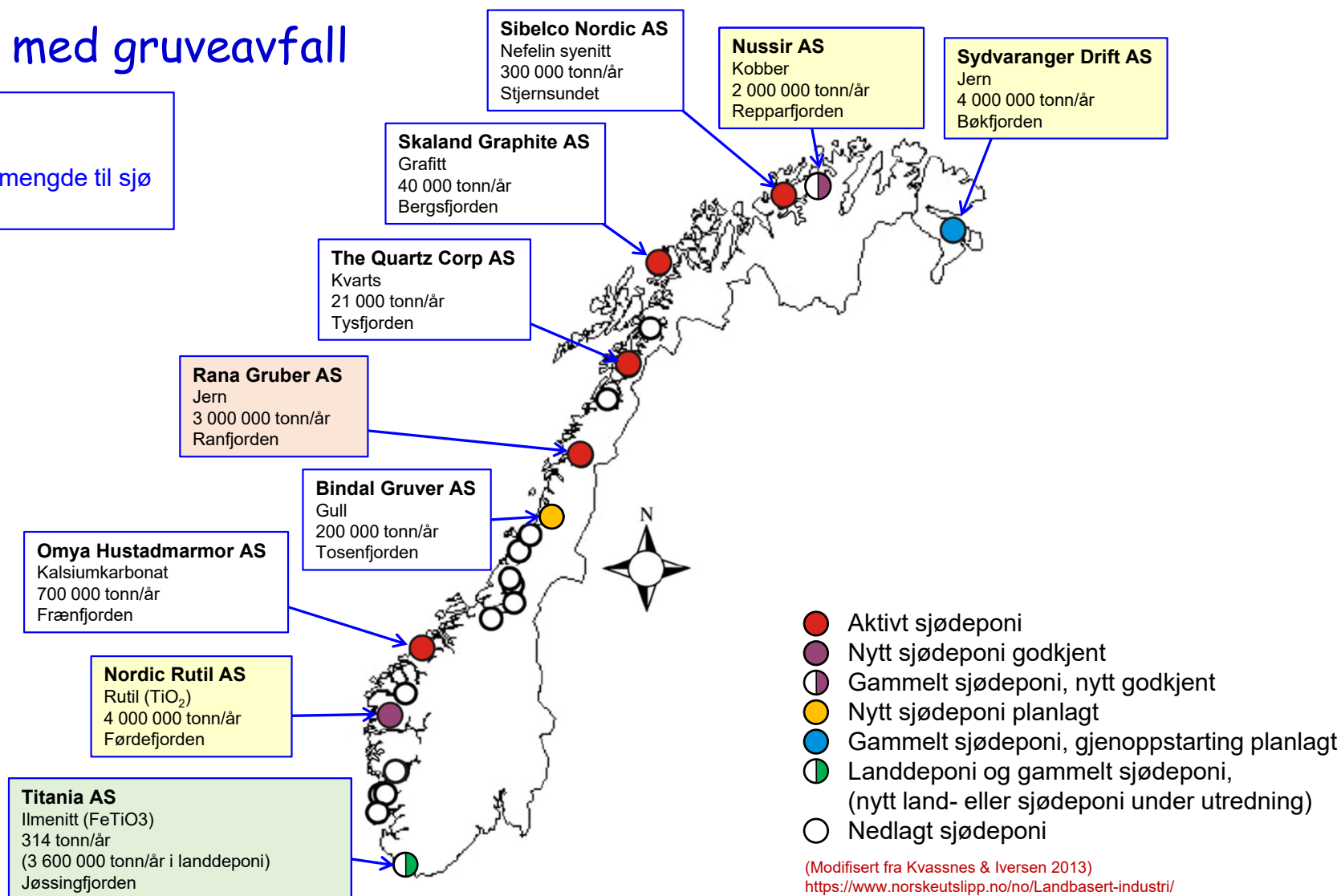


Sjødeponier med gruveavfall

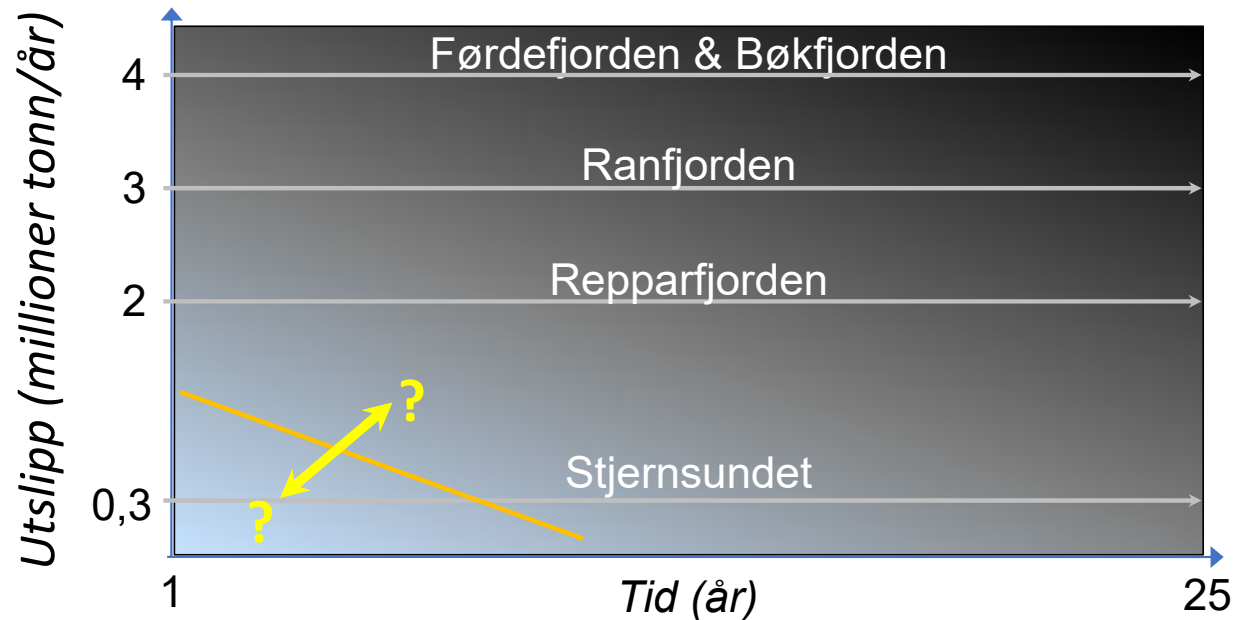
Bedrift

Mineral/metall

Maksimalt tillatt avfallsmengde til sjø
Sjølokalitet



Tålegrense, Bærekraft



Når går et utslipp fra å være akseptabelt til å være uakseptabelt?

- Mengde avfall over tid.
- Beskaffenhet på avfallet (f.eks. partikkelstørrelse og form).
- Egenskaper ved resipienten (hydrodynamikk, fysisk og biologisk miljø).
- Innhold av tungmetaller og kjemikalier.
- Omfanget av effekter på økosystemet.

Økosystem med biologiske
og fysiske komponenter

Frittlevende (pelagiske) organismer:

Planteplankton
Dyreplankton
Mesopelagisk fisk
Pelagisk fisk

Bunnlevende (bentiske) organismer:

Infauna
Epifauna
Hyperbentos
Bunnfisk



ØKOSYSTEM FJORD OG KYST

En “evigvarende” syklus med:

BIOLOGISKE KOMPONENTER:

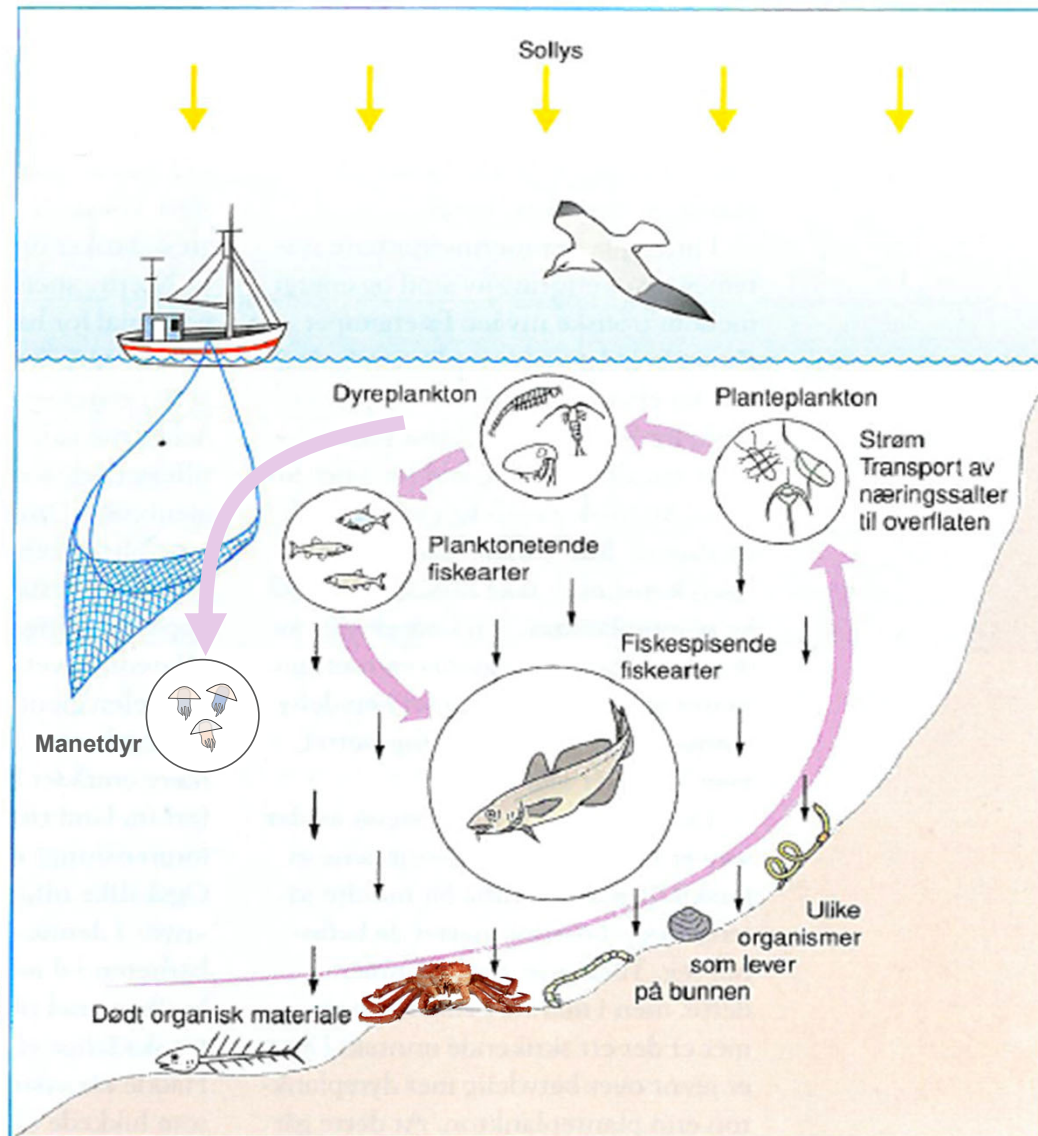
Planteplankton (alger)
Dyreplankton
Pelagisk fisk
Manetdyr
Bunnfisk
Bunndyr
Mikroorganismer

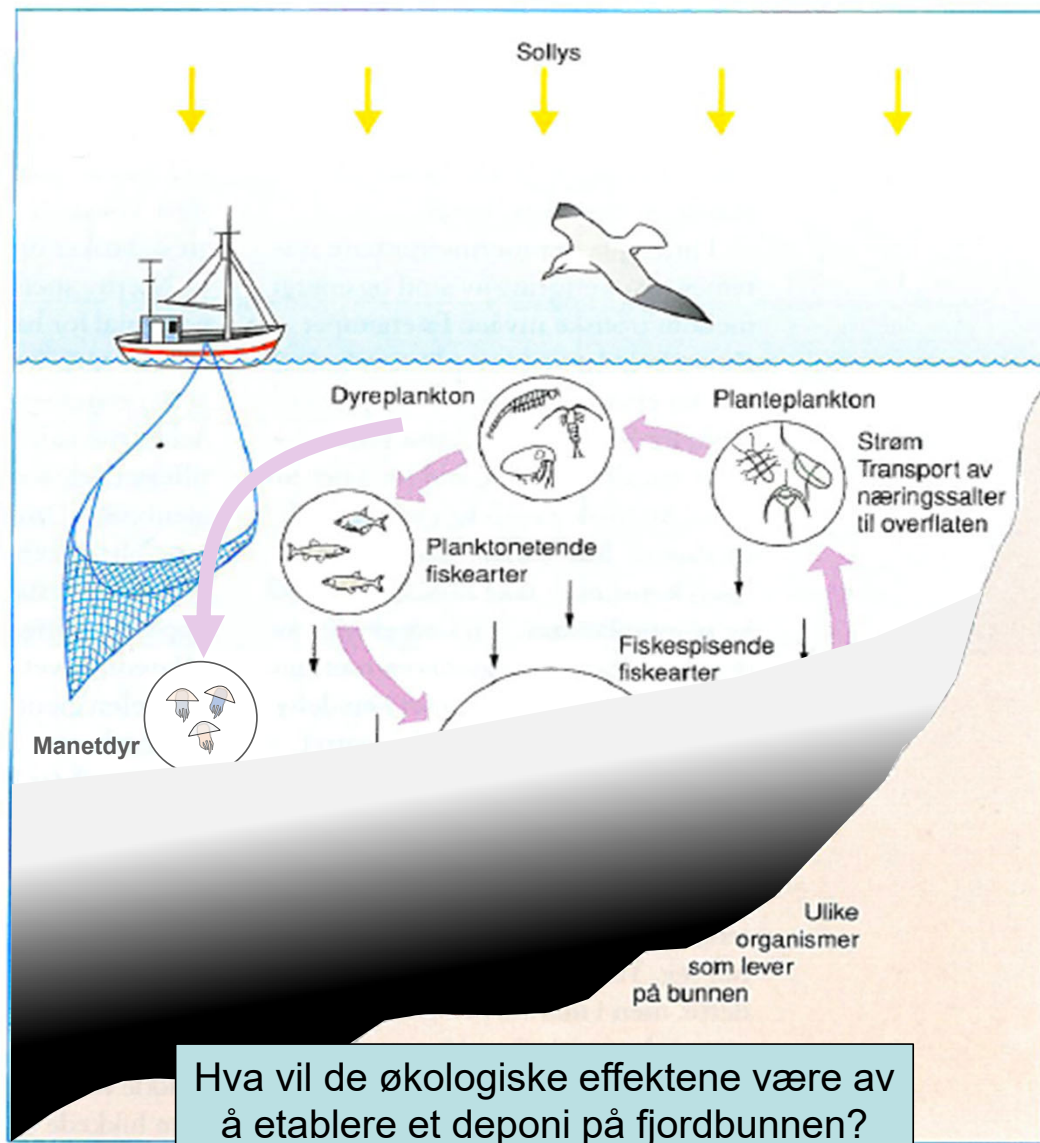
FYSISKE KOMPONENTER:

Vind og Nedbør (ferskvann)
Tidevann og Strøm
Oksygen og Saltinnhold
Lys og Temperatur

PROSESSER:

Årstider (sesonger)
Livssykluser
Biologisk produksjon
Næringsnett
Nedbrytning
Nye Næringsstoffer





ØKOSYSTEM FJORD OG KYST

En “evigvarende” syklus med:

BIOLOGISKE KOMPONENTER:

Planteplankton (alger)
Dyreplankton
Pelagisk fisk
Manetdyr
Bunnfisk
Bunndyr
Mikroorganismer

FYSISKE KOMPONENTER:

Vind og Nedbør (ferskvann)
Tidevann og Strøm
Oksygen og Saltinnhold
Lys og Temperatur

PROSESSER:

Årstider (sesonger)
Livssykluser
Biologisk produksjon
Næringsnett
Nedbrytning
Nye Næringsstoffer

Effekter av gruveavfall i det marine økosystemet

Unaturlig stor sedimentering av mineralpartikler på bunnen, reduksjon av organisk materiale i bunnsedimentet.

Unaturlig høy partikkelkonsentrasjon i deler av vannsøylen.

Kjemisk belastning – prosesskjemikalier og eventuelle tungmetaller i gruveavfallet, biologiske effekter ikke alltid kjent.

Bunndyr blir begravd – mister leveområde, partikler påvirker fysiologi (bl.a. oksygenopptak) og overlevelse hos dyrene. Mange bunndyr filtrerer mat fra vannmassene.

Dyreplankton (bl.a. raudåte og krill) spiser små mineralpartikler – negative effekter på energiinntak, fysiologi, og reproduksjon.

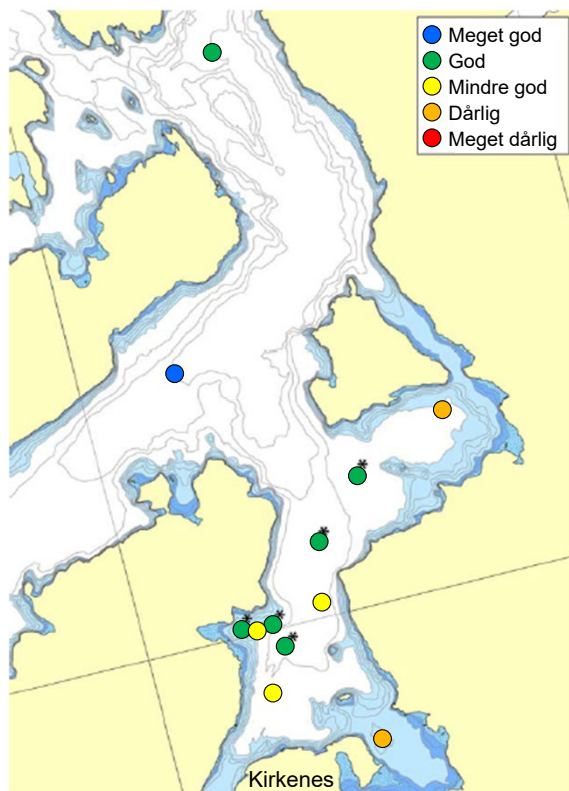
Fisk – ukjente effekter på gyterområder, tidlige livsstadier, oppvekstområder, og rekruttering.



Et stort sjødeponi vil bokstavelig talt ta bunnen ut av fjordøkosystemet, ny etablering av «naturlig» marint liv etter avslutning vil ta svært lang tid.

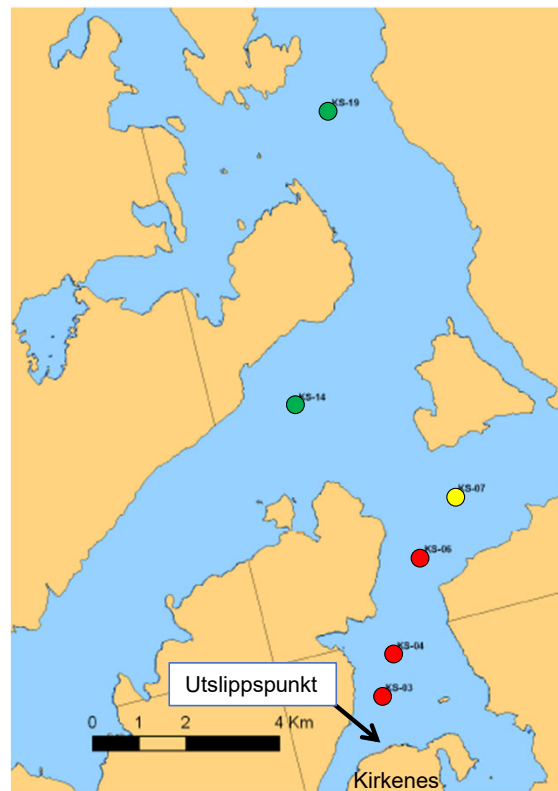
Spredning av gruveavfall fra sjødeponiet i Bøkfjorden

Juni 2007
(Før oppstart)



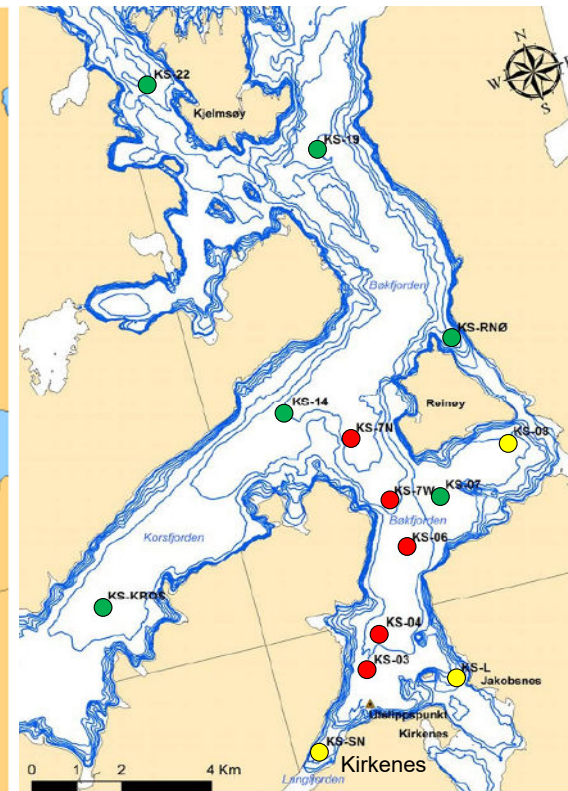
NIVA-rapport: L-nr. 5473-2007

Høst 2010
(1 år etter oppstart)



NIVA-rapport: L-nr. 6116-2011

Høst 2011
(2 år etter oppstart)



NIVA-rapport: L-nr. 6310-2012

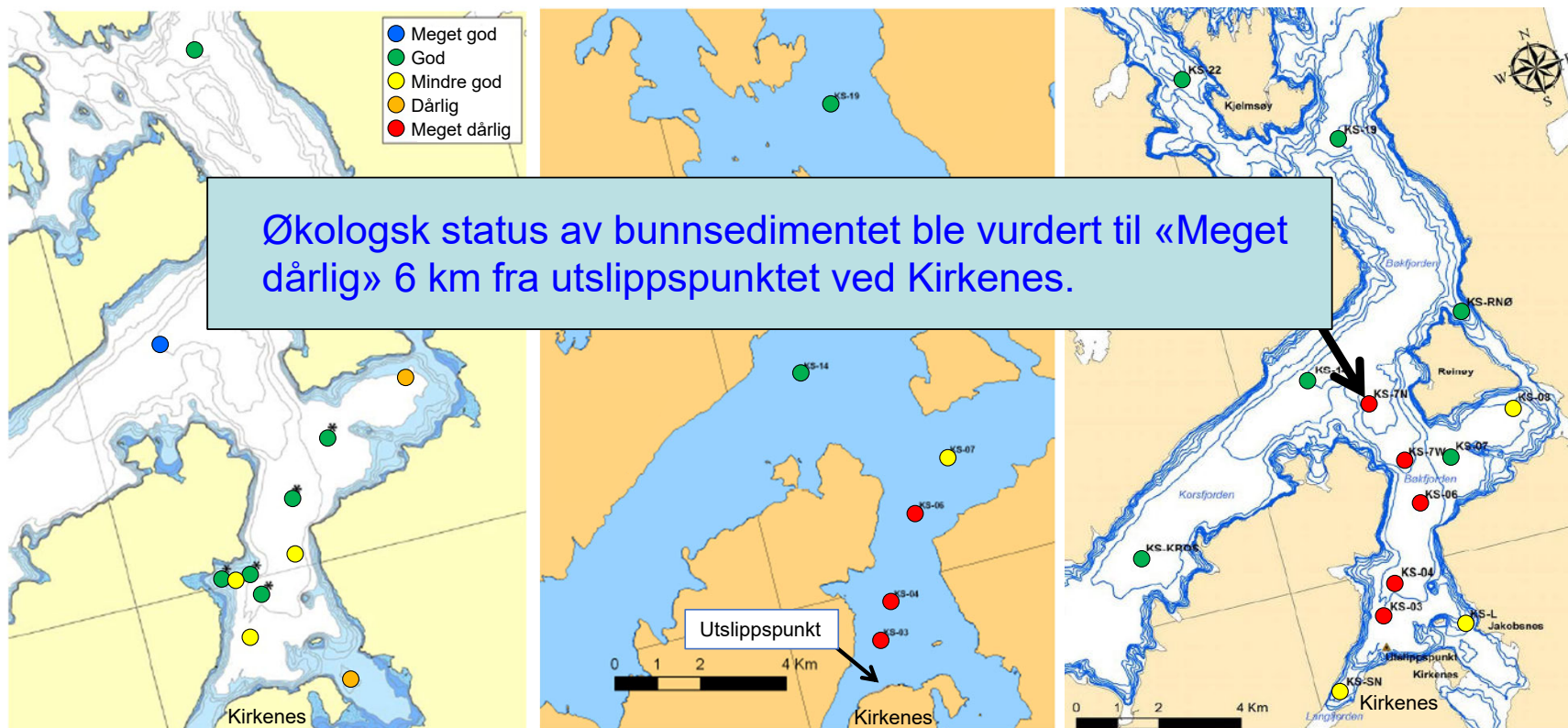


Spredning av gruveavfall fra sjødeponiet i Bøkfjorden

Juni 2007
(Før oppstart)

Høst 2010
(1 år etter oppstart)

Høst 2011
(2 år etter oppstart)



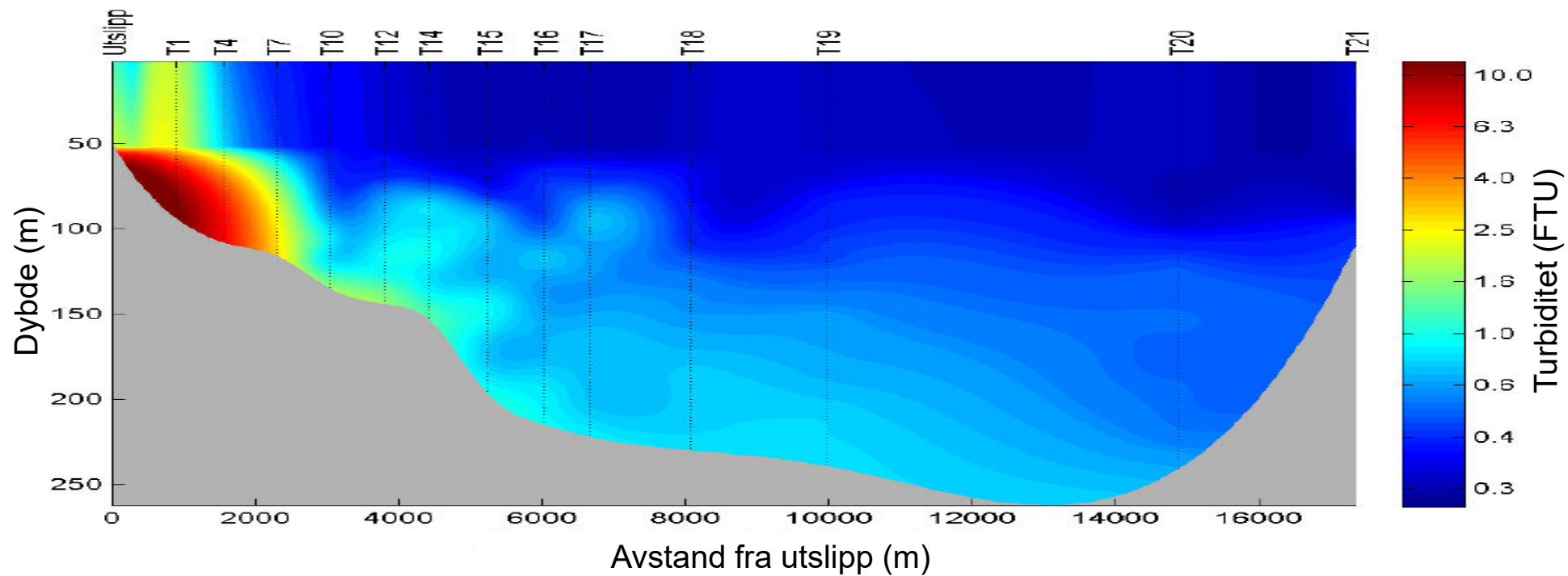
NIVA-rapport: L-nr. 5473-2007

NIVA-rapport: L-nr. 6116-2011

NIVA-rapport: L-nr. 6310-2012



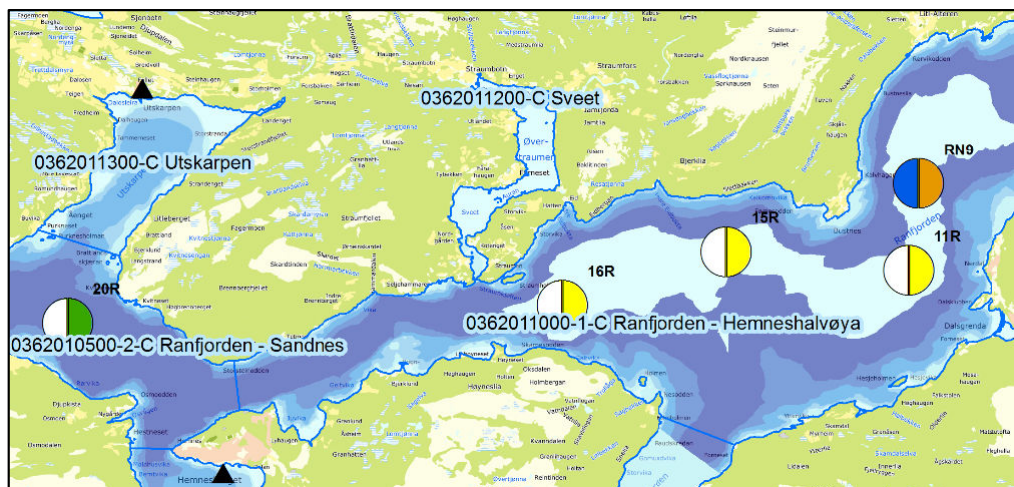
Turbiditet i Bøkfjorden 2011, to år etter oppstart



NIVA-rapport: L-nr. 6310-2012

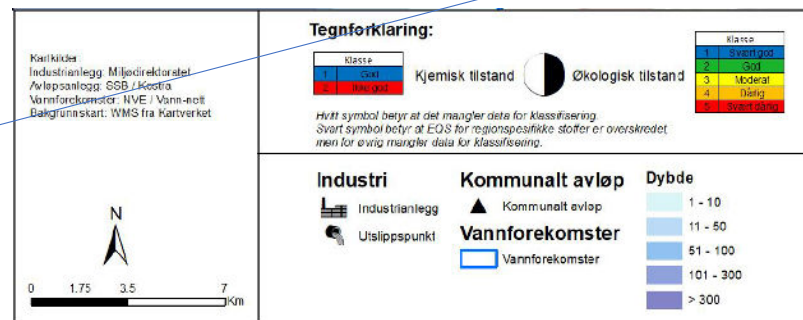
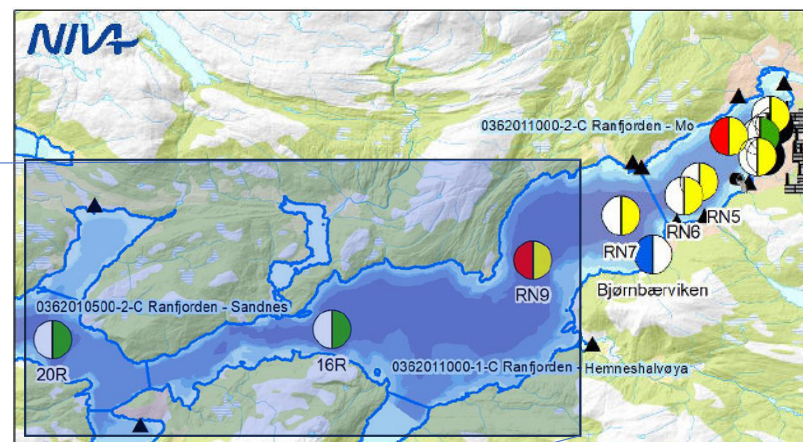
Ranfjorden 2015:

- Tillatelse gitt til økt utslipp, fra 1,7 til 3 millioner tonn/år.
- Finfraksjonen økte 9 ganger, til 12 % of totalt utslipp.



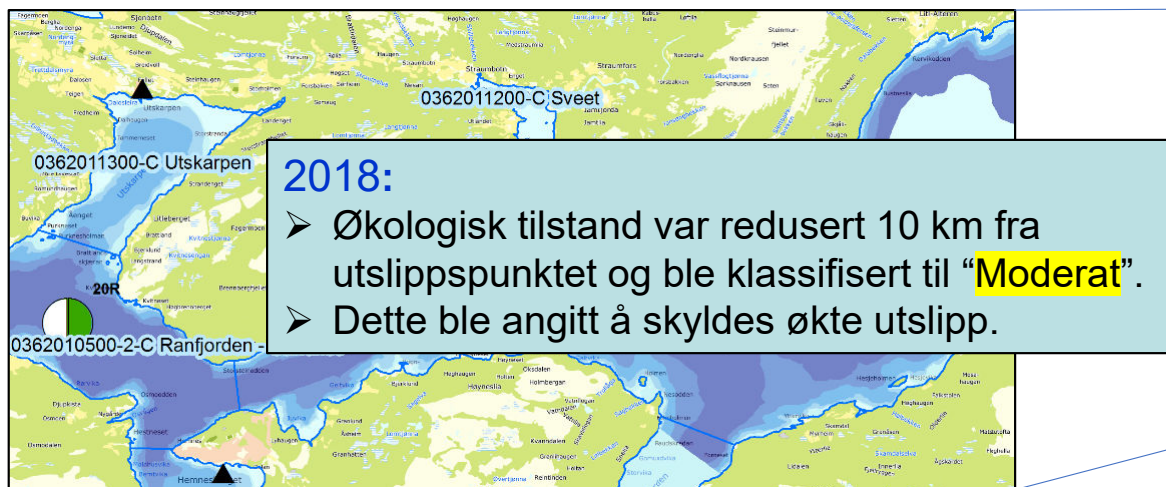
NIVA-rapport: L-nr. 7708-2022

NIVA-rapport: L-nr. 7347-2019



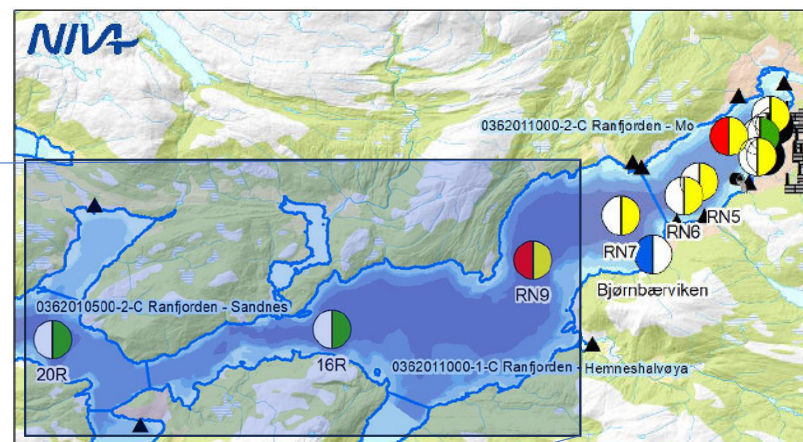
Ranfjorden 2015:

- Tillatelse gitt til økt utslipp, fra 1,7 til 3 millioner tonn/år.
- Finfraksjonen økte 9 ganger, til 12 % of totalt utslipp.



NIVA-rapport: L-nr. 7708-2022

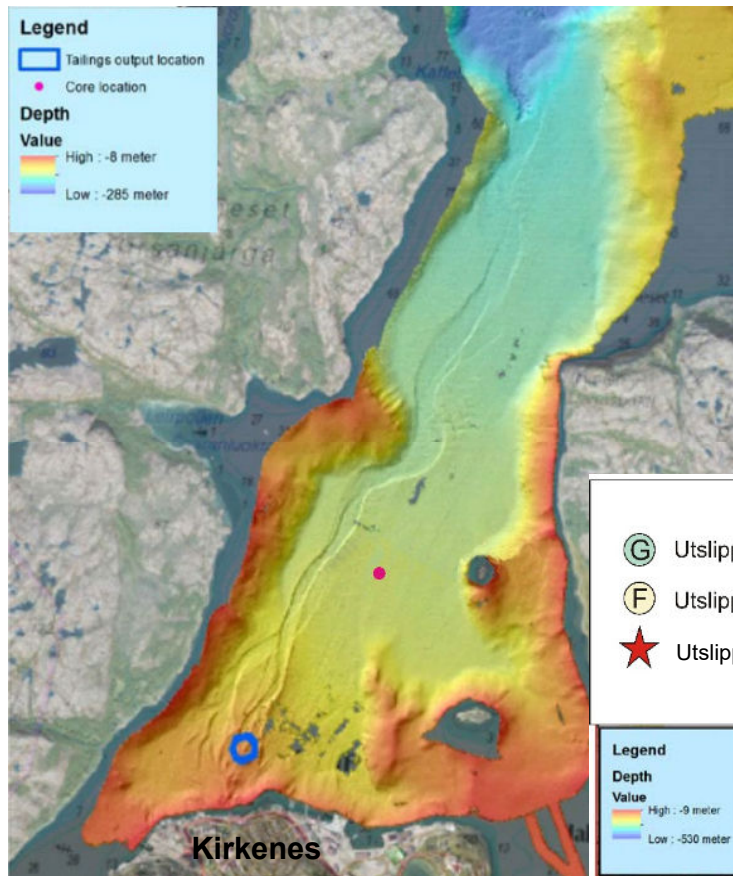
NIVA-rapport: L-nr. 7347-2019



2021: Økologisk tilstand

Hele ni av de tolv undersøkte bunnfaunastasjonene oppnådde dårligere tilstand enn «**god**», hvorav seks stasjoner fikk «**moderat**» tilstand og tre stasjoner fikk «**dårlig**» tilstand. Det synes videre å ha vært en negativ utvikling av bunnfaunaen i fjorden. Faunaen bærer preg av stor grad av forstyrrelse minst 19 km fra utslippspunktet for Rana Gruber. Like langt ut ble det også observert gruveavgang i sedimentet. På enkelte stasjoner var det nærmest ingen bunnfauna til stede, som er et svært uvanlig funn når det samtidig er rikelig med oksygen. Den fattige faunaen settes i sammenheng med næringsmangel knyttet til sedimentasjon av avgangspartikler, selv om også andre faktorer kan spille inn.

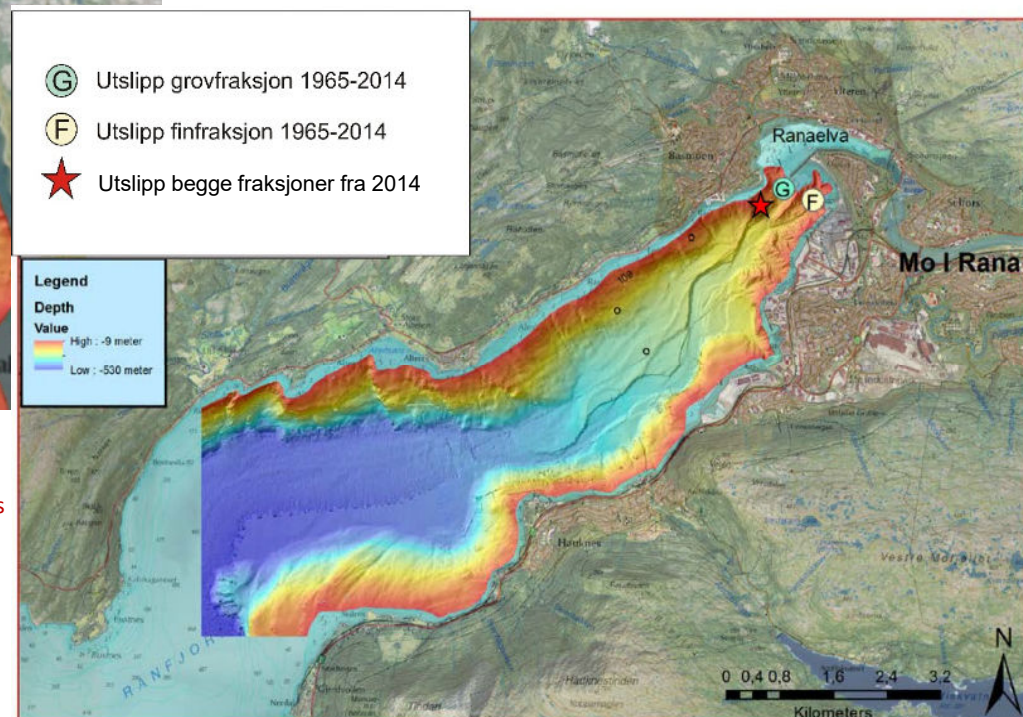




Spredning av gruveslam i Bøkfjorden og Ranfjorden

Turbiditetsstrømmer

(kart fra NGU, NYKOS-prosjektet)



FIGENSCHAU, 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.

Omya Hustadmarmor AS sitt sjødeponi i Frænfjorden



Omya Hustadmarmor AS sitt sjødeponi i Frænfjorden

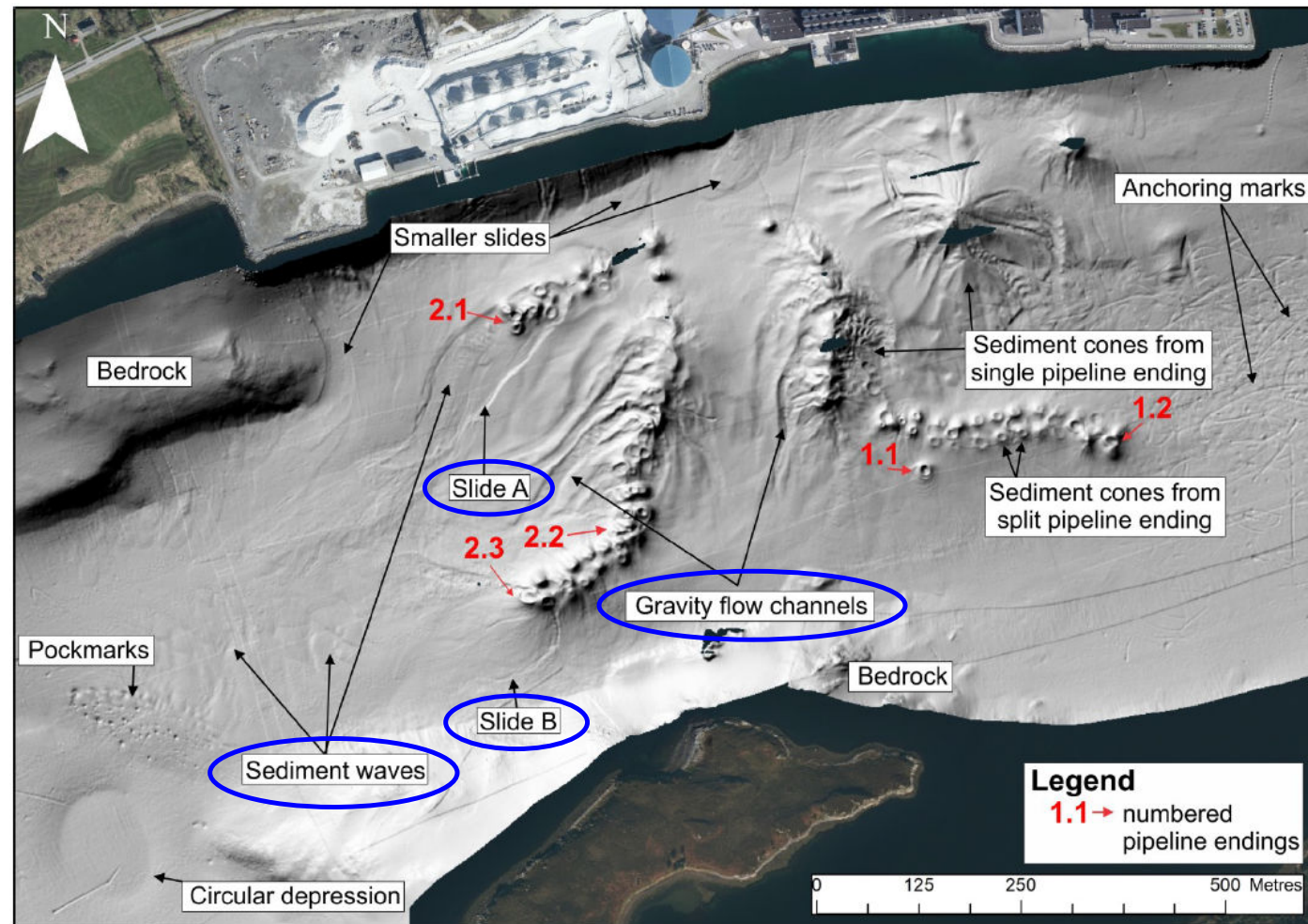
Tillatelse:

0,7 mill. tonn/år

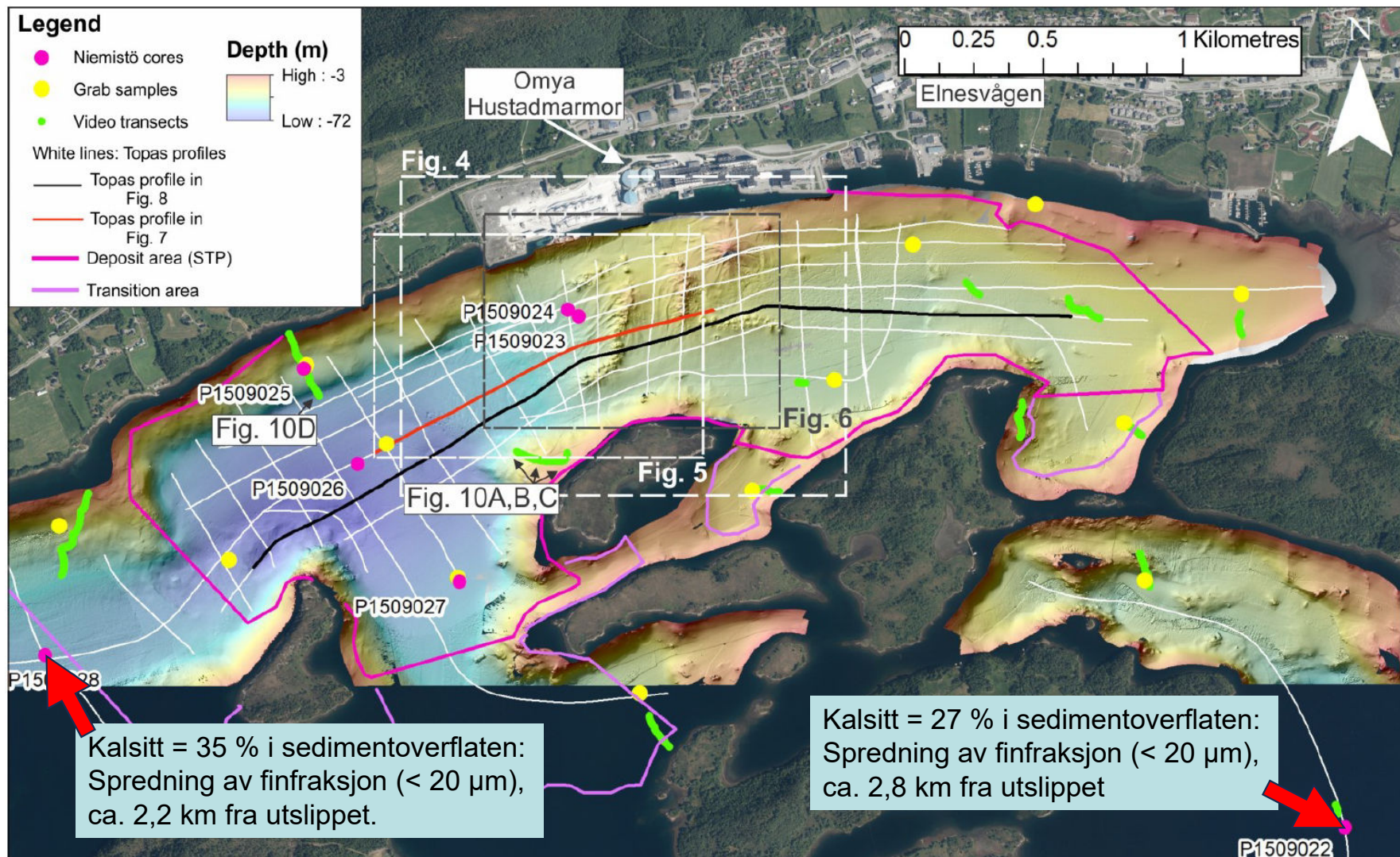
Utslipp:

0,238 mill. tonn/år i snitt siste 10 år

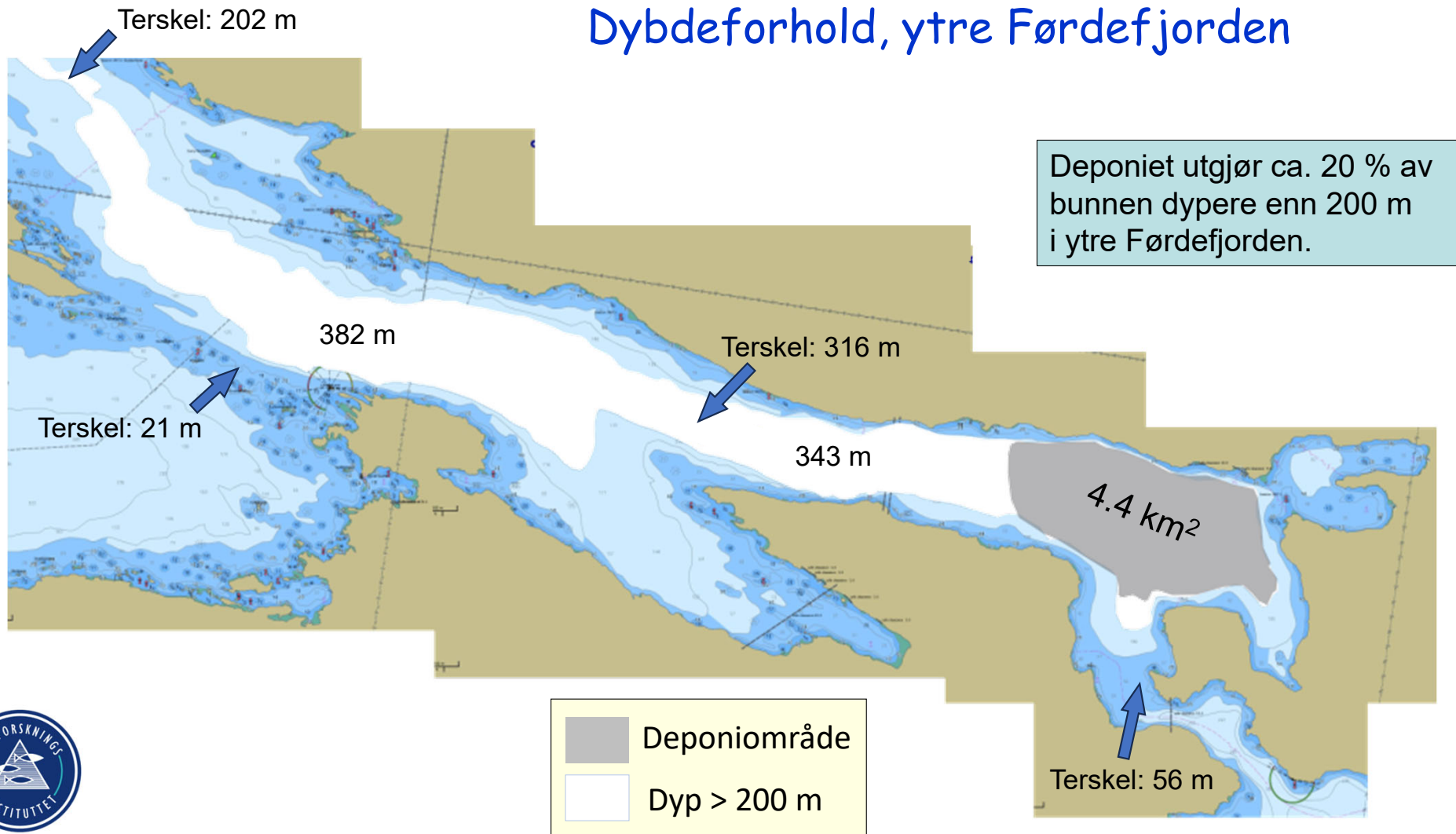
- Turbiditetsstrømmer
- Ras
- Sedimentbølger



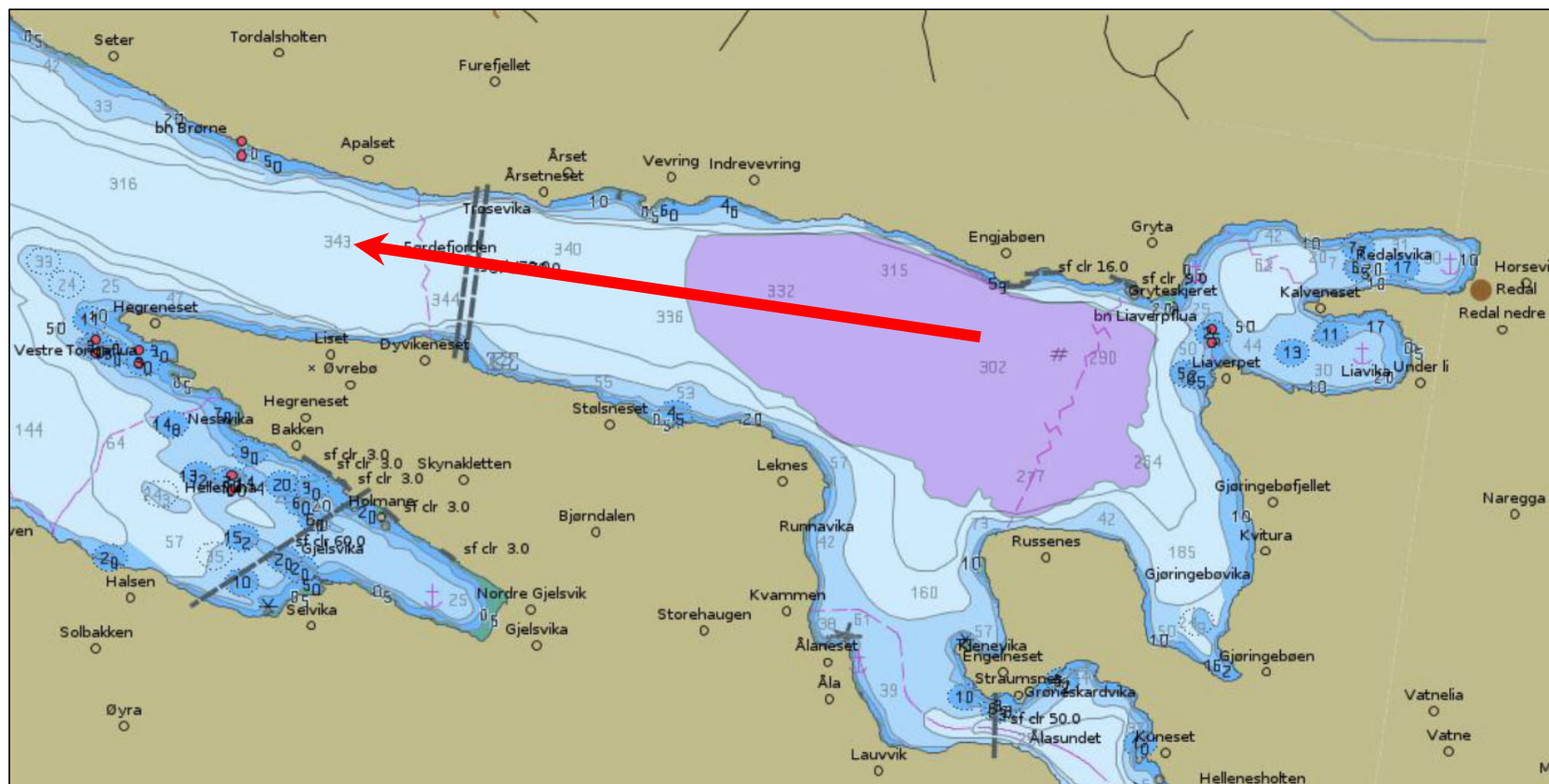
Baeten, N.J., Lepland, A., Bøe, R., Amundsen, A., Chand, S. & Longva, O. (2020). Distribution, deposition and impact of sub-marine mine tailings disposal on the fjord bottom in Frænfjorden, Western Norway. *Norwegian Journal of Geology* 100, 202002.



Dybdeforhold, ytre Førdefjorden



Dybdeforhold, deponiområdet



- Jevnt skrånende bunn fra Engebø (302 m) mot terskel ved Hegreneset (343 m): **41 m høydeforskjell**.
- Tillatelsen angir deponi i kjegler med høyde opp til 65 m over bunnen: **106 m høydeforskjell**.
- Turbiditetsstrømmer og ras i retning av terskelen ved Hegreneset er derfor rimelig sannsynlig.

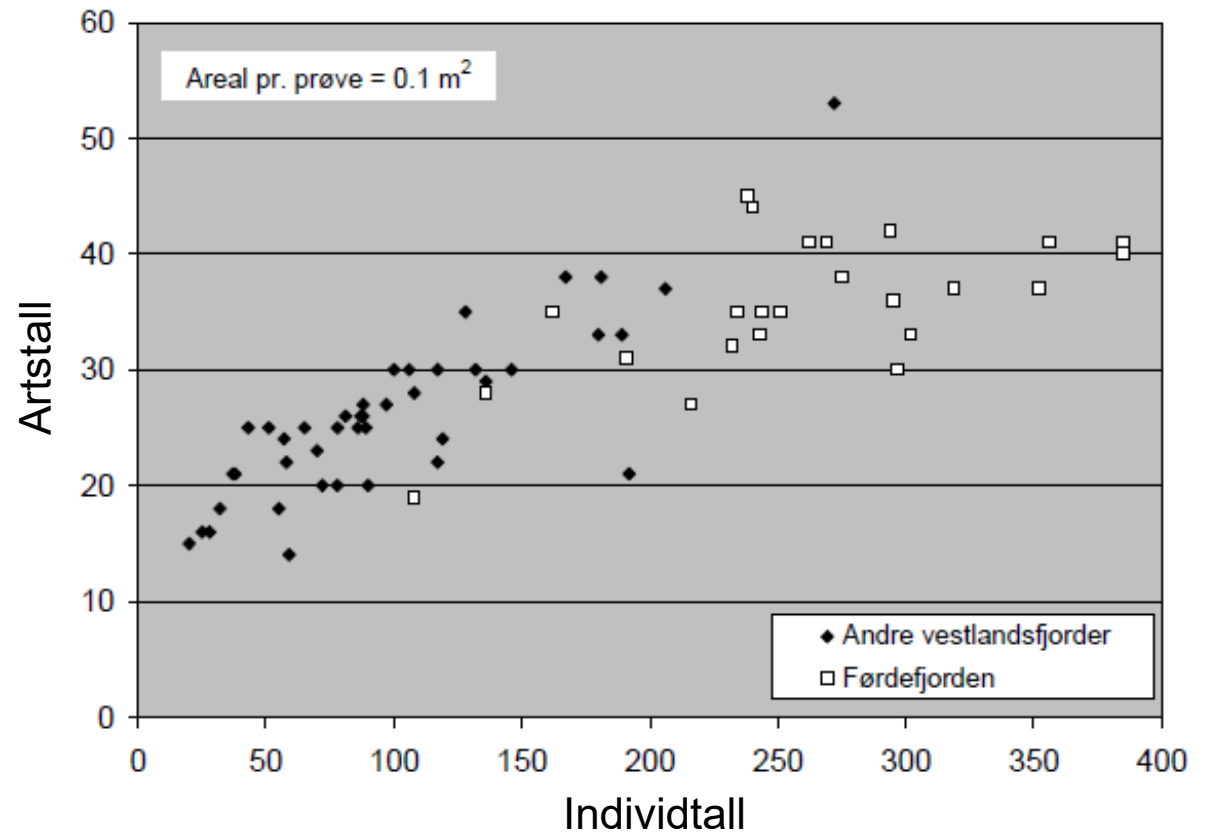
Bunndyr i Førdefjorden

Fra konsekvensutredningen:

Undersøkelse av dyr som lever nede i bunnen (infauna), som muslinger, børstemark og pølseorm.

NIVA-rapport: L-nr. 5625-2008

“Faunaen i Førdefjorden er nokså rik, sammenlignet med andre vestlandsfjorder.”

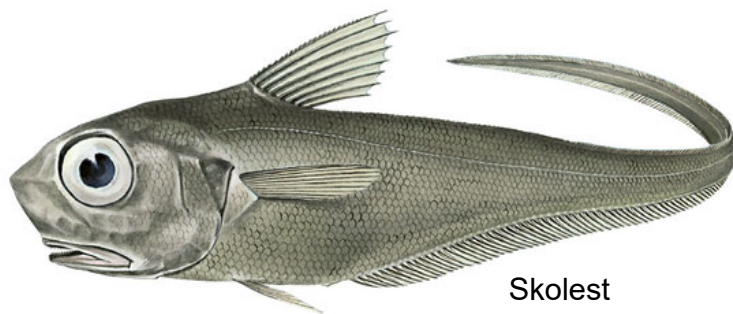


Figur 3. Arts- og individtall i Førdefjorden (hvite firkanter) sammenlignet med prøver fra noen andre vestlandsfjorder (svarte punkter), bl. a. Gloppen, Høyangsfjorden, Bjørnafjorden, Lurefjorden, Hardangerfjorden (data fra NIVAs bløtbunnsdatabase).

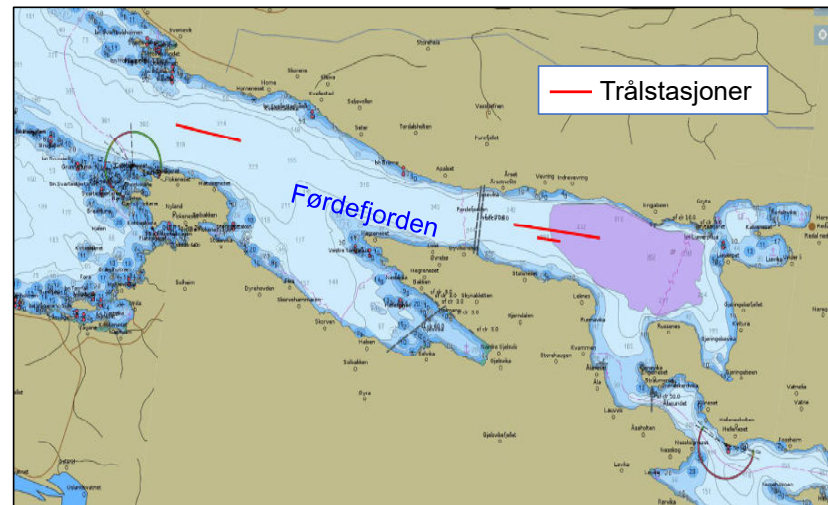
Bunndyr i Førdefjorden

Havforskningsinstituttet sitt økosystemtokt i vestnorske fjorder (bl.a. Førdefjorden, Sognefjorden, Masfjorden, og Hardangerfjorden) 2021 og 2022:

- 2022: Trålstasjonen i deponiområdet hadde høyest artsmangfold av samtlige stasjoner i de undersøkte fjordene.
- Funn av gytende blålange (EN) i Førdefjorden.
- Funn av bambuskorall (NT, EN) i Førdefjorden.
- Skolest i Førdefjorden er genetisk forskjelling fra skolest i Skagerak, Korsfjorden og Trondheimsleia.



Skolest



Havforskningsinstituttet, Toktrapport 2023-11.
Havforskningsinstituttet, Toktrapport 2021-16.

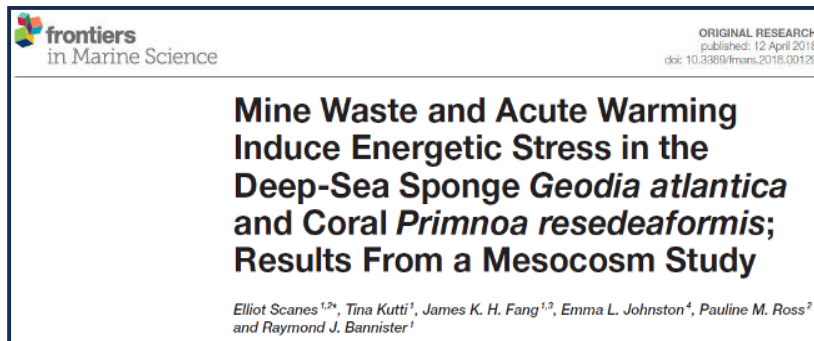
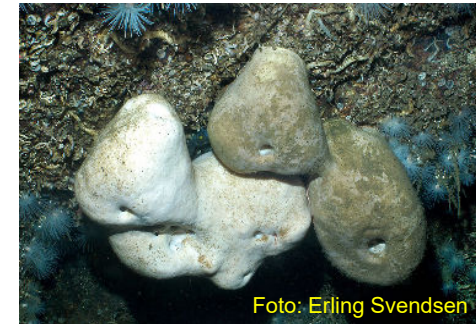


Biologiske effekter - Bynndyr



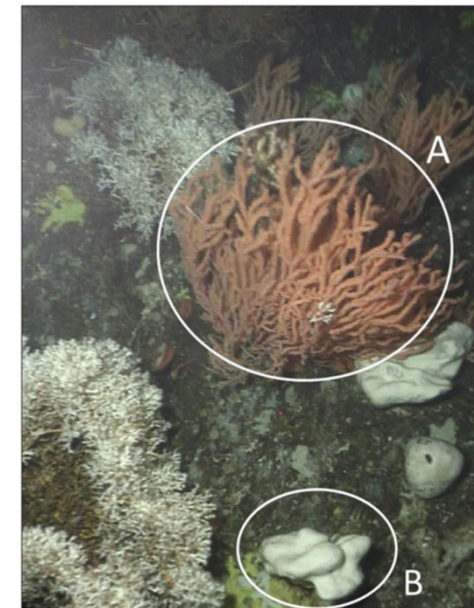
Gjentatte eksponeringer av svamp med finmalt stein eller naturlig bunnsediment:

- Fysiologisk respons (oksygenforbruk) avhengig av partikkeltype.
- Permanent reduksjon i metabolisme (stoffskifte) med finmalt stein.
- Ingen endring i metabolisme med naturlig sediment.
- Mulig tap av viktig økosystem funksjon (bentisk-pelagisk kobling).

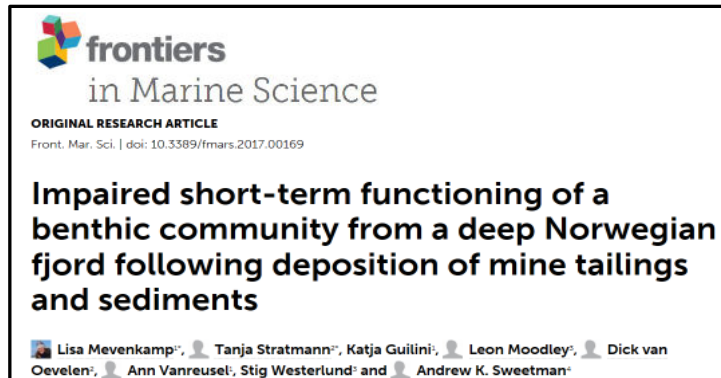


Eksponeringer av svamp og korall med finmalt stein ved lav og høy temperatur:

- Eksponering av svamp for finmalt stein førte til redusert metabolisme, redusert silisiumopptak og funksjonsforstyrrelser i cellene.
- Finmalt stein førte til endringer i metabolisme og ekskresjon (reduert O:N ratio) hos korall, som indikerer økt forbrenning av proteiner og mindre energi for vekst.



Biologiske effekter - Bunndyr



Bunnsediment fra en dyp fjord ble dekket med avgang fra en jerngruve (1 til 30 mm):

- Redusert antall dyr i sedimentet.
- Redusert oksygenforbruk.
- Redusert mineralisering av organisk stoff i sedimentet.



“Our findings should alert decision makers when considering approval of new tailings placement sites as this technique will have major negative impacts on benthic ecosystem functioning over large areas.”



Biologiske effekter, fisk

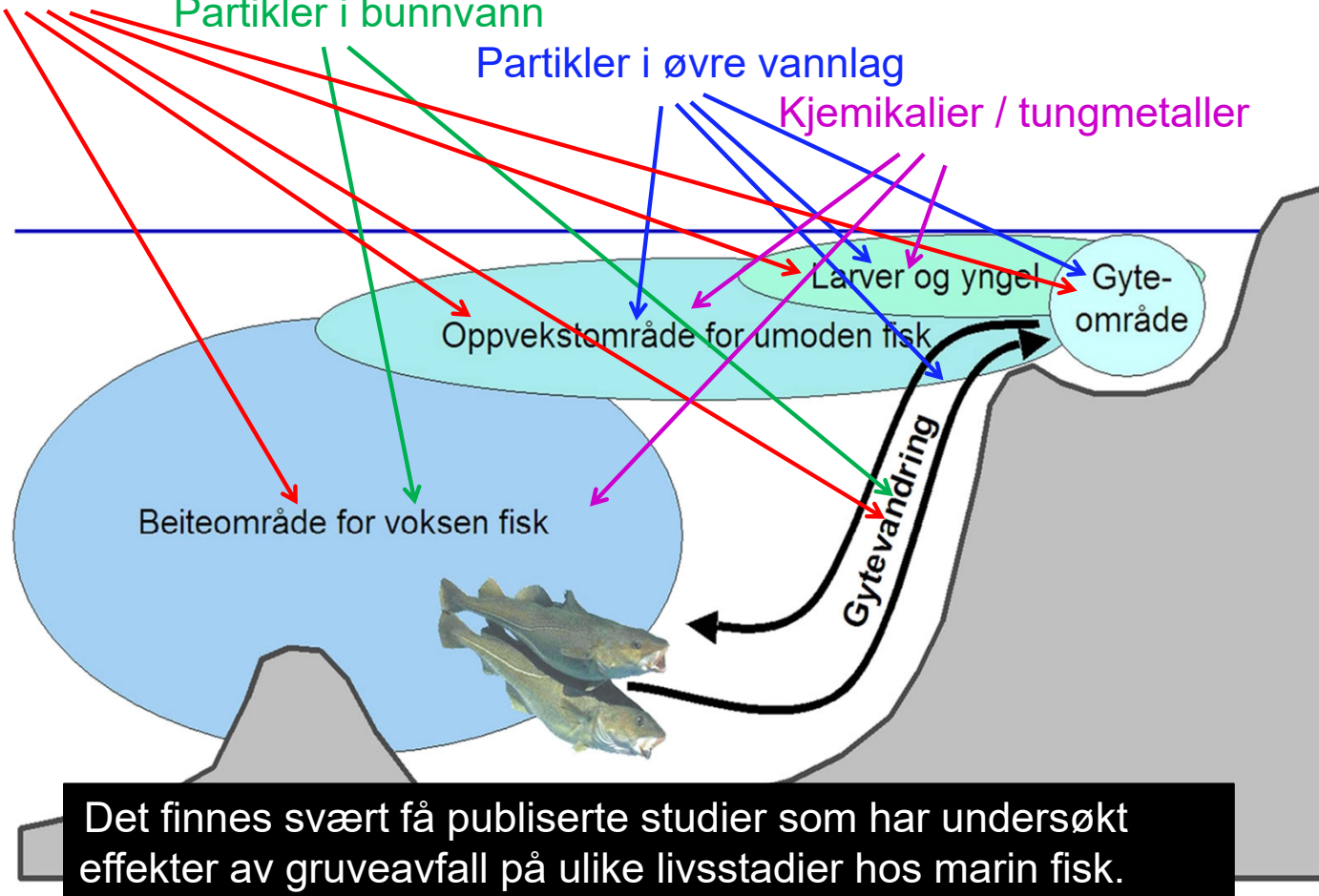
Sprengninger

Partikler i bunnvann

Partikler i øvre vannlag

Kjemikalier / tungmetaller

Fysiologi?
Atferd?
Fôrinntak?
Vekst?
Overlevelse?
Rekruttering?

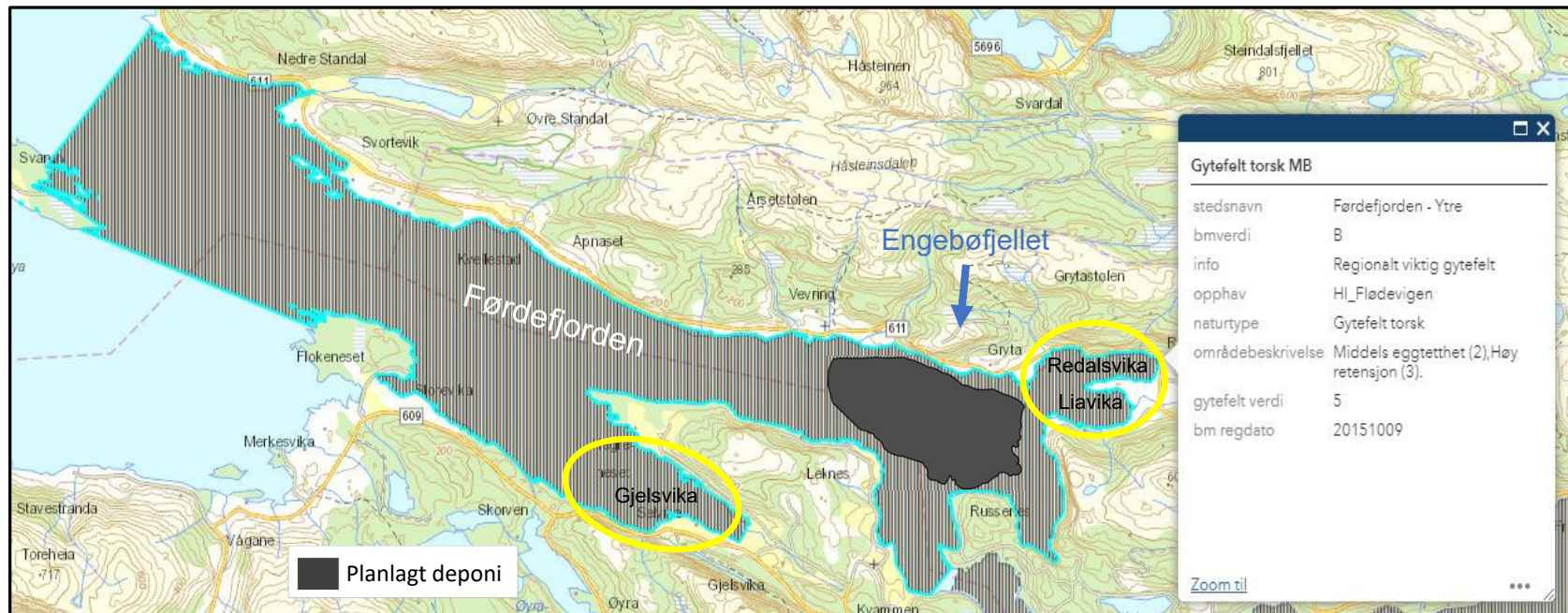


Det finnes svært få publiserte studier som har undersøkt effekter av gruveavfall på ulike livsstadier hos marin fisk.



Biologiske effekter, fisk

Gytefelt for kysttorsk



Skremmeeffekter fra sprengninger:

- Gytefisk?
- Smoltutvandringen "fredet", men økt bryting av malm under torskegytingen.
- Yngel og ungfish i oppvekstområder?



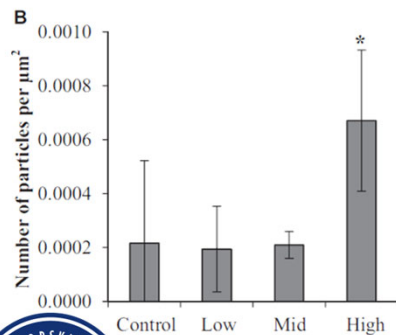
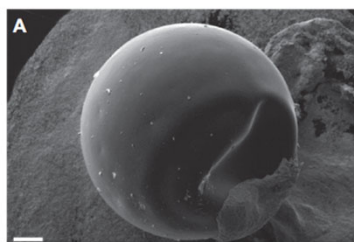
Effects of Mine Tailings Exposure on Early Life Stages of Atlantic Cod

Helena C. Reinardy,^{a,*} Kristine B. Pedersen,^b Jasmine Nahrgang,^c and Marianne Frantzen^b

^aDepartment of Arctic Technology, University Centre in Svalbard, Longyearbyen, Svalbard, Norway

^bAkvaplan-niva, Fram Centre, Tromsø, Norway

^cDepartment of Arctic and Marine Biology, UiT The Arctic University of Norway, Tromsø, Norway



Mine tailings treatment

Lav = 0,4 mg/L

Middels = 1,1 mg/L

Høy = 3,2 mg/L

Effekter på fiskeegg og fiskelarver

- Partikler fester seg til eggeskallet.
- Økt kobber-konsentrasjon i vannet.
- Oppregulering av stressgener hos larver.
- Økt larvedødelighet.

- Partikler fester seg til egg, økt vekt, eggene synker.
- Tidligere klekking.
- Redusert overlevelse hos egg.
- Økt dødelighet og deformiteter hos larver, trolig på grunn av for tidlig klekking.



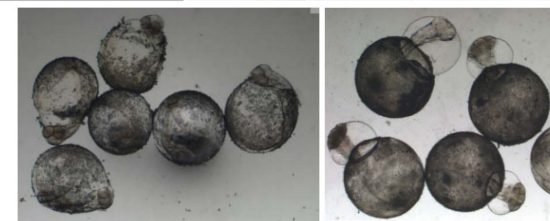
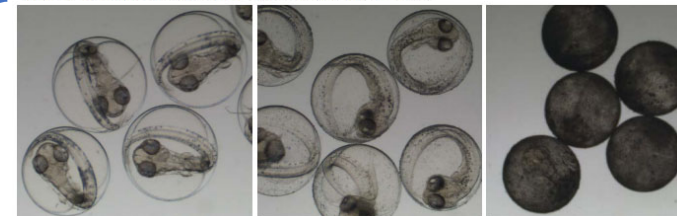
Effects of mine tailing exposure on early life stages of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*)

Julia Farkas^{a,*}, Trond Nordtug^a, Linn H. Svendheim^b, Elettra D. Amico^c, Emlyn J. Davies^a, Tomasz Ciesielski^a, Bjørn Munro Jensen^a, Torstein Kristensen^a, Pål A. Olsvik^a, Bjørn Henrik Hansen^a

^a SINTEF Ocean, Climate and Environment, Brattørkalei 17C, 7010, Trondheim, Norway

^b Nord University, Universitetsalléen 11, 8020, Bodø, Norway

^c Norwegian University of Science and Technology, Department of Biology, Høgskoleringen 5, 7491, Trondheim, Norway



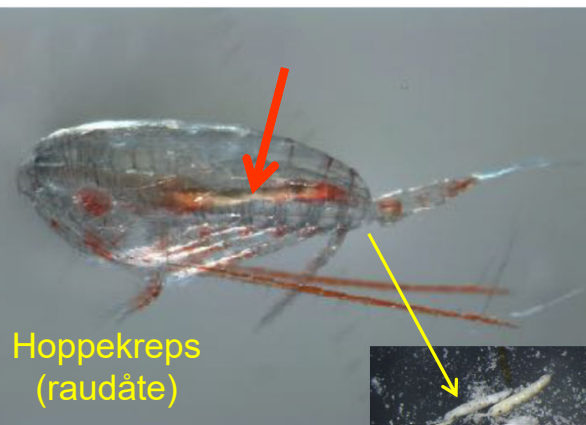
Lav = 1,2 mg/L

Middels = 13 mg/L

Høy = 130 mg/L

Effekter på dyreplankton

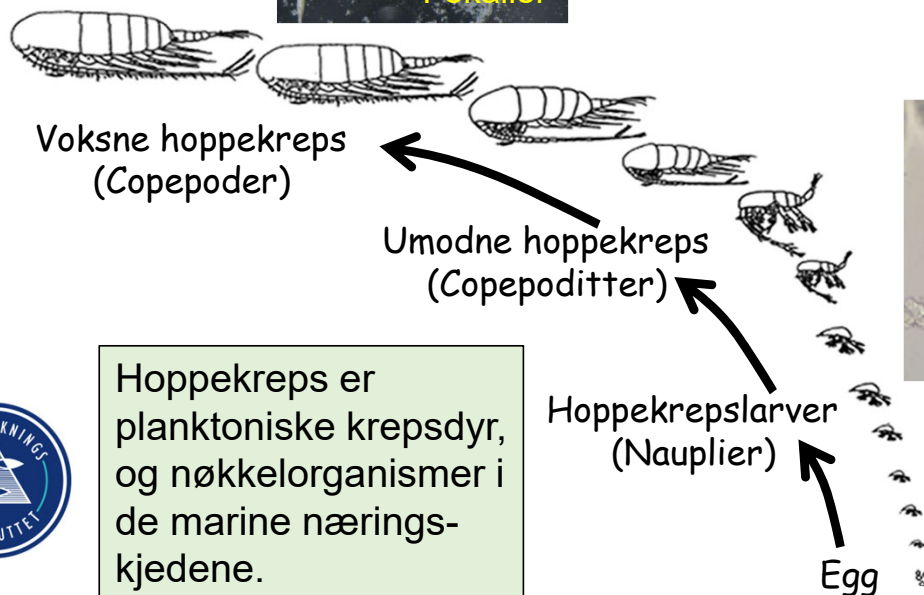
Hoppekreps (raudåte)



Fekalier



- Alle stadier av hoppekreps spiser mineralpartikler.
- Ikke akutt giftig for hoppekreps.
- Redusert vekst.
- Negativ effekt på reproduksjon.



Hoppekreps er planktoniske krepssdyr, og nøkkelorganismer i de marine næringskjedene.



Nauplius



Egg

Water, Air, and Soil Pollution 1 (1972): 314-321.
THE EFFECTS OF SUSPENDED 'RED MUD' ON MORTALITY, BODY WEIGHT, AND GROWTH OF THE MARINE PLANKTONIC COPEPOD, *Calanus helgolandicus*

G.-A. PAFFENHÖFER
Institute of Marine Resources, University of California, San Diego, La Jolla, Calif., U.S.A. and Biologische Anstalt Helgoland, Litoralstation, List/Sylt



Effects of marine mine tailing exposure on the development, growth, and lipid accumulation in *Calanus finmarchicus*

Linn H. Steendal^{a,*}, Tjalling Jager^b, Pål A. Olevik^c, Ida Beate Øverjordet^b, Thomas M. Ciesielski^d, Trond Nordrup^b, Torstein Kristensen^b, Bjørn Henrik Hansen^b, Bjarne Kvestad^a, Dag Altn^a, Julia Farkas^b

^a Royal University, Oslo, Norway
^b SINTEF Ocean AS, Trondheim, Norway
^c NTNU, Trondheim, Norway
^d Wageningen Research, Wageningen, The Netherlands
^e Wageningen University, Wageningen, The Netherlands



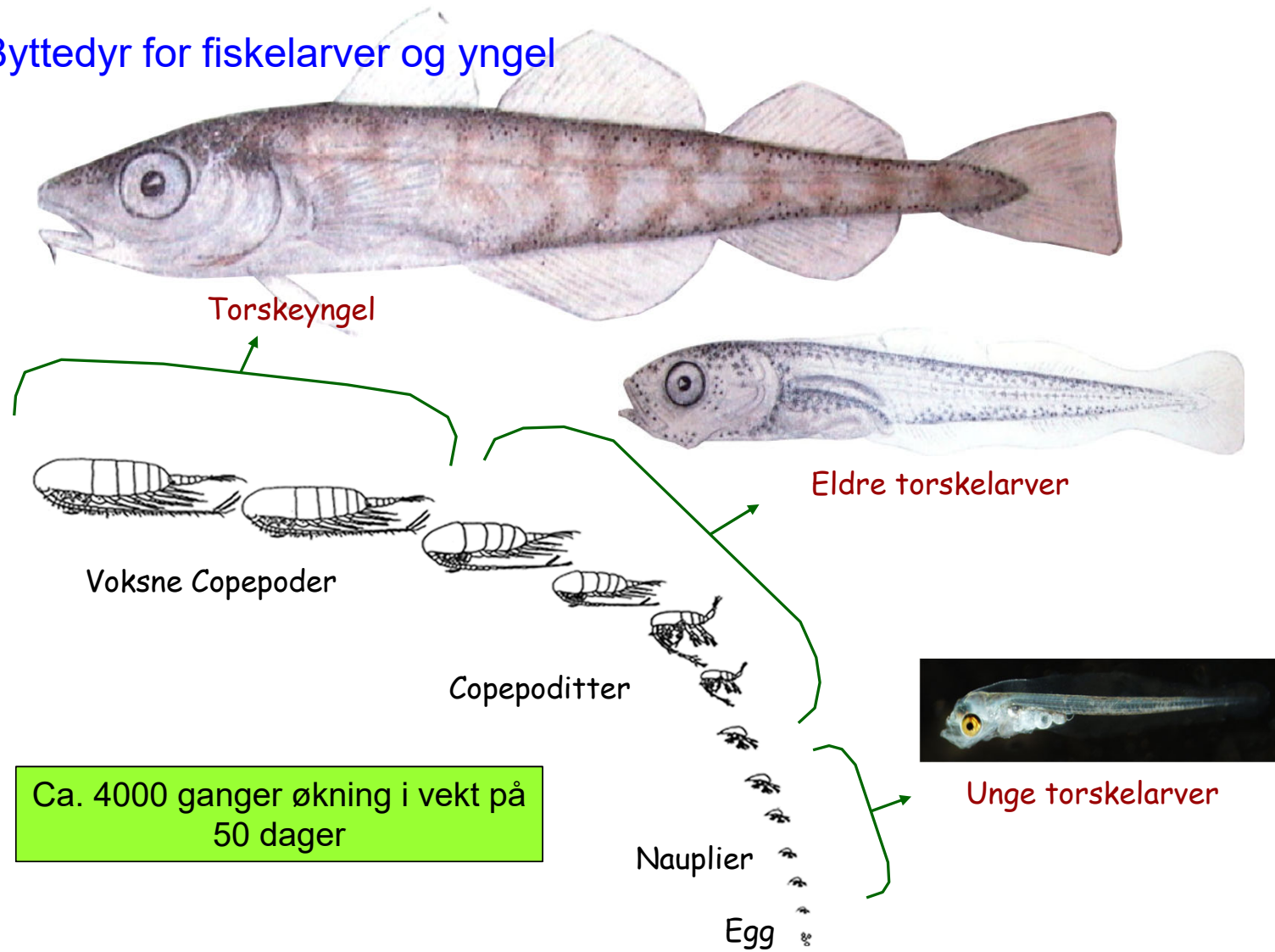
Characterisation of fine-grained tailings from a marble processing plant and their acute effects on the copepod *Calanus finmarchicus*

Julia Farkas^{a,*}, Dag Altn^b, Karen M. Hammer^a, Kaja C. Hellström^a, Andy M. Booth^a, Bjørn Henrik Hansen^a

^a SINTEF Ocean AS and Chemosphere, Marine Environmental Technology, N-7060 Trondheim, Norway
^b NTNU, Trondheim, Norway

OLSVIK, P. (2018). DiTail - Marine disposal of mine tailings: Impacts on pelagic ecosystem components in Norwegian fjords. Presentasjon på NYKOS informasjonsdag, Universitetet i Tromsø, Auditoriet/Institutt for geofag, 27. November 2018. <https://www.sintef.no/globalassets/project/nykos/pdf/informasjonsdag/nykos-presentasjon-27-11-2018-real.pdf>

Byttedyr for fiskelarver og yngel



Fisk i Førdefjorden

Art:	Vitenskapelig navn:	Rødliste-status:	Trålhal, Økosystemtokt, 2022		Trålhal, Økosystemtokt, 2021	Garnfiske, Konsekvensutredning, 2008	
			Vest av deponi (antall/nm)	Deponi (antall/nm)	Deponi (antall/nm)	Deponi	Vest av deponi
Havmus	<i>Chimaera monstrosa</i>	LC	30	46	107	X	X
Skolest	<i>Coryphaenoides rupestris</i>	LC	229	16	55	X	X
Svarthå	<i>Etmopterus spinax</i>	LC	186	154	162		
Blålange	<i>Molva dypterygia</i>	EN	3	2	4	X	X
Hågjel	<i>Galeus melastomus</i>	LC	51	88	136		X
Spisskate	<i>Dipturus oxyrinchus</i>	LC	5		11		
Smørflyndre	<i>Glyptocephalus cynoglossus</i>	LC	3	13	15		
Gapeflyndre	<i>Hippoglossoides platessoides</i>	LC	1				
Slimål	<i>Myxine glutinosa</i>	LC		1			
Nordlig lysprikkfisk	<i>Benthoosema glaciale</i>	LC	839	704	18719		
Laksesild	<i>Maurolicus muelleri</i>	LC	938	679	5640		
Sølvorsk	<i>Gadiculus argenteus</i>	LC	5				
Vassild	<i>Argentina silus</i>	LC	58	1	26		
Kolmule	<i>Micromesistius poutassou</i>	LC	119	75	406	X	
Øyepål	<i>Trisopterus esmarkii</i>	LC			85		
Lusuer	<i>Sebastes viviparus</i>	LC				X	X
Vanlig uer	<i>Sebastes norvegicus</i>	EN				X	X
Brosme	<i>Brosme brosme</i>	LC	1			X	
Lange	<i>Molva molva</i>	LC	3	1		X	
Lysing	<i>Merluccius merluccius</i>	LC	3	5		X	X
Breiflabbb	<i>Lophius piscatorius</i>	LC	1	1			
Pigghå	<i>Squalus acanthias</i>	VU		1			X
Hyse	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	LC			4	X	
Hvitting	<i>Merlangius merlangus</i>	LC			4	X	
Lyr	<i>Pollachius pollachius</i>	LC				X	X
Sei	<i>Pollachius virens</i>	LC				X	X
Makrell	<i>Scomber scombrus</i>	LC	1		7		

LC	"Least concern", Livskraftig
VU	"Vulnerable", Sårbar
EN	"Endangered", Sterkt truet

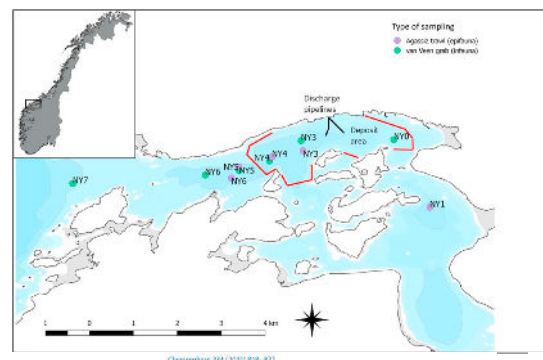
Havforskningsinstituttet, Toktrapport nr. 2023-11.
Havforskningsinstituttet, Toktrapport nr. 2021-16.
Havforskningsinstituttet, Rapport fra Havforskningen nr. 9-2008.



DNV-GL og NIVA har gjennomført flere feltstudier i deponiet I Frænfjorden, der effekter på bunnfauna ble undersøkt.

Eksperimentelle studier av effekter av ulike typer gruveavfall på bunndyr ble også undersøkt.

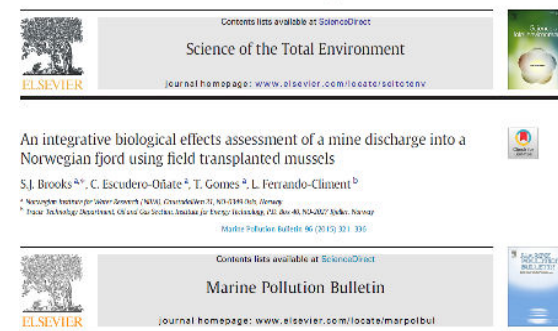
- Flotasjonskjemikalier og biologisk respons ble funnet i blåskjell 2 km fra utslippet.
- Andel finfraksjon reduserte både funksjonelt og strukturelt artsmangfold hos bunnlevende organismer (seleksjon for størrelse, beveglighet, opphold i sedimentet og livslengde).
- Lav næringsverdi, kveling, endret sammensetning av sedimentet og kjemisk giftighet kan forklare de observerte økologiske effektene av gruveavgangen.
- Finfraksjonen med rester av flotasjonskjemikalier hadde størst effekt.



An ecotoxicological assessment of mine tailings from three Norwegian mines

Steven J. Brooks^{a,*}, Carlos Escudero-Oñate^a, Adam D. Lillicrap^b
^aNorwegian Institute for Water Research (NIVA), Gustavsløkken 21, NO-0403 Oslo, Norway

Science of the Total Environment 788 (2020) 134606



An integrative biological effects assessment of a mine discharge into a Norwegian fjord using field transplanted mussels

S.J. Brooks^{a,*}, C. Escudero-Oñate^a, T. Gomes^a, L. Fernando-Climent^b
^aNorwegian Institute for Water Research (NIVA), Gustavsløkken 21, NO-0403 Oslo, Norway
^bTrondheim Technology Department, Trondheim University of Applied Sciences, NO-7800 Trondheim, Norway

Marine Pollution Bulletin 149 (2019) 110560



"4.5 Implications for environmental monitoring of STD-impacted fjords

In standard environmental monitoring, assessment of the ecological status is based on various diversity indices calculated from an infaunal species list. The present study demonstrates that such assessment may underestimate effects, and that epifauna can represent a more sensitive tool."

Macrofaunal colonization of mine tailings impacted sediments

Hilde C. Trannum^{a,b,*}, Rita Ness^a, Hege Gundersen^a

^aNorwegian Institute for Water Research, Gustavsløkken 21, NO-0403 Oslo, Norway
^bUniversity of Agder, Centre for Coastal Research, NO-4604 Kristiansund, Norway

Science of the Total Environment 788 (2020) 134606



Effects of submarine mine tailings on macrobenthic community structure and ecosystem processes

Hilde C. Trannum^{a,b,*}, Hege Gundersen^a, Carlos Escudero-Oñate^a, Joachim T. Johnsen^a, Morten T. Schaaning^c
^aNorwegian Institute for Water Research, Gustavsløkken 21, NO-0403 Oslo, Norway

Biological effects of long term fine limestone tailings discharge in a fjord ecosystem

Lucy Brooks^a, Fredrik Melsom, Tormod Glette

^aNIVA, Semseterveien 1, 1315 Sandvika, Norway

Marine Pollution Bulletin 149 (2019) 110560



Epifaunal and infaunal responses to submarine mine tailings in a Norwegian fjord

Hilde C. Trannum^{a,b,*}, Gunhild Borgersen^a, Eivind Oug^a, Tormod Glette^a, Lucy Brooks^a, Eva Ramirez-Llodra^a

^aNorwegian Institute for Water Research, Gustavsløkken 21, NO-0403 Oslo, Norway
^bCentre for Coastal Research, University of Agder, NO-4604 Kristiansund, Norway
^cNIVA GL, Semseterveien 1, NO-1315 Sandvika, Norway



NIVA har gjennomført feltstudier i Jøssingfjord-deponiet (nedlagt i 1984 men inntil nylig tillatt å slippe ut 1000 tonn/år partikulært materiale fra prosessvann). NIVA undersøkte også giftighet av fersk avgang og geokjemiske prosesser i gammel avgang, inkludert overvåkning av bløtbunnsfauna for Titania AS.

Havforskningsinstituttet og Universitetet i Bergen samlet inn sedimentkjerner i 2017 og 2018 fra Jøssingfjorden, for å evaluere fauna og biogeokjemiske prosesser.

- O₂ under deteksjonsgrensen 1-2 cm ned i sedimentet.
- Mikrobiell sulfatreduksjon og utfelling av sulfider.
- Økt metallkonsentrasjon (Ni, Fe, Zn) nær sediment-overflaten indikerer bioturbasjon og sulfidoksydasjon.
- Ni og Cu overskred fremdeles miljøstandarder i sedimentet, og i porevannet i øverste 1 cm av sedimentet.
- Gassdannelse i sedimentet og lekkasje av metan.
- Hvite mikrobielle matter observert på sedimentoverflaten.
- Avvik i evaluering med hensyn til miljøkvalitet.

NIVA Rapport L-nr. 7223-2017:

Tilførsel av 2 cm fersk avgang fra Titania resulterte i en signifikant reduksjon av tetthet av bløtbunnsfauna. Avgangen hadde høyt innhold av Cu og Ni (klassifisert fra “Moderat” til “Dårlig”), som gir risiko for toksiske effekter.

NIVA Rapport L-nr. 7291-2018:

Klassifisering av bunnfauna ble satt til “God” status, men med indikasjon på forstyrrelse og innslag av arter som typisk tåler forurensing. Indekser for klassifisering er hovedsakelig etablert for organisk belastning, og klassifisering av marin bløtbunn etter disse gir derfor ikke et fullstendig bilde på økologisk tilstand.



Marine Pollution Bulletin
journal homepage: www.elsevier.com/locate/marpolbul

Benthic community status and mobilization of Ni, Cu and Co at abandoned sea deposits for mine tailings in SW Norway

Morten Thorez Schaanning¹, Hilde Cecilie Treumann, Sigurd Østevad, Kurtis Ndungu

Marine Pollution Bulletin 141 (2019) 109–121

Goldschmidt 2019 Abstract

Biogeochemical processes in submarine mine tailings and the impact on benthic fauna

Linn Merethe Brekke Olsen^{a,1,2}, Tina Kutt³, Håkon Dahle⁴, Haflidi Haflidason², Ingunn H. Thorsvold^{1,2}

^a K.G. Jøbsen Centre for Deep Sea Research, University of Bergen

¹ Department of Earth Science, University of Bergen

² Institute for Marine Research, Bergen

³ Department of Biological Sciences, University of Bergen

⁴ Corresponding author: linn.o@iuh.no

NGF Abstracts and Proceedings, no. 1, 2019

Biogeochemical processes in submarine mine tailings and the impact on benthic fauna

Olsen, L.M.B.¹, Kutt, T.³, Dahle, H.⁴, Haflidason, H.² & Thorsvold, I.H.¹

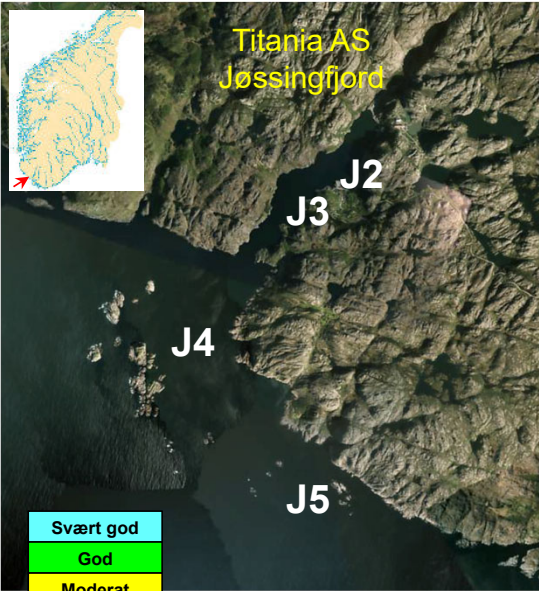
¹ K.G. Jøbsen Centre for Deep Sea Research, Department of Earth Science, University of Bergen

² Institute for Marine Research, Bergen

³ K.G. Jøbsen Centre for Deep Sea Research, Department of Biological Sciences, University of Bergen

⁴ Department of Earth Science, University of Bergen

⁵ Corresponding author: linn.o@iuh.no



- Svært god
- God
- Moderat
- Dårlig
- Svært dårlig

Station	Abundance	Species richness	Diversity (H')
J2-1	20	9	1,17
J2-2	13	5	1,95
J2-3	17	8	1,91
J3-2	46	6	0,52
J3-3	39	6	0,67
J3-6	38	12	1,52
J4-1	65	15	1,95
J4-2	66	15	1,80
J4-5	56	14	1,95
J5-1	34	15	2,16
J5-2	53	16	2,13
J5-3	30	15	2,37



NIVA har gjennomført feltstudier i Jøssingfjord-deponiet (nedlagt i 1984 men inntil nylig tillatt å slippe ut 1000 tonn/år partikulært materiale fra prosessvann). NIVA undersøkte også giftighet av fersk avgang og geokjemiske prosesser i gammel avgang, inkludert overvåking av bløtbunnsfauna for Titania AS.

Havforskningsinstituttet og Universitetet i Bergen samlet inn sedimentkjerner i 2017 og 2018 fra Jøssingfjorden, for å evaluere fauna og biogeokjemiske prosesser.

Ettner, D. og Sanne, E.H. (2023). Titania Vannovervåking. Årsrapport 2022. *Geode Consult*. 58 pp (+ vedlegg):

- Jøssingfjorden vurdert ut fra det biologiske kvalitetselementet klorofyll-a, støtteparameterne næringssalter og siktedyp, og de vannregionspesifikke stoffene kobber og sink:
- Samlet klassifisering av Jøssingfjord for kalenderåret 2022 gir fjorden dårlig økologisk tilstand.

Effekter av evolusjon der arter gjennom seleksjon tilpasser seg dårlige forhold, er ikke undersøkt eller vurdert. Dette kan tenkes å påvirke kvalitetsindekser slik at det måles bedre økologisk tilstand enn det som faktisk forekommer.

NIVA Rapport L-nr. 7223-2017:
Tilførsel av 2 cm fersk avgang fra Titania resulterte i en signifikant reduksjon av tetthet av bløtbunnsfauna. Avgangen hadde høyt innhold av Cu og Ni (klassifisert fra “Moderat” til “Dårlig”), som gir risiko for toksiske effekter.

NIVA Rapport L-nr. 7291-2018:
Klassifisering av bunnfauna ble satt til “God” status, men med indikasjon på forstyrrelse og innslag av arter som typisk tåler forurensing. Indekser for klassifisering er hovedsakelig etablert for organisk belastning, og klassifisering av marin bløtbunn etter disse gir derfor ikke et fullstendig bilde på økologisk tilstand.



Marine Pollution Bulletin

Benthic community status and mobilization of Ni, Cu and Co at abandoned sea deposits for mine tailings in SW Norway

Morten Thorez Schaanning¹, Hilde Cecilie Treumann, Sigrud Østevad, Kurtis Ndungu

Goldschmidt 2019 Abstract

Biogeochemical processes in submarine mine tailings and the impact on benthic fauna

Linn Merethe Brekke Olsen^{1,2}, Tina Kutt³, Håkon Dahle⁴, Halldór Halldásson⁵, Ingunn H. Thorverð⁶

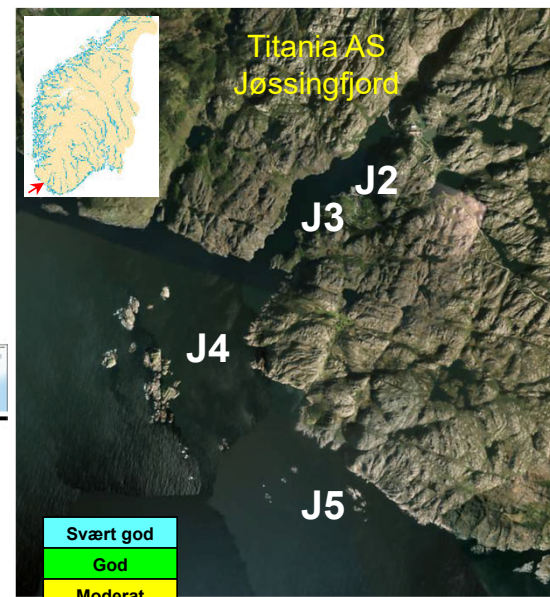
¹ K.G. Jøbsen Centre for Deep Sea Research, University of Bergen
² Department of Earth Science, University of Bergen
³ Institute for Marine Research, Bergen
⁴ Department of Biological Sciences, University of Bergen
⁵ Corresponding author: linn.o@iuh.no

NGF Abstracts and Proceedings, no. 1, 2019

Biogeochemical processes in submarine mine tailings and the impact on benthic fauna

Olsen, L.M.B.¹, Kutt, T.³, Dahle, H.⁴, Halldásson, H.⁵ & Thorverð, I.H.⁶

¹ K.G. Jøbsen Centre for Deep Sea Research, Department of Earth Science, University of Bergen
² Institute for Marine Research, Bergen
³ K.G. Jøbsen Centre for Deep Sea Research, Department of Biological Sciences, University of Bergen
⁴ Department of Earth Science, University of Bergen
⁵ Corresponding author: linn.o@iuh.no



Station	Abundance	Species richness	Diversity (H')
J2-1	20	9	1,17
J2-2	13	5	1,95
J2-3	17	8	1,91
J3-2	46	6	0,52
J3-3	39	6	0,67
J3-6	38	12	1,52
J4-1	65	15	1,95
J4-2	66	15	1,80
J4-5	56	14	1,95
J5-1	34	15	2,16
J5-2	53	16	2,13
J5-3	30	15	2,37

Akvaplan-niva AS, Universitetet i Tromsø, Norges Geologiske Undersøkelser og NIVA har gjennomført feltundersøkelser i det gamle deponiet fra kobbergruven ved Repparfjorden (1972-1978). Geokjemi, metallekkasje og effekter på bynndyrsamfunn er også undersøkt.

Havforskningsinstituttet har analysert prøver av fisk fra Repparfjorden med hensyn til metallinnhold, og undersøker nå effekter av den gamle avgangen på arter av skjell.

- Konsentrasjon av Cu i sedimentet er fremdeles høyt i det gamle deponiet, og overgår miljøstandarder (EQS-verdier). Bunnfauna viser tegn på forstyrrelse.
- Bunndyrsamfunn har blitt eksponert for forhøyede verdier av Cu kontinuerlig i over 40 år.
- Avgang spres fremdeles til omgivelsene fra de gamle deponihaugene grunnet mangel på tildekning.
- Under deponeringen ble det dannet en hard skorpe på bunnen (hovedsaklig jernoksid) i indre del av fjorden.
- En overdekning av kun 6 mm fersk avgang fra kobbergruven på et naturlig bunnsediment ga lavere artsantall, artstetthet og biomasse.



Rapport fra Havforskningen nr. 2021-50: Forhøyede metallkonsentrasjoner i hyse fra Repparfjorden sammenlignet med en referansefjord i nærheten, men innenfor grenseverdier for mattrygghet. En studie av metallisotoper er nå i gang for å verifisere om dette kan skyldes metallinnhold i den gamle avgangen på fjordbunnen.

ScienceDirect
Contents lists available at ScienceDirect
Marine Pollution Bulletin
journal homepage: www.elsevier.com/locate/marpolbul

The impact of submarine copper mine tailing disposal from the 1970s on Repparfjorden, northern Norway
Børre Størnæs^{a,*}, Juho Junttila^b, Kari Skarbak^c, Marianne Forwick^d, Jolynn Gernall^e, Rikardo Ronda-Pekarek^f

Science of the Total Environment
Contents lists available at ScienceDirect
Science of the Total Environment
journal homepage: www.elsevier.com/locate/scototenv

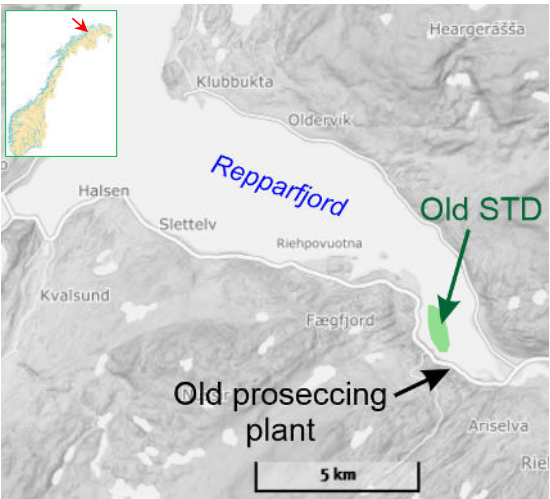
Geochemistry of a copper mine tailings deposit in Repparfjorden, northern Norway
M. Andersson^{a,*}, T.E. Finne^a, L.K. Jensen^b, D.A. Eggen^a

Environ Sci Pollut Res (2018) 25:57901–57912
DOI 10.1007/s11356-017-2125-6

WATER, SANITATION, POLLUTION AND HEALTH IN THE ARCTIC

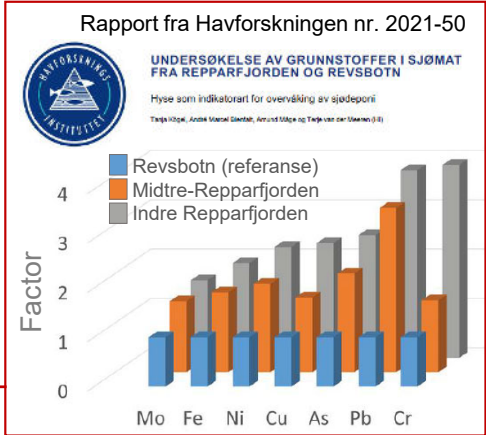
Long-term dispersion and availability of metals from submarine mine tailing disposal in a fjord in Arctic Norway
Kristine B. Pedersen^a, Pernille L. Jensen^b, Børre Størnæs^{a,*}, Lisebeth M. Ottosen^c, Mår Vesterhus Hovland^d, Minja Marie Kudahl^e, Juho Junttila^f, Kari Skarbak^g, Marianne Forwick^h

^a Norwegian Institute of Water Research, Jon Lillemanns vei 3, 4879 Grimsdalen, Norway
^b Arctic Technology Centre, Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark, Building 118, 2800 Lyngby, Denmark
^c Department of Geosciences, LUT – Lappeenranta University of Applied Sciences, 06100 Lappeenranta, Finland
^d Institute of Geology, Adam Mickiewicz University in Poznań, 60-608 Poznań, Poland



https://www.havforsk.no/wp-content/uploads/2019/02/Tranum_Mine-tailings-effects-on-benthic-communities.pdf
Norske Havforskere forening, Tromsø, 2019
PRESENTASJON ONSDAG 13. FEBRUAR 12:40
Mine tailings have short- and long-term effects on benthic communities in an Arctic fjord

Hilde Cecilie Tranum¹, Paul Renaud², Anita Evensen²
¹ Norwegian Institute for Water Research, Jon Lillemanns vei 3, 4879 Grimsdalen, Norway
² Akvaplan-niva, Fram Centre for Climate and Environment, 9296 Tromsø, Norway



Postglacial mass movements and their causes in fjords and lakes in western Norway

Reidulv Bøe, Oddvar Longva, Aivo Lepland, Lars Harald Blikra, Eivind Sønstegeard, Hafliði Hafliðason, Petter Bryn & Reidar Lien

Bøe, R., Longva, O., Lepland, A., Blikra, L.H., Sønstegeard, E., Hafliðason, H., Bryn, P. & Lien, R.: Postglacial mass movements and their causes in fjords and lakes in western Norway. *Norwegian Journal of Geology*, Vol. 84, pp. 35-55. Trondheim, 2004. ISSN 029-196X.

Bakke, T. (2009). Effekter av sjødeponi av avgangsmasser fra gruvedrift i Engdebøfjellet på Førdefjordens økosystem på kort og lang sikt. NIVA NOTAT O-28466/3. 24 pp.

Contents lists available at ScienceDirect
Marine Pollution Bulletin
journal homepage: www.elsevier.com/locate/marpolbul

The impact of submarine copper mine tailing disposal from the 1970s on Repparfjorden, northern Norway

Beata Sternal^{a,b,*}, Juho Junttila^a, Kari Skirbekk^a, Matthias Forwick^a, JoLynn Carroll^{a,c}, Kristine Bondo Pedersen^c

Hvor lang tid til "livet" vender tilbake?

Ytre Førdefjorden:

Naturlig sedimentasjon = 0,23 mm/år
10 cm med nytt sediment: ca. 430 år.

Førdefjorden:

Sedimentrate = 1 - 3 mm/år
10 cm nytt sediment: 33 - 100 år.

Repparfjorden (deponi fra 1972 til 1978):

Naturlig sedimentasjon = 0,75 – 2,25 mm/år
10 cm med nytt sediment : 50 - 130 år.
Indre Repparfjord er i dag dekket med et 3 - 9 cm lag av «nytt sediment» siden 1978, men med liten eller ingen overdekning på selve deponihaugene.

- Innholdet av organisk materiale i avgang er svært lavt, og avgangen vil være forskjellig fra gruve til gruve med hensyn til partikkelegenskaper, metallinnhold og prosesskjemikalier. Alle disse faktorene vil virke selektivt på de koloniserende organismene, og derved bestemme artsmangfold og mengde av de ulike artene.
- De første organismene til å etablere seg vil være opportunistiske arter som tåler de endrede fysiske og kjemiske forholdene.
- Bioturbasjon fra organismer som graver i bunnen, vil blande avgangen med nytt sediment og organisk materiale, noe som fører til en gradvis anriking av det øverste laget av de deponerte massene.
- Økosystemet i fjordbunnen er trolig tilbake til en "naturlig" tilstand når mengden av nytt sediment overstiger bioturbasjonen.



Notat til FKD fra: Havforskningsinstituttet
(29.02.2012) NIFES
Fiskeridirektoratet
Mattilsynet

Innspill til strategi for mineralnæringen

Tilråd ikke deponi:

- i nærheten av gyteområder for fisk eller hvis fjordens evne til å produsere fiskeyngel påvirkes negativt.
- i eller ved nasjonale laksefjorder eller i verneområder.
- som inneholder giftige kjemikalier som ikke er miljøtestet, eller hvis sjømattrygghet ikke er dokumentert.
- hvis gruveavfallet har for høye verdier av tungmetaller.
- hvis spredningen av finfraksjonen blir omfattende, virker negativt i de øvre vannlag, eller det er stor usikkerhet omkring spredningen av finfraksjonen.

- Med tanke på størrelse og varighet av utslipp kan det ikke gis klare tilrådinger for når et fjorddeponi kan være akseptabelt.
- En føre-var tilnærming bør anvendes ved stor usikkerhet i vurderingene av de økologiske effektene.

