



DiTail

Marine Disposal of Mine Tailings: Impacts on Pelagic Ecosystem Components in Norwegian Fjords

Pål A. Olsvik
Nord universitet - Bodø

NYKOS-møte
Tromsø 27.11.2018



Forsker i økotoksikologi



Dr. scient. gruvedrift og forurensning
i Røros-området (1996-2000)

Faculty of Biosciences and Aquaculture - FBA



FBA will contribute new knowledge for a sustainable bio-economy through research, education and interaction with society.



Att.: Fiskeri- og kystdepartementet

Sjømattrygghet i forbindelse med sjødeponi i Repparfjorden – vurdering av NUSSIR ASA rapport fra Kjeøy Research & Education Center 19. March, 2013

Fiskeri- og kystdepartementet (FKD) ba i epost av 24.2013 Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES) om å vurdere rapporten "Seawater leaching experiments of tailings material from Nussir and Ulvryggen copper deposits", lagd av Kjeøy Research & Education Center (KREC) (19. March, 2013) for NUSSIR ASA, og resultatene eventuelle betydning for vurderingen av konsekvensene ved bruk av fjorden som deponiområde. Vi viser i den sammenheng til en rapport NIFES lagde på bestilling fra Mattilsynet (MT) knyttet til reetablering og eller nyeetablering av bergverksindustri og betydning for mattrygghet (Børnussen et al., 2012). Der vurderte vi bl.a. i hvilken grad tilførsel av tungmetaller til miljøet kan ha betydning for mattrygghet i sjømat, og noen konklusjoner fra den rapporten er inkludert her.

NIFES - 2003 -2017 sjømattrygghet

Prosjektgruppe



Pål A. Olsvik
Torstein Kristensen
Linn H. Svendheim, PhD



Julia Farkas
Raymond Nepstad
Bjørn Henrik Hansen
Ida Beathe Øverjordet
Emlyn John Davis
Arne Malzhan
Andreas Hagemann



Tomasz Maciej Ciesielski
Bjørn Munro Jenssen



Christian Ihle



Dag Altin



Tjalling Jager

NFR 2018 - 2021

NFR utlysning Marinforsk



Forurensning og andre effekter på marine systemer: Gruveindustrien

Vi trenger mer kunnskap om:

- Kunnskap om spredning av mineral-avgang og assosierte kjemikalier, og hvordan de påvirker økosystemer og individuelle arter og populasjoner
- Empiriske data og gode modeller for å kalkulere kjemiske, fysiske og biologiske prosesser relatert til mineral-avgang avsetninger under aktiv produksjon og i oppryddingsfasen, og for å kunne lage **spredningsmodeller**

Bakgrunn for prosjektet

- Hustadmarmor
- Partikler 0.6 - 5 μm
- Inneholder Al, Mn, Fe og Ni
- Akutt toksisitet: Ingen dødelighet opp til 5 mg/L
- Ingen effekt på fødeopptak 40 timer etter endt eksponering
- MEN, adsorpsjon av partikler til *Calanus*, og opptak i tarm
- Ikke akutt toksisk, men kan ha kronisk betydning for energibudsjett (vekst, reproduksjon)



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

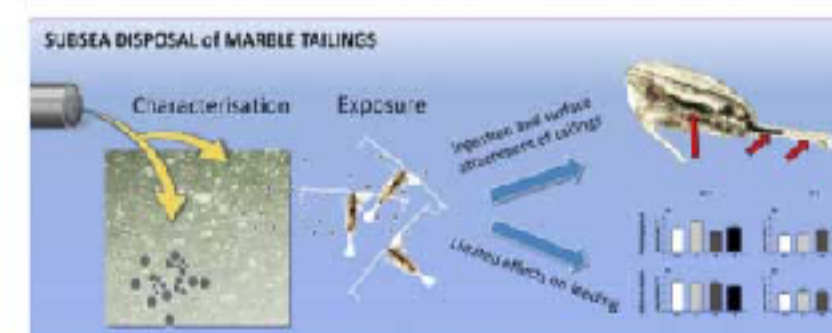
^a SINTEF Materials and Chemistry, Marine Environmental Technology, N-7465 Trondheim, Norway

^b BioTrix, N-7022 Trondheim, Norway

HIGHLIGHTS

- Submarine tailing disposal is practised in Norway.
- Characterisation and effects of tailings from a marble processing plant on zooplankton.
- Tailings contain a large amount of fine particles (0.6–2 μm).
- Fine grained tailings are not acutely toxic to the copepod *Calanus finmarchicus*.
- Surface attachment and ingestion of fine grained tailing particles was observed.

GRAPHICAL ABSTRACT



ARTICLE INFO

Article history:
Received 1 July 2016
Received in revised form 15 November 2016
Accepted 21 November 2016
Available online 1 December 2016

Handling Editor: Tamara S. Galloway

Keywords:
Submarine tailing disposal
Fine-grained tailing fraction
Small particles
Pelagic filter feeders
Calanus finmarchicus

ABSTRACT

Submarine tailing disposal (STD) of mining waste is practiced as an alternative to land fill disposal in several countries. Knowledge regarding the environmental implications of STD on fjord and other marine ecosystems, including the pelagic environment, is scarce. In this study, we characterised the particle shape, size and metal content of the fine-grained fraction of tailings (FGT) from a Norwegian marble processing plant and investigated their acute toxicity and impact on feeding rate in adult *Calanus finmarchicus*. Initial tailing dispersions with a concentration of 1 mg mL⁻¹ contained approximately 72 million particles, with 62% of particles between 0.6 and 1 μm in size. After a sedimentation time of 1 h, 69% of the particles between 0.6 and 5 μm remained dispersed, decreasing to 22% after 6 h. When subjected to low energy turbulence in exposure experiments, the formation of fragile agglomerates was observed. The FGT contained Al, Mn, Fe and Ni, with no detectable dissolution occurring during the 48 h exposure period. Acute exposure (up to 5 g L⁻¹) to FGT caused no mortality in *C. finmarchicus*. Similarly, feeding rates determined during a 40 h depuration period, were not significantly impacted. However, surface attachment and uptake of FGT into the digestive tract of the copepods was observed. This indicates that whilst marble FGT are not acutely toxic to copepods, chronic effects such as impacts on organisms energy budgets could occur, highlighting the need for further research on potential sublethal effects in organisms exposed to fine inorganic particles.

Hovedmål med prosjektet



DiTail prosjektet vil undersøke eksponering og effekt i det pelagiske økosystemet i norske fjorder med finpartikulære avsetninger fra gruevavgang:

- Undersøke **subletale effekter** av avgang på sensitive stadier av **nøkkelarter** i fjordøkosystem under økologisk relevante forhold
- Gjøre eksperimentelle undersøkelser og studere effekter på individ og molekylært nivå
- Utvikle biologiske modeller av individuelle livssyklus energi-budsjett for å predikere effekter på utvikling, vekst og reproduksjon
- Gjøre vurderinger av flokkuleringspotensialet til avgang og hvordan avgangen kan spres
- Utvikle modeller for å simulere fysisk spredning av avgang i norske fjorder
- Gjøre modellering av eksponering og effekt på egg og larve biopartikler i fjorder, for å predikere risiko i form av **redusert rekruttering** i lokale populasjoner av de studerte artene

Hovedmål med prosjektet

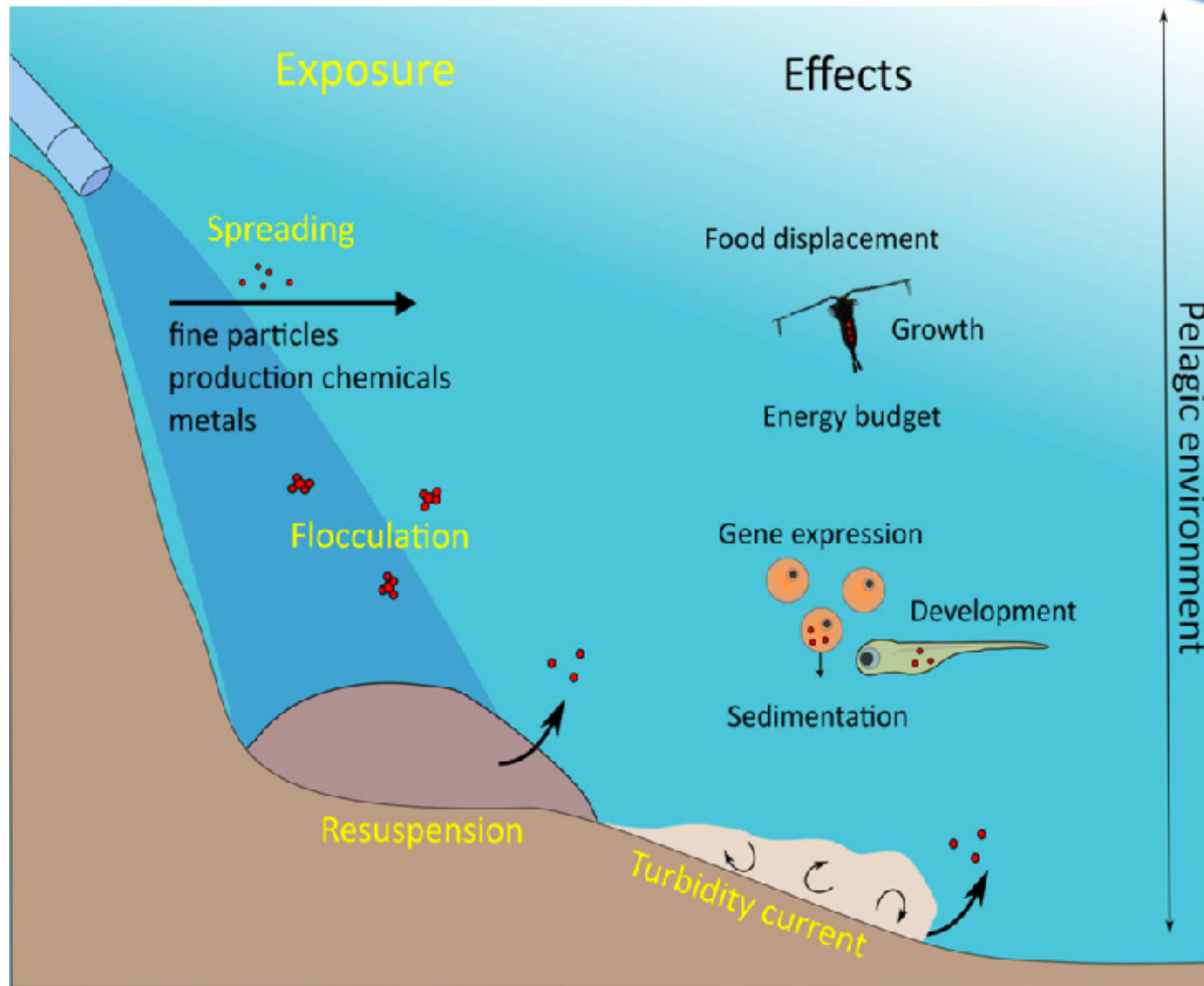


Figure 1: Overview over processes and effects caused by tailing disposal

Hypoteser



- Eksponering til finpartikulær gruveavgang påvirker kopepoder og tidlige livsstadier av fisk, - gir redusert utvikling, vekst og fitness
- Eksponering til fine partikler er viktigst for stress, eksponering til metaller og gruvekjemikalier kan forsterke stressresponsen
- Effekten kan observeres mekanistisk på molekylært nivå, via endret energi-budsjett, til livshistorietrekk hos individet
- Påvirkning fra finpartikulær gruveavgang er tilstrekkelig sterk sammenholdt med naturlig dødelighet til å påvirke rekruttering

Arbeidspakker (WPs)

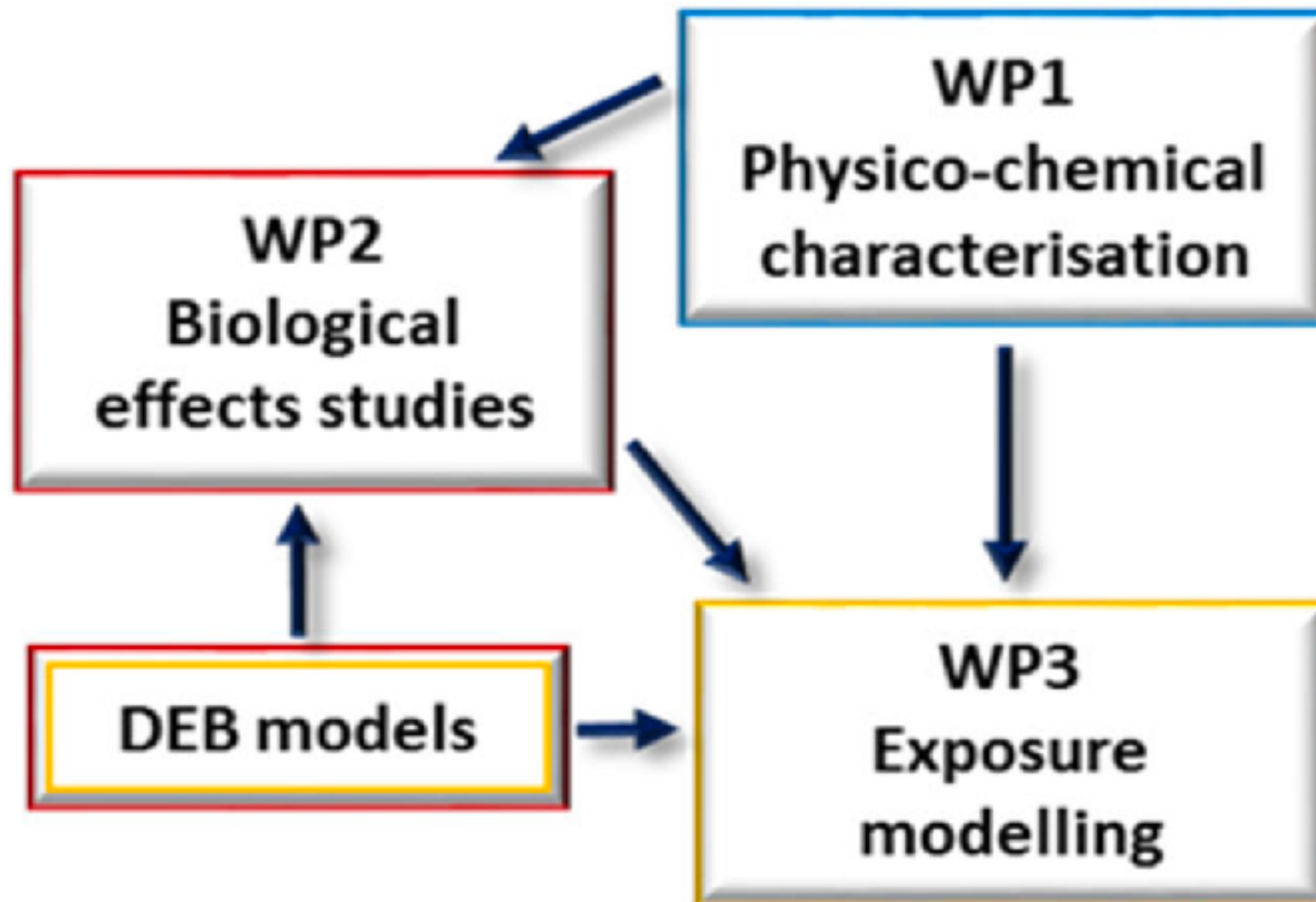


Figure 5: Work flow organised in WPs

WP1 - fysisk-kjemisk karakterisering av avgang

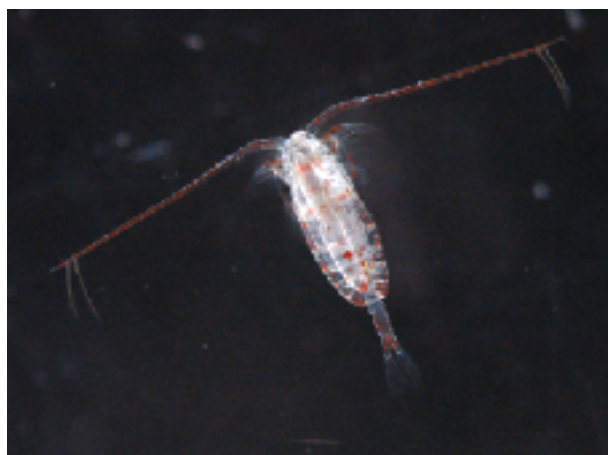


WP1 - Fysisk-kjemisk karakterisering av avgang

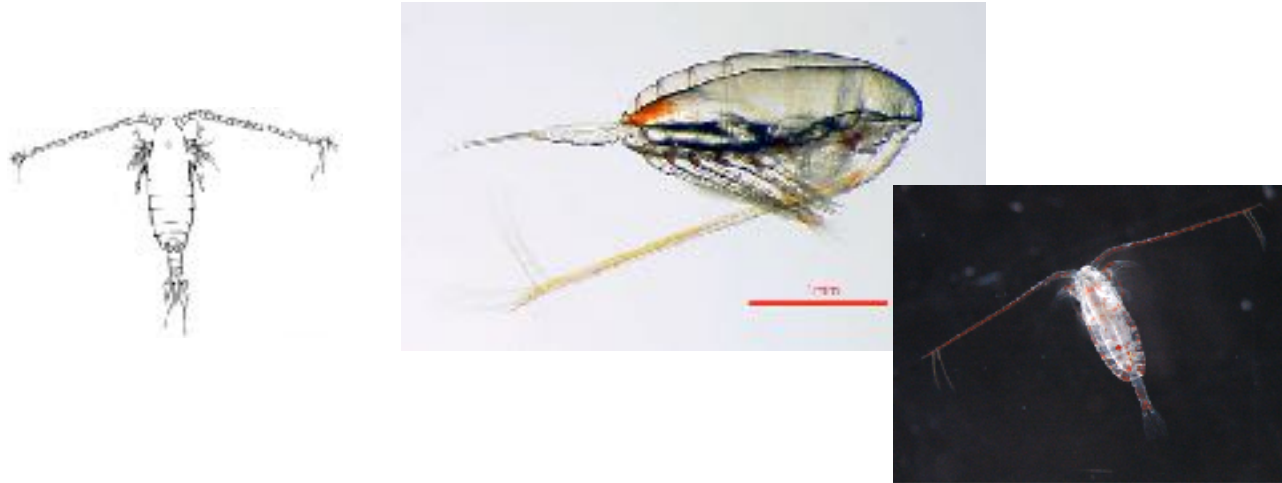
Mål: Studere egenskapene til avgang brukt i prosjektet, med spesiell fokus på finpartikkel-fraksjonen, metall-tilgjengelighet og tilstedeværelse av gruvekjemikalier.

Etablere et sett med metoder for å karakterisere avgang. Generere input data for transport-modeller (WP3). Identifisere relevante drivere for toksisk effekt (input for WP2 og 3).

WP2 - Effektstudier



WP2 - Effektstudier med plankton-arter

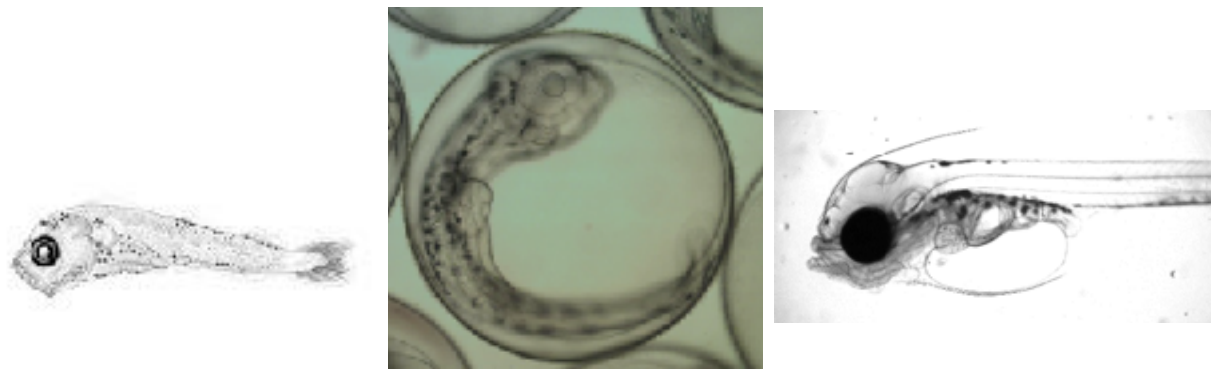


Rauåte - *Calanus finmarchicus*

Viktig art i marine næringskjeder - filterspiser

Endepunkter (endpoints)

- Individ: Akkumulering, partikkel opptak, vekst, hjerte utvikling, deformiteter osv.
- Fysiologi: oksygen forbruk, osv.
- Molekylært: transkriptomikk, metabolomikk

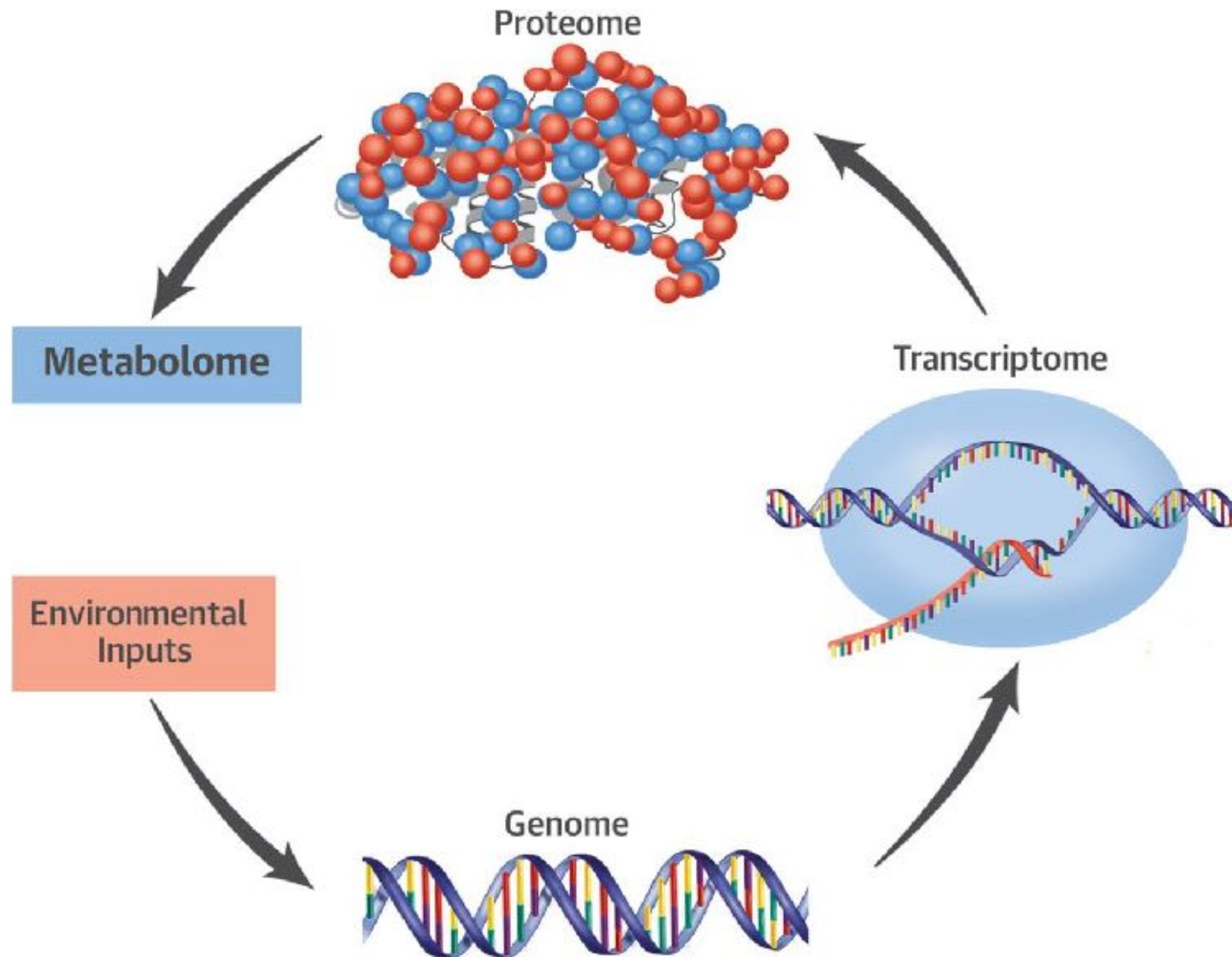


Torskelarver - *Gadus morhua*

Viktig kommersielt, gyteområder i «gruvefjorder»

Utvikle DEB-modeller for *C. finmarchicus* og *G. morhua*

Cellulære mekanismer



Microplate respirometry

Key idea: *Linking effects at the molecular level with potential ecological effects through whole-body endpoints (oxygen consumption)*

- Microrespirometry for fish egg/larvae and *Calanus sp.*
- 48 channels, 1700 µl chambers for high-throughput respiration measurements
- Repeated measurements on the same individuals possible, e.g. before, during and after exposure

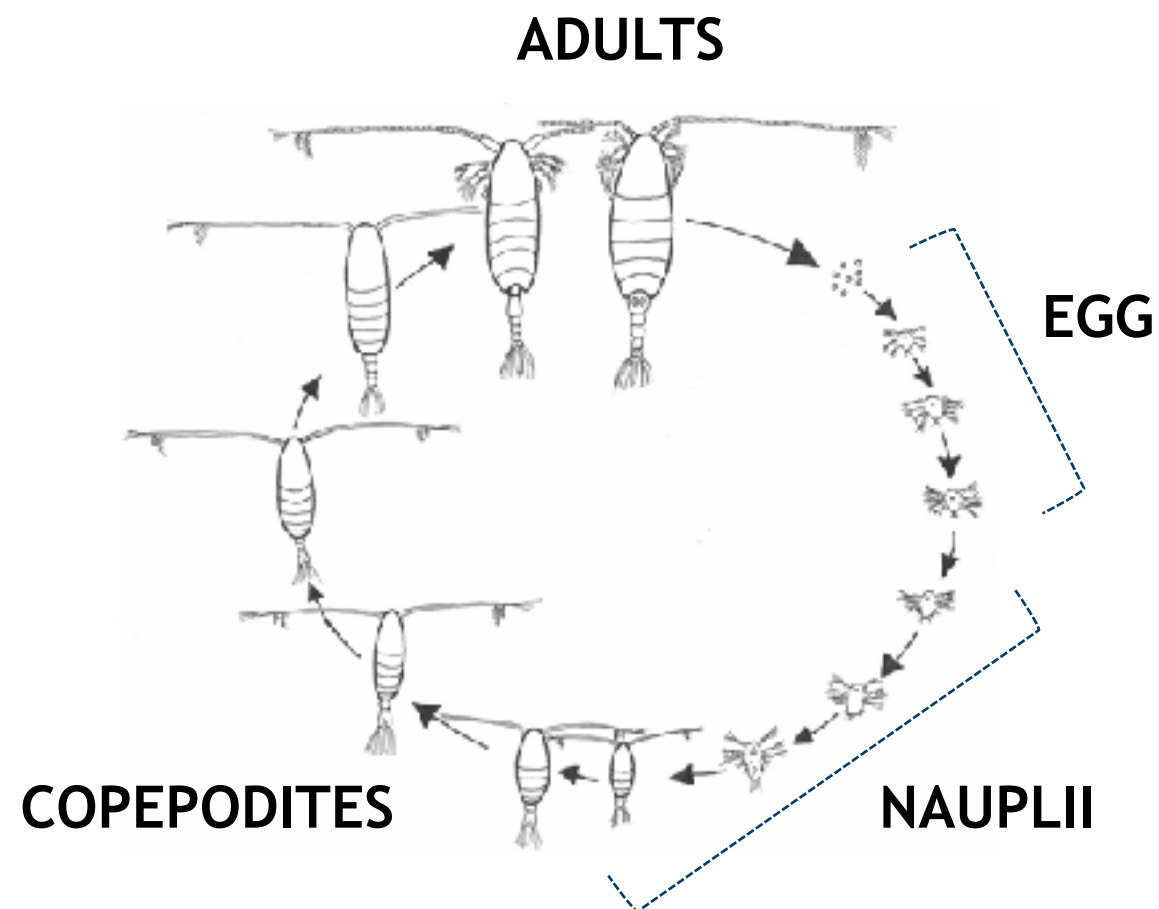


Loligo Systems

24 chambers per unit (2x)

Copepod life cycle

- Ongoing and next steps: study effects of tailings on early life stages

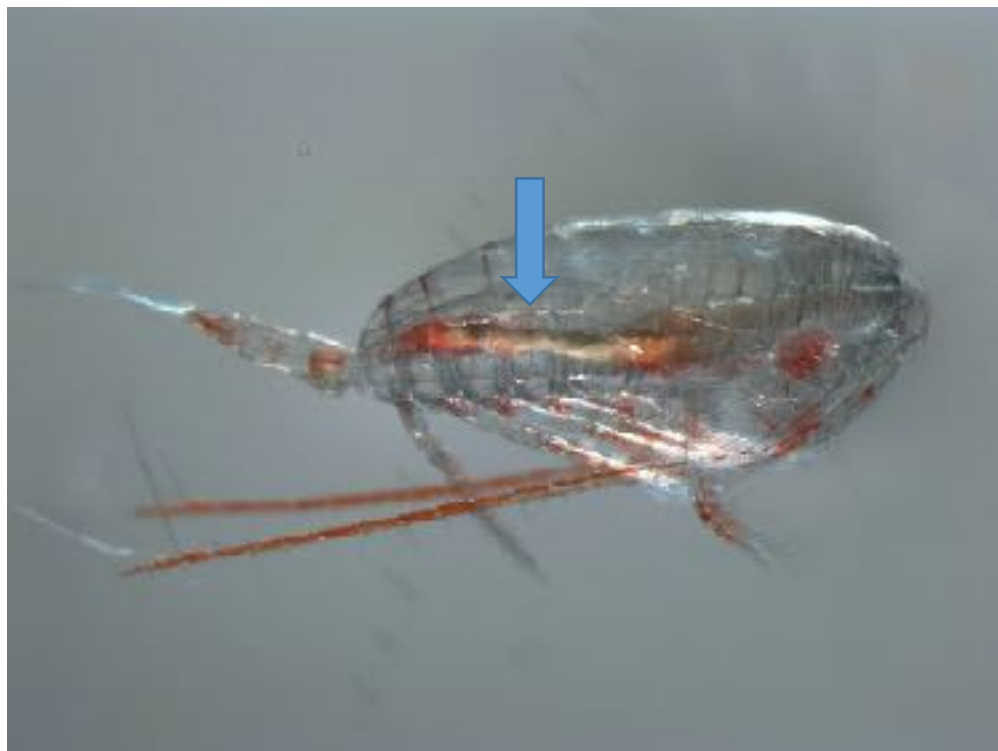


- Hatching success
- Survival
- Uptake of tailings in first feeding stage
- Survival
- Development rates
- Uptake of tailings
- Energy storage built up
- Movement
- Respiration

First results:

Exposure of Calanus to tailings

- No acute toxicity
- Uptake of tailings into digestive tract in algae fed groups (90-100 %)
- Uptake also in non-fed groups (70 %)



Calanus exposed to tailings



Calanus faeces: feed with algae



Calanus faeces: exposed to tailings/
tailings and algae

Hatching and development of *C. finmarchicus* - pre-tests



- Exposure to "high" and "low" tailings

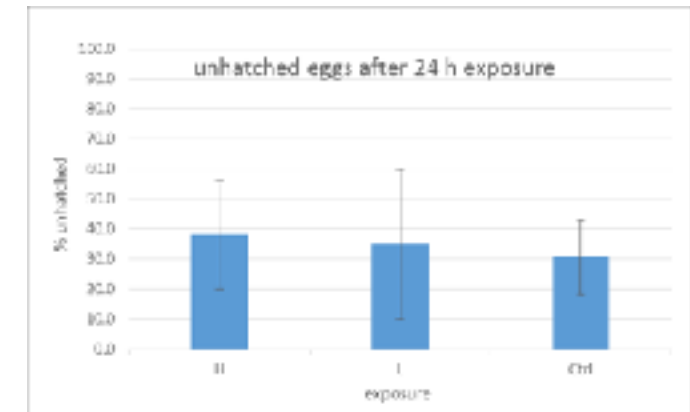
stock dispersion: approx. 1 g/L (dw) in SW. Settled for 20 min and decanted = High exposure

- High = 2 mill. particles/mL
- Low = 200 000 particles/mL

Preliminary results



- Slight, but **not significant** impact on hatching success
- Nauplii are taking up tailings
- High mortality in nauplii stages in tailing-only exposure groups
- Survival in tailing exposures when algae are present as food
- Development and movement under investigation

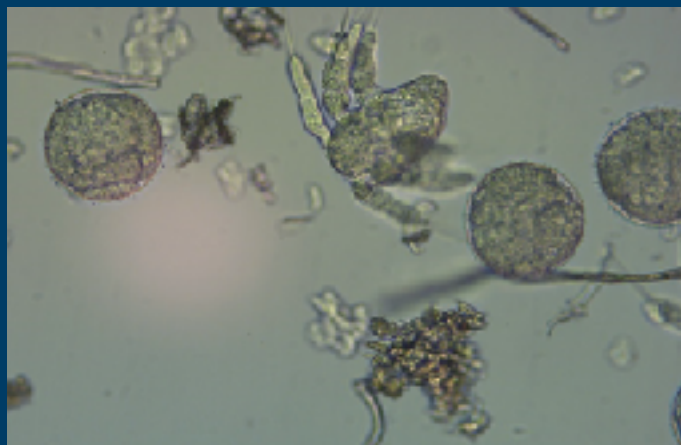


Life stages



Eggs and
NI/NII

Controls



Exposed groups



Eggs with tailings on surface

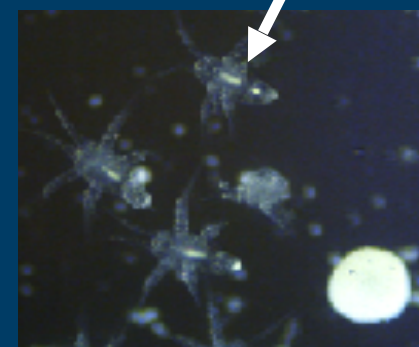
Nauplii NIII
= first
feeding
stage



Algae in digestive tract



Algae and tailing uptake



"Tailings only" in digestive tract

WP3 - Numerical modelling



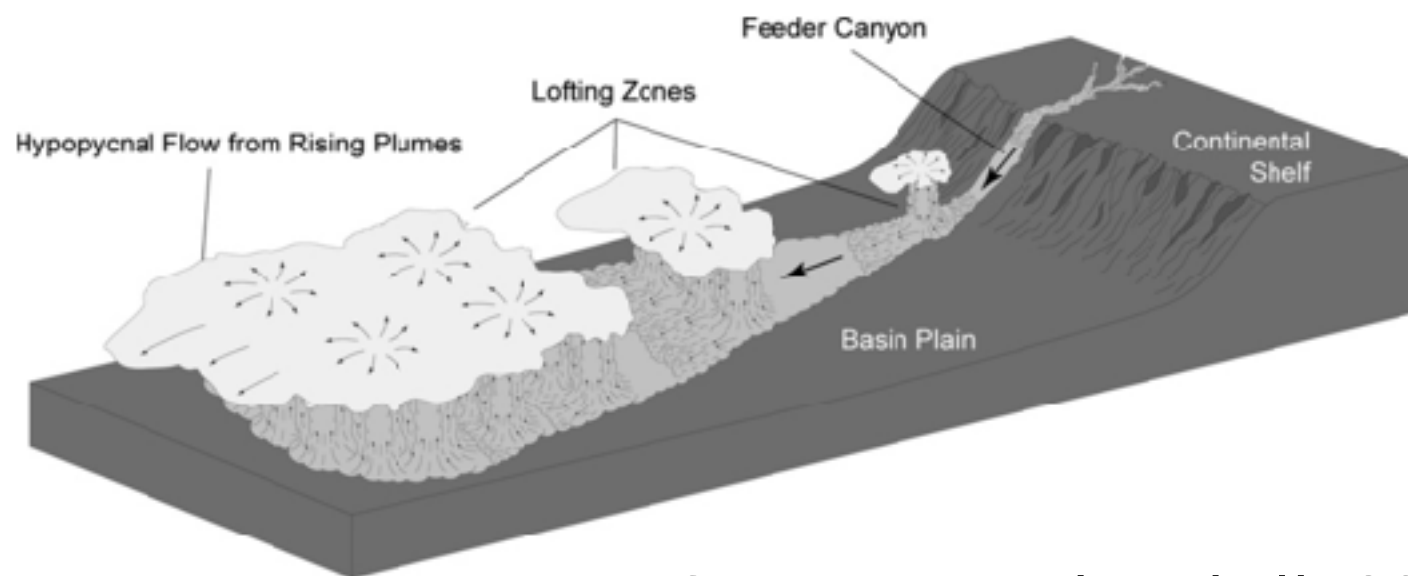
Integrate data from WP1 and WP2 into numerical models, to estimate individual-level and population-level relevant consequences of mine tailing disposal, and evaluate mitigating measures

WP3 topics

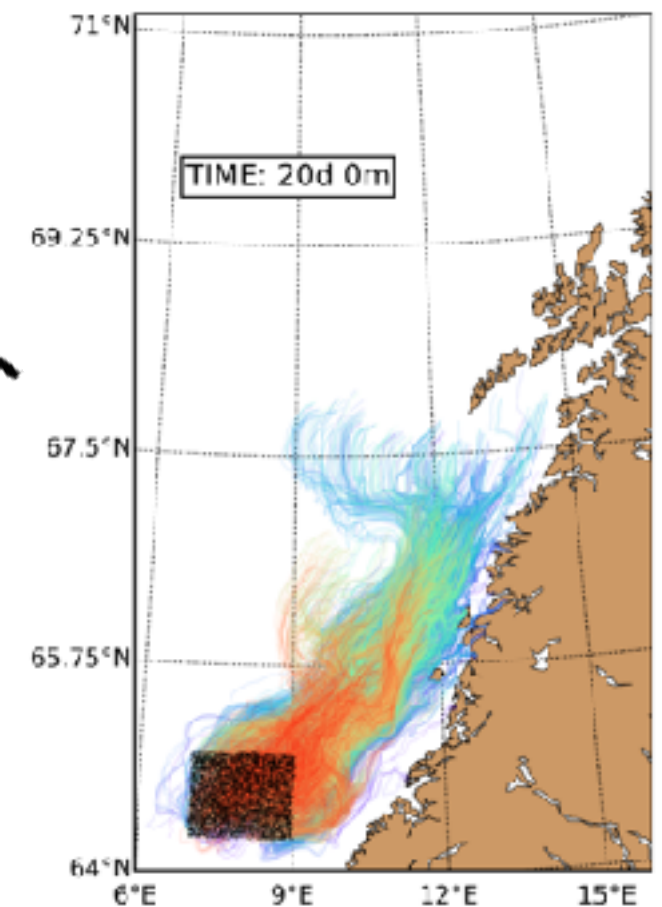
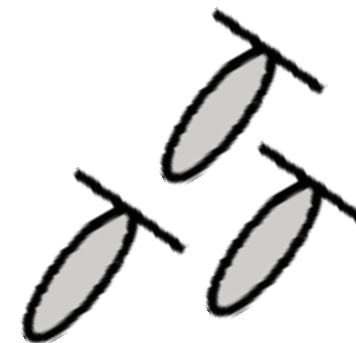


Energy budget and individual-based models Biological impact modelling

Turbidity currents



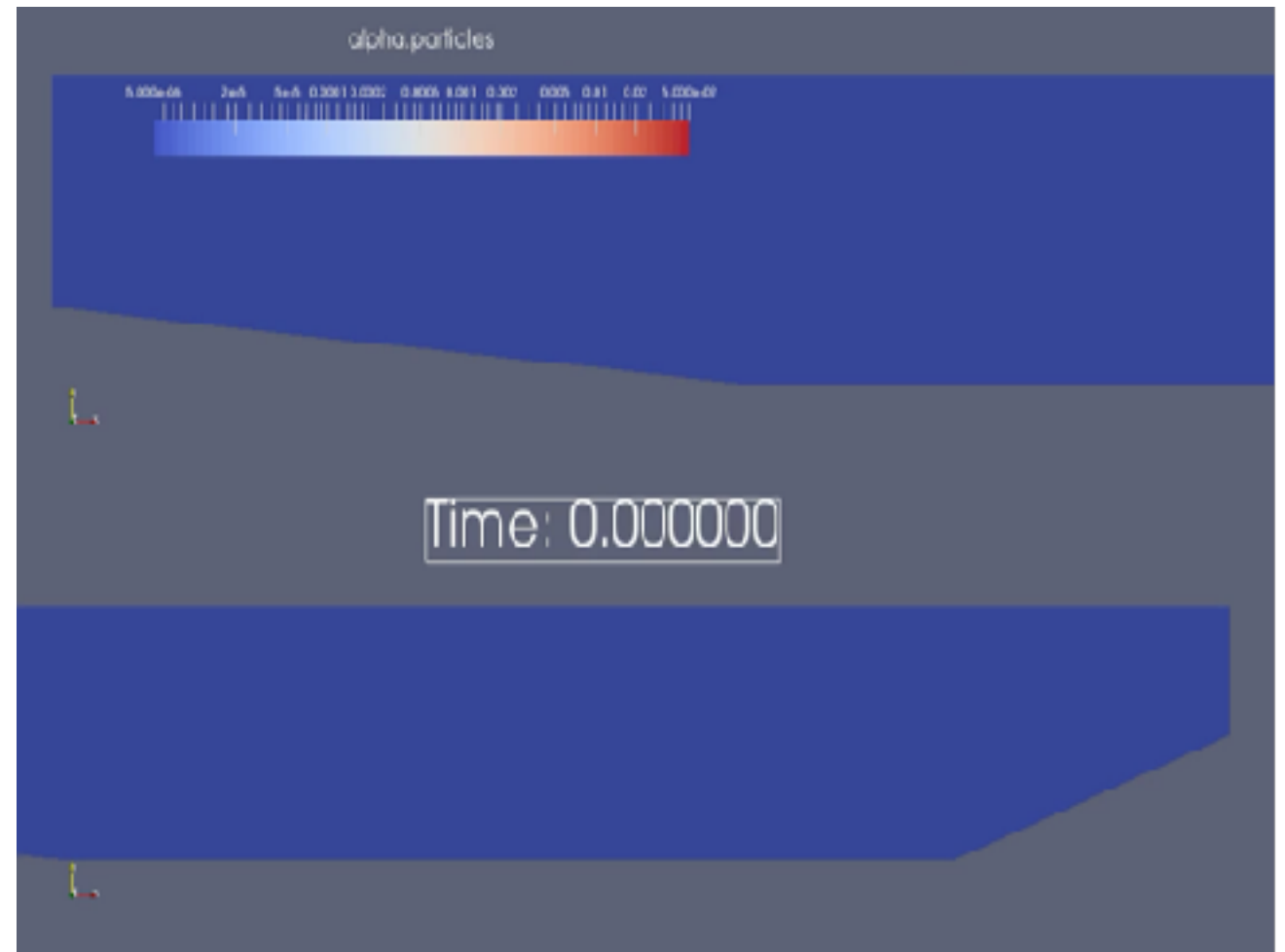
(From Stevenson and Peakall, 2010)



Turbidity currents



- Turbidity currents can mediate tailings transport on a sloping sea bed
- Reverse buoyancy can cause secondary plumes downstream from the discharge point
- Perform detailed computational fluid dynamics simulations of turbidity currents (University of Chile)



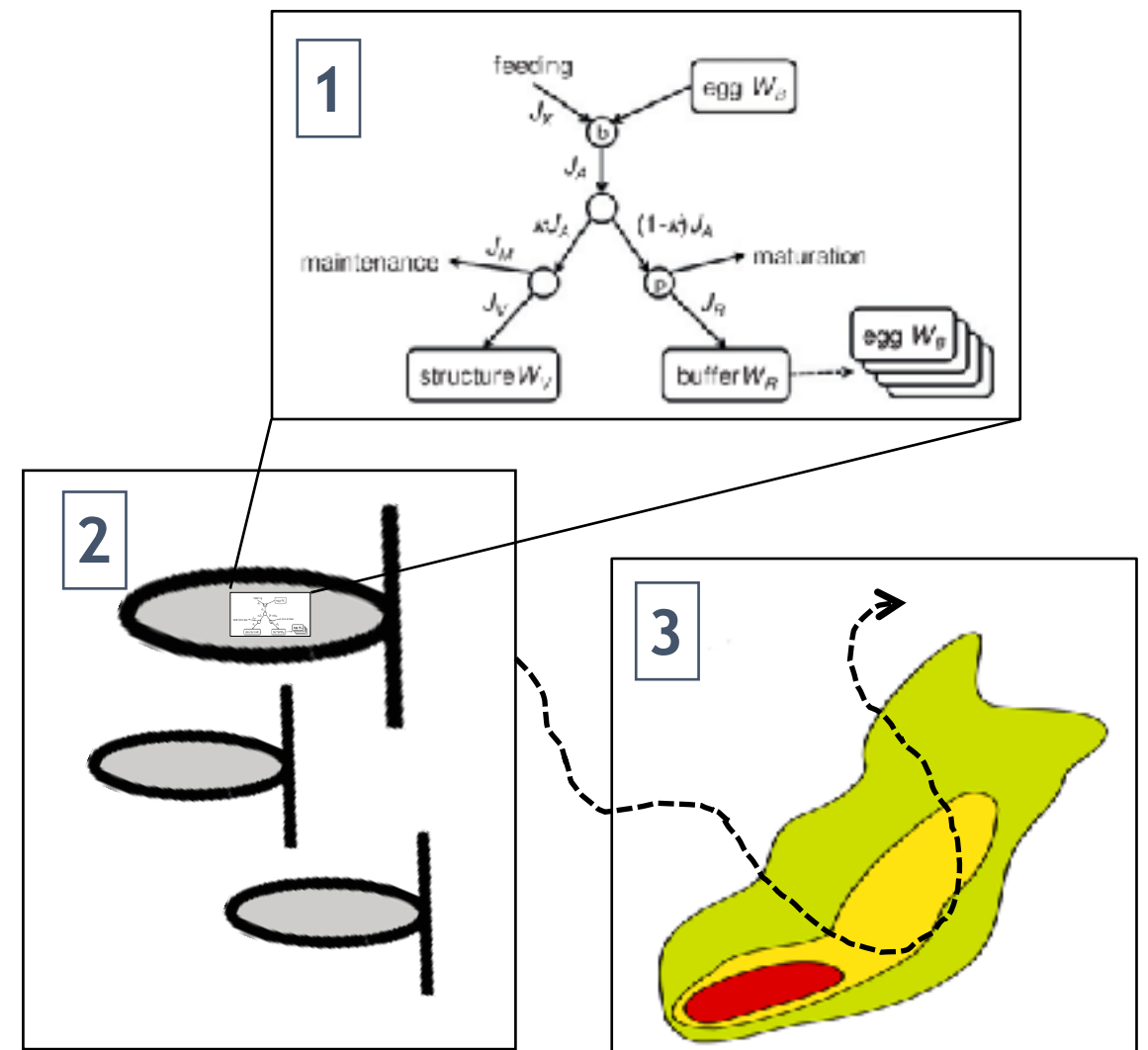
Example simulation with OpenFOAM
C. Reyes, C. Ihle, University of Chile

Energy budget and individual-based models

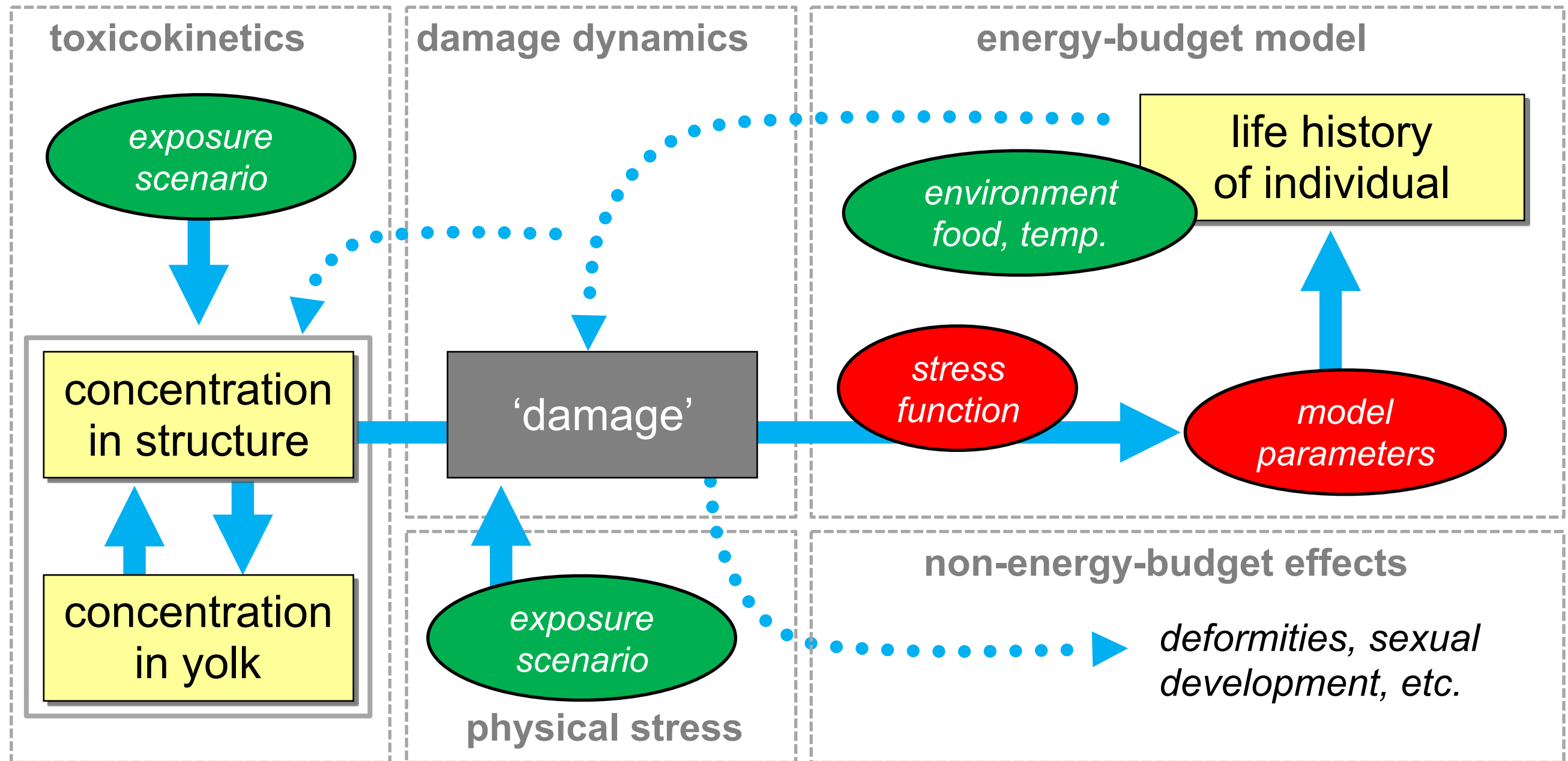
(T. Jager et al. 2013)

1. Develop DEBKISS effect model (DEBtox Research)
2. Couple to Individual-Based Model for representation of organisms in the marine environment
3. Exposure concentrations from transport and fate model (DREAM)

-> Predict effects



DEB - Conceptual outline

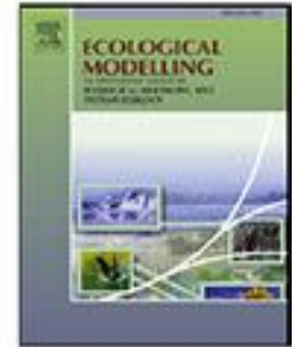




Contents lists available at ScienceDirect

Ecological Modelling

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolmodel



Simple energy-budget model for yolk-feeding stages of Atlantic cod (*Gadus morhua*)

Tjalling Jager^{a,*}, Raymond Nepstad^b, Bjørn Henrik Hansen^b, Julia Farkas^b

^a DEBtox Research, De Bilt, The Netherlands

^b SINTEF Ocean, Environment and New Resources, Trondheim, Norway

ARTICLE INFO

Keywords:

Energy budget

DEBkiss

Gadus morhua

Embryonic development

modelling

yolk absorption

ABSTRACT

Atlantic cod (*Gadus morhua*) is a commercially important species, and therefore, understanding the influence of environmental factors and anthropogenic stressors on its early life stages is of considerable relevance. In this contribution, we apply a simple and generic energy-budget framework (DEBkiss) to data for the yolk-feeding stages of cod. The model is capable of explaining the changes in yolk volume, dry weight, oxygen use and body length, simultaneously with a small number of parameters. The calibrated model was subsequently successfully tested with other data sets. Interestingly, the light conditions after hatching affect growth and respiration rates, which is traced to a change in the maintenance costs (linked to swimming activity). Despite the satisfactory performance of the model, several uncertainties remain. Especially the bioenergetics around the point of complete yolk absorption require further attention, which is complicated by the fact that the behaviour around this point differed between data sets. The presented model can be used for exploring effects of stressors on early-life stages of cod, and likely for other aquatic egg-laying species as well.

Web-site - <https://ditail.no>

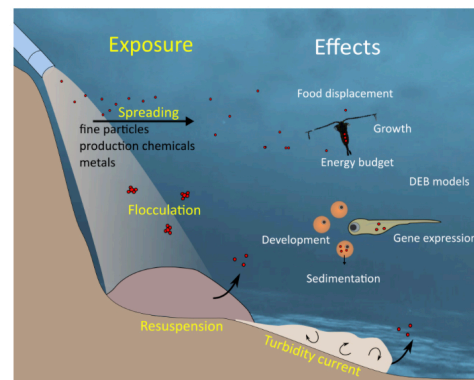
[Forside](#)[Om DiTail](#)[Partnere](#)[Kontakt oss](#)[Nyheter](#)

DiTail

Økende behov for metaller og mineraler verden over medfører miljøutfordringer. Moderne gruvedrift krever gode og langsiktige løsninger for deponering av restavfall i form av gråberg og finkornet masse.

Deponering av gruveavgang i sjø er kostnadseffektivt og en mye brukt metode i Norge. Sjødeponering av gruveavgang er imidlertid kontroversielt, og kan medføre spredning av partikler som kan være skadelige for vannlevende organismer. Stress som følge av påvirkning av partikulært materiale vil ikke nødvendigvis være dødelig for organismer i vannsøylen, men kan påvirke energibalansen og medføre mindre tilgjengelig energi til utvikling, vekst og reproduksjon.

Tidlige livsstadier til plankton-levende dyr som hoppekreps (Calanus) og egg og larver av fisk er spesielt sensitive for stress da de trenger energi til utvikling og vekst.



” I dette prosjektet vil vi gjøre effektstudier med finkornet gruvemasse, og bruke resultater fra forsøk med Calanus og fiskeegg- og larver til å utvikle modeller som vil si noe om hvor utsatt dyrene er for gruveavgang.

Disse modellene vil så kunne brukes til å prediktere hvor skadelig sjødeponi er for plankton-levende organismer som hoppekreps og fiskelarver i norske fjorder.

Kategorier



Takk til



Slides:
Julia Farkas
Raymond Nepstad
Tjalling Jager

