

Deponering av mudrede masser på dypt vann innerst i Ranfjorden



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

Tittel Deponering av mudrede masser på dypt vann innerst i Ranfjorden	Løpenr. (for bestilling) 6942-2015	Dato 9.12.2015
	Prosjektnr. Udenr. 15385	Sider 15
Forfatter(e) André Staalstrøm Magdalena Kempa	Fagområde Fysisk oseanografi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Mo i Rana	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Mo Industripark	Oppdragsreferanse Rolf Jenssen
-------------------------------------	-----------------------------------

Sammendrag

Her vurderes utslipp av totalt 100 000 tonn rene masser i en posisjon innerst i Ranfjorden hvor det er 300 m vanddyb. I modellen legges utslippet inn som en kontinuerlig strøm av partikler fordelt jevnt fra overflaten til bunn. To kornfordelingskurver er konstruert basert på måling av kornfordeling for mudringsområdet, den ene kurven har mye finstoff mens den andre har lite. Deponeringen kan gi en økning i sedimenteringshastigheten på over 0,1 mm/år over hele indre del av Ranfjorden helt ut til omtrent Straumsnes, og kan gi en økning i sedimenteringshastighet på over 1 cm/år opp til 2 km fra utslippspunktet. Siden sedimenteringsraten i innerst i Ranfjorden er av størrelsesorden noen cm/år (på grunn av utslippet fra Rana Gruber), og siden tiltaket har begrenset varighet, så vil deponeringen bidra med en relativt moderat økning av sedimentasjonen i dypområdene. For å redusere partikkelspredning til vannsøylen kan en vurdere nedføring gjennom rør og det forutsettes at innholdet av miljøgifter i massene som deponeres er innenfor akseptable grenseverdier.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Nordland	1. Nordland
2. Partikkelspredning	2. Particle dispersion
3. Numerisk modellering	3. Numerical modelling
4. Dypvannsdeponi	4. Deep water deposit



André Staalstrøm
Prosjektleder



Sigurd Øxnevad
Kvalitetssikrer



Kai Sørensen
Forskningsleder

Deponering av mudrede masser på dypt vann innerst i Ranfjorden

Forord

Formålet med dette prosjektet har vært å vurdere partikkelspredning og sedimentering ved deponering av rene masser i en posisjon i fjorden utenfor Rana Industriterminal. Magdalena Kempa har vært ansvarlig for modelleringen i dette prosjektet, mens André Staalstrøm har vært prosjektleder.

Oslo, 08.12.2015

André Staalstrøm

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Metoder	9
2.1 GEMSS modellen	9
2.2 Beskrivelse av utslipp i modellen	10
2.3 Kornfordeling	10
3. Spredning av partikler	12
3.1 Andre kilder til partikler i området	12
3.2 Spredning i fjorden	13
4. Samlet vurdering	15
5. Referanser	15

Sammendrag

Her vurderes utslipp av totalt 100 000 tonn rene masser i en posisjon innerst i Ranfjorden hvor det er 300 m vanddyb. Modellen GEMSS er benyttet i dette prosjektet. I modellen legges utslippet inn som en kontinuerlig strøm fordelt jevnt fra overflaten til bunn. Utslippet pågår i til sammen 62 dager. I virkeligheten vil deponeringen foregå mer ujevnt og store deler av massene vil mest sannsynlig synke mot bunn som en samlet masse. Det utslippet som er lagt inn vurderes her som det verst tenkelige tilfelle.

Beregning av sedimenttykkelse og sedimenteringshastighet er avhengig av hvilken kornfordeling massene som sedimenterer har. To kornfordelingskurver er konstruert basert på måling av kornfordeling for mudringsområdet, den ene kurven har mye finstoff mens den andre har lite. Begge kornfordelingskurvene har blitt benyttet i beregningene og det kan antas at sedimenttykkelsen og sedimenteringshastigheten på grunn av deponeringen vil ligge et sted i mellom disse to ytterpunktene. Det er kornfordeling med mye finstoff som gir størst sedimenttykkelse over størsteparten av fjorden, bortsett fra helt nær utslippspunktet, så det er denne kurven som benyttes i denne vurderingen.

Deponeringen kan gi en økning i sedimenteringshastigheten på over 0,1 mm/år over hele indre del av Ranfjorden helt ut til omtrent Straumsnes. Deponeringen kan gi en økning i sedimenteringshastighet på over 1 cm/år opp til 2 km fra utslippspunktet.

Siden sedimenteringsraten innerst i Ranfjorden er av størrelsesorden noen cm/år (på grunn av utslippet fra Rana Gruber), og siden tiltaket har begrenset varighet, så vil deponeringen bidra med en relativt moderat økning av sedimentasjonen i dypområdene. For å redusere partikkelpredning til vannsøylen kan en vurdere nedføring gjennom rør og det forutsettes at innholdet av miljøgifter i massene som deponeres er innenfor akseptable grenseverdier.

Summary

Title: Disposal of dredged materials at deep water at the head of the Ranfjord

Year: 2015

Author: André Staalstrøm and Magdalena Kempa

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6677-1

Here we consider the discharge of a total of 100 000 tonnes of clean dredged materials in a position at the head of the Ranfjord where it is 300 m deep. In the model, the discharge is modelled as a continuous flow distributed evenly from the surface to the bottom. The discharge takes place in a total of 62 days. In reality, the discharge will have a more patchy distribution in time and large chunks of the material will most likely sink to bottom as a single mass. We consider the description of the discharge in the model as a worst case.

Calculation of sediment thickness and sedimentation rate depends on particle size distribution (PSD). Two PSD curves are constructed based on measurement of particle distribution in the dredging area. One curve has a large fraction of fine material while the second has a smaller fraction of fine material. Both PSD curves have been used in the calculations and it can be assumed that sediment thickness and sedimentation rate due to the deposition will be somewhere in between these two extremes. The PSD curve with most fine materials provides greater sediment thickness over most of the inner fjord area, except for the area in the immediate vicinity of the discharge point, and this PSD curve is used in the final assessment.

The deposition may result in an increase in the sedimentation rate of exceeding 0,1 mm/year over the inner part of Ranfjord all the way out to Straumsnes, and can cause an increase in sedimentation rate exceeding 1 cm / year up to 2 km from the discharge point.

Since the sedimentation rate in the area is of the order of a few cm/year (due to emissions from Rana Gruber), and since the operation has a limited duration, the deposition will contribute with a relatively modest increase of sedimentation in the deep layers. To reduce particle dispersion to the water column, it can be considered to deposit the dredged materials through a pipe and it is assumed that the level of pollutants in masses deposited is within acceptable limits.

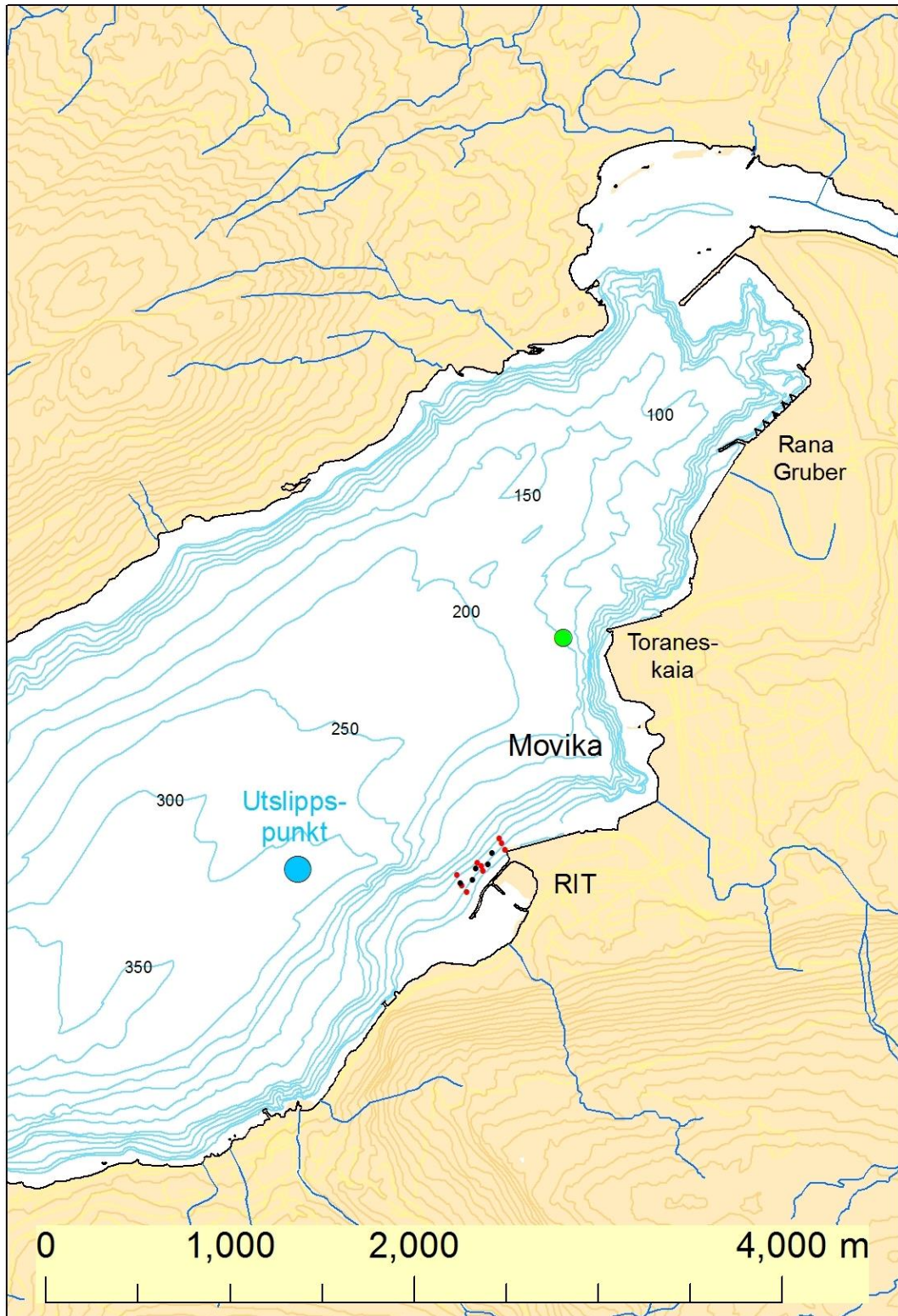
1. Innledning

Denne rapporten er skrevet på oppdrag fra Mo Industripark. De planlegger å mudre et areal på 37 000 m² utenfor kaianlegget til Rana Industriterminal (RIT). Hensikten er å etablere en ny dypvannskai. Dette kaianlegget er et av fire større kaianlegg i indre del av Ranfjorden, hvor de tre andre er, Toraneskaia, Bulkterminalen og utskipningskaia til Rana Gruber som ligger innenfor RIT (se **Figur 1**).

Innenfor arealet på 37 000 m² planlegges det å ta opp et volum på omtrent 135 000 m³. Konsentrasjon av miljøgifter i sedimentene er målt på fem stasjoner innenfor dette arealet. Disse fem stasjonene er vist i **Figur 1**. Det ble funnet at omtrent 18 500 m³ av volumet er forurenset (Kramvik, 2015). Disse forurensede massene må deponeres i et sikkert deponi, og en løsning for dette er ikke vurdert i denne rapporten. Her blir derimot konsekvensene av å deponere de resterende, rene massene i en posisjon hvor vanddyptet er 300 m rett utenfor RIT, vurdert. Det forutsettes at det underveis mens mudringsarbeidet pågår, blir kontrollert at de massene som deponeres i fjorden faktisk er rene masser. Spredning av partikler, både rene og forurensede, under selve mudringsprosessen er vurdert av Staalstrøm og Kempa (2015).

I denne rapporten er det tatt utgangspunkt i at det er 120 000 m³ rene masser som skal deponeres. Videre er det antatt at tettheten til de våte massene er 1,2 tonn/m³, og at 70 % av massene er tørrstoff. Det er altså tatt utgangspunkt i at totalt 100 000 tonn med tørre masser skal deponeres i Ranfjorden.

Det er valgt et utslippspunkt som ligger omtrent 1000 m vest for mudringsområdet (se **Figur 1**). Dette punktet er valgt på grunn av bunntopografien. Utslippspunktet er lagt i en posisjon hvor vanddybden er stor og bunnen er relativt flat. Helningen på bunnen er omtrent 1:20 i det aktuelle området.



Figur 1. Kart over innerste del av Ranfjorden hvor Ranelva renner ut. Dybdekoter er tegnet opp med blå linjer. Mudringsområdet utenfor RIT er indikert med prøvestasjoner markert med røde og svarte prikker. Det blå punktet viser hvor mudringsmassene blir sluppet ut i modellen. Det grønne punktet viser en stasjon hvor sedimenteringshastigheten tidligere har blitt beregnet.

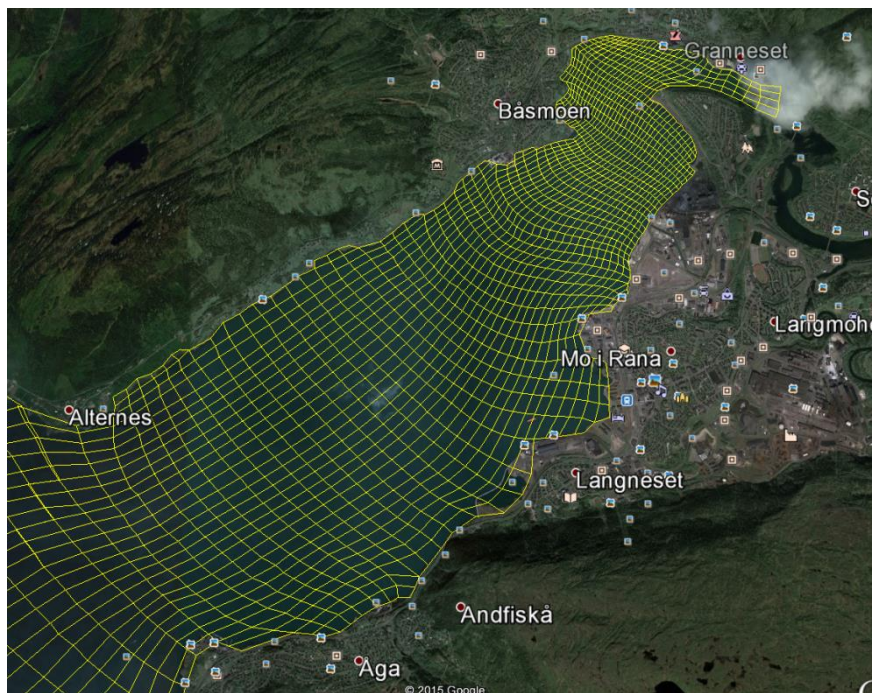
2. Metoder

2.1 GEMSS modellen

I dette prosjektet har den 3-dimensjonale modellen GEMSS blitt benyttet. Modellen beregner strøm, temperatur og konsentrasjon av partikler med ulik størrelse. Modellen beregner hva som skjer i fjorden ut fra kjent klima, vannføring, vanntemperatur og stoffkonsentrasjon i tilløp samt vannstand og stoffkonsentrasjoner ved den åpne enden av fjorden. Fjorden blir delt inn i beregningsceller. For hver celle ble resultatene beregnet skrittvis fremover i tid. Et utsnitt av modellgriddet er vist i **Figur 2**. Modellgriddet dekker hele Ranfjorden.

Modellpakken er utviklet av ERM's Surfacewater Modeling Group i Exton, Pennsylvania, USA. Eksempler på bruk av modellen kan studeres nærmere på hjemmesiden (<http://gemss.com/index.html>). Modellen er blant de mest avanserte som finnes. Den er jevnlig brukt verden rundt, og den har allerede blitt satt opp for Ranfjorden i forbindelse med utslippet til Rana Gruber. Det aktuelle modelloppsettet som blir benyttet i denne rapporten er validert av Staalstrøm og Kempa (2015).

For å modellere sirkulasjonsmønsteret i modellområdet har vi benyttet GEMSS modulen HDM som er en modell som løser de endelig-differanse ligningene Navier-Stokes, som med andre ord betyr at man benytter Newtons andre lov sammen med ligninger for å bevare volum. De vertikale lagene i modellen er horisontale (z-lag), avhengig av hvordan modellen blir satt opp. Modellgriddet er kurvelineært slik at den horisontale oppløsningen kan varieres. For å modellere partikkeltransport har vi benyttet en modul som kalles STM (Sediment Transport Module). Denne modulen beregner konsentrasjon av partikler med ni forskjellige kornstørrelse i hver beregningscelle i modellområdet. De partikkelklassene som er valgt er 0-4 μm , 4-8 μm , 8-16 μm , 16-24 μm , 24-36 μm , 36-48 μm , 48-64 μm , 64-100 μm og > 100 μm . I modellen kan partiklene enten flyte fritt i vannmassene (suspenderte partikler) eller ligge på bunn. Partikler som havner på bunn kan re-suspenderes.

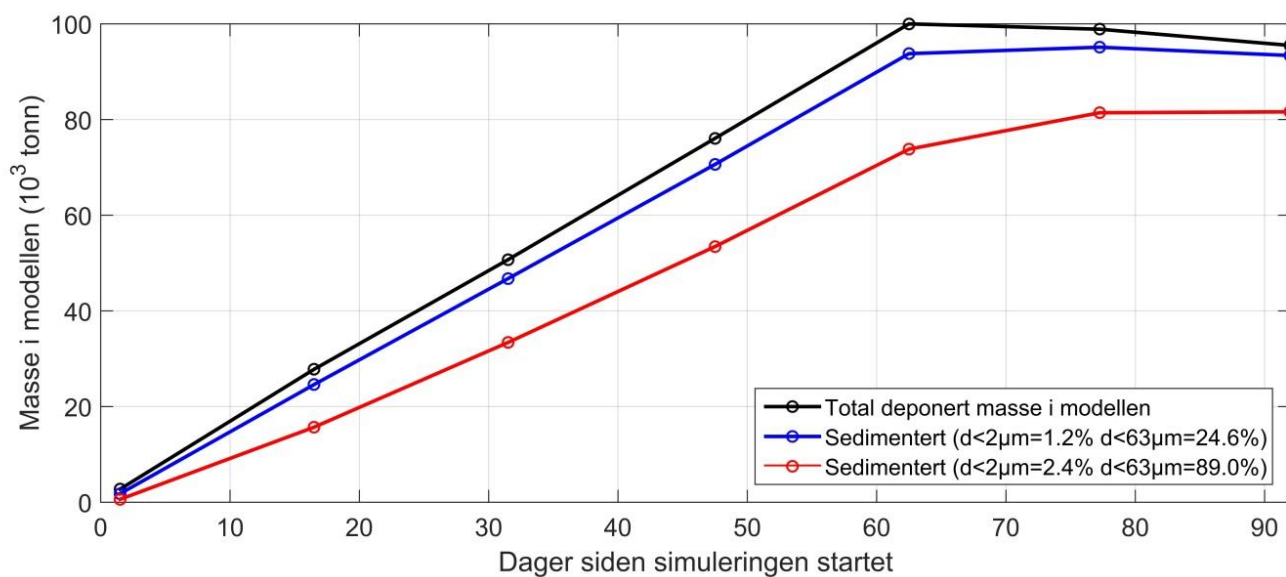


Figur 2. Utsnitt av modell rutenettet. Den horisontale oppløsningen til hver rute er variabel. I nærheten av Rana Industrierterminal er oppløsningen omtrent 120-180 m.

2.2 Beskrivelse av utslipp i modellen

I modellen blir mudringsmassene sluppet ut i en jevn strøm i punktet markert med blått i **Figur 1**. Punktet har UTM sone 33 koordinater 459 012 m i Easting og 7 354 182 m i Northing. Utslippet blir jevnt fordelt fra overflate og helt ned til bunn. I virkeligheten vil store deler av massene synke raskt ned til bunn som en samlet masse. En jevn fordeling i hele vannsøylen vurderes derfor å være et verst tenkelig scenario.

Utslippet starter med en gang modellen blir satt i gang, og den totale massen sluppet ut i modellen øker derfor jevnt med tiden (**Figur 3**). Etter 63 dager så stopper utslippet brått, og den totale massen som er sluppet ut i modellen er da 100 000 tonn. Etter dette så slipper noe av massen ut av modellområdet gjennom den åpne randen ut mot havet, og den totale massen i modellen synker derfor noe.



Figur 3. Total mengde masse som er sluppet ut i modellområdet i løpet av den 92 dager lange modellsimuleringen (svart kurve). Utslippet opphører etter 62 dager. Etter dette forsvinner noe masse ut av modellområdet gjennom den åpne randen. Den blå og røde kurven angir den mengden som er sedimentert på bunnen hvis man antar at massen som slippes ut har en kornfordeling med hhv. lite (blå kurve) og mye (rød kurve) mengde finstoff.

2.3 Kornfordeling

I modellen må det spesifiseres hvor stor andel av det totale partikkelutslippet som fordeler seg på de ni forskjellige partikkelklassene. Hver partikkelklasse har forskjellige synkehastighet, og en kornfordeling med mye finstoff gir mer spredning enn en kornfordeling med lite finstoff.

Hasle (2014) rapporterer målinger av kornfordeling fra fem stasjoner i modellområdet. Disse stasjonene er vist som svarte prikker i **Figur 1**. Andelen partikler med kornstørrelse mindre enn 63 µm varierte i dette datasettet mellom 24,6 og 73,6 %. Andelen partikler med kornstørrelse mindre enn 2 µm i det samme datasettet, varierte mellom 1,2 og 2,4 % (med gjennomsnitt på 1,9 %). Staalstrøm og Kempa (2015) rapporterte kornstørrelse fra ni stasjoner i samme området (markert med røde prikker i **Figur 1**). Andelen partikler med kornstørrelse mindre enn 63 µm varierte mellom 69-89 % (med gjennomsnitt på 80,8 %). Andelen mindre enn 2 µm ble ikke målt i dette datasettet. Ut fra dette kan vi definere en fordeling med lite finstoff, med 24,6 % mindre enn 63 µm og 1,2 % mindre enn 2 µm, og en fordeling med mye finstoff (89,0 % mindre enn 63 µm og 2,4 % mindre enn 2 µm).

Hvordan fordelingen er på de andre kornstørrelsene kan beskrives med en matematisk funksjon. La d være partikkelstørrelsen. En kumulativ fordeling angir hvor stor andel av partiklene som er mindre enn en viss størrelse. Den kumulative Weibull fordelingen (e.g. Brown & Wohletz, 1995) er benyttet tidligere for å beskrive kornfordeling, og kan skrives

$$F(d) = 1 - e^{-\ln 0.2 \left(\frac{d}{P_{80}}\right)^m} \quad (1)$$

P_{80} er en skaleringsfaktor og m er en formfaktor. Skaleringsfaktoren angir den partikkelstørrelsen hvor den kumulative fordelingen er 80 %. Hvis formfaktoren er 1 blir fordelingen en eksponentiell fordeling. Hvis formfaktoren settes til 2 får man en Raleigh-fordeling. Typisk så blir det analysert for den kumulative fordelingen for partikkelstørrelse 2 og 63 μm på laboratorier. Hvis disse to punktene på kurven, som vi her kaller F_2 og F_{63} , er kjent, så kan skaleringsfaktoren

$$P_{80} = \exp\left(\frac{\frac{A}{B} \ln 63 - \ln 2}{\frac{A}{B} - 1}\right) \quad (2)$$

og formfaktoren beregnes

$$m = \frac{A}{\ln 2 - \ln P_{80}} = \frac{B}{\ln 63 - \ln P_{80}}, \quad (3)$$

hvor størrelsene A og B beregnes ved

$$A = \ln\left(\frac{\ln(1 - F_2)}{\ln 0.2}\right) \quad (4)$$

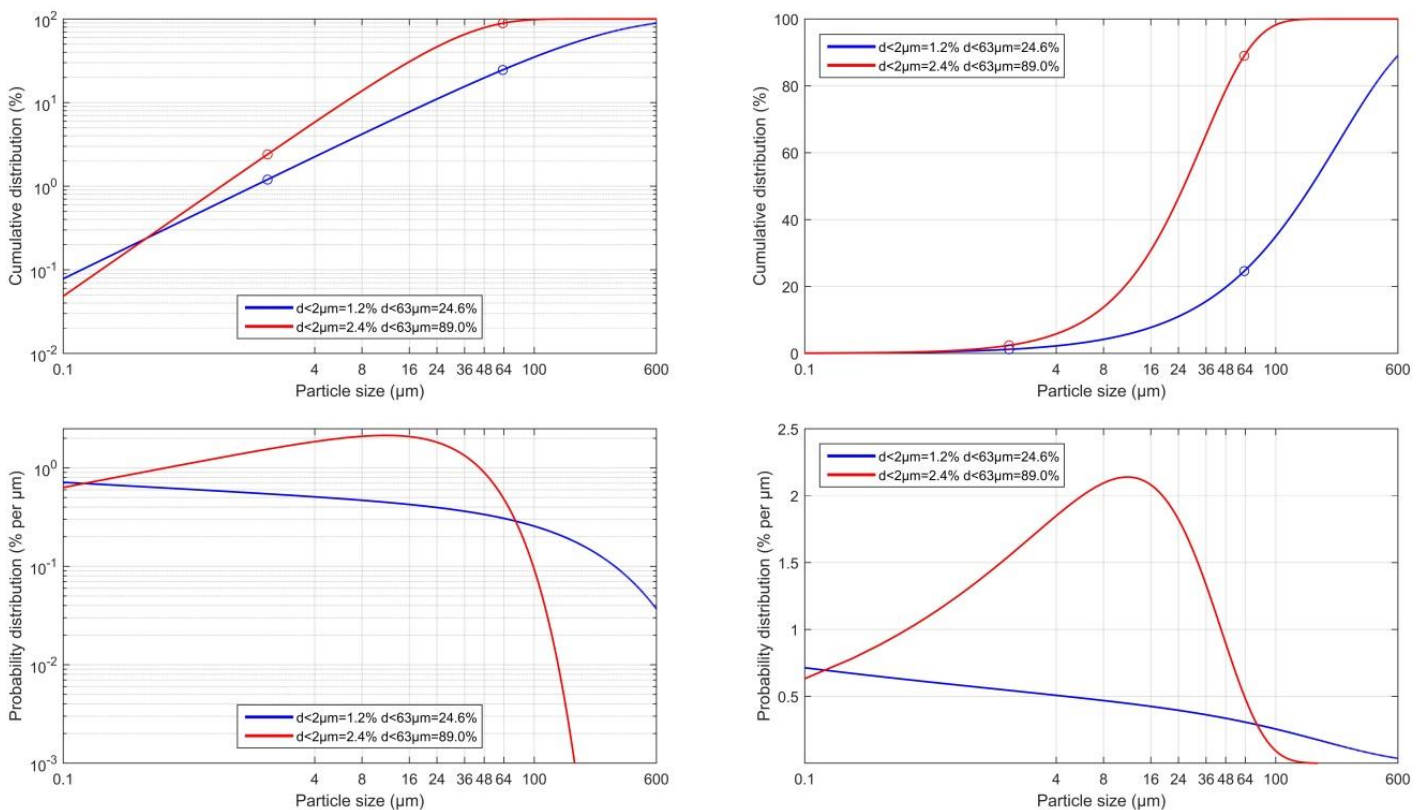
og

$$B = \ln\left(\frac{\ln(1 - F_{63})}{\ln 0.2}\right). \quad (5)$$

Med en kornfordeling med lite finstoff ($F_{63}=0,246$ og $F_2=0,012$) og en fordeling med mye finstoff ($F_{63}=0,890$ og $F_2=0,024$), kan de kontinuerlige kornfordelingene beregnes uti fra ligning (1) til (5). Resultatet er vist i **Figur 4**, hvor kurvene er tilpasset de valgte verdiene for F_{63} og F_2 .

Den samlede effekten av de to forskjellige kornfordelingskurvene er vist i **Figur 3**, hvor mengden masse som er sedimentert på bunn er vist hvis de to forskjellige kornfordelingene benyttes. Ved slutten av simuleringen, en måned etter at deponeringen har opphørt, har 93,4 % av massene sedimentert hvis en kornfordeling med lite finstoff benyttes, mens 81,6 % har sedimentert hvis en kornfordeling med mye finstoff benyttes. Sannheten ligger mest sannsynlig et sted i mellom disse to ytterpunktene.

De massene som ikke har sedimentert er fortsatt suspendert i vannmassene, og noe av dette kan spres ut av modellområdet.



Figur 4. Kornfordeling med lite finstoff (blå kurve) og mye finstoff (rød kurve). Den kumulative fordelingen angir stor andel som er mindre enn en viss kornstørrelse, og er vist i de to øverste figurene. Sannsynlighetsfordelingen, som angir hvor stor andel partikler det er per μm av korndiameteren, er vist i de to nederste figurene. Forskjellen mellom figurene i de to kolonene, er at y-aksen på de til venstre har logaritmisk skala, mens de til høyre har lineær skala.

3. Spredning av partikler

3.1 Andre kilder til partikler i området

Helland et al. (1994) beregnet sedimenteringsraten på en stasjon utenfor Toraneskaia. Denne stasjonen er markert med en grønn prikk i **Figur 1**. Det er 166 m dypt på denne stasjonen og en sedimentfelle var plassert like over bunnen. Sedimenteringsraten ble målt i tre perioder, hvor resultatet ble 2,0 cm/år, 4,6 cm/år og 0,8 cm/år. Ut fra sammensetningen til materialet oppsamlet i sedimentfella ble det konkludert med at dette hovedsakelig stammet fra utslippet til Rana Gruber. Rana Gruber er den desidert viktigste kilden til partikler i området.

Helland et al. (1994) oppgir at utslippet fra Rana Gruber den gang utgjorde 1,1 millioner tonn/år. I dag slipper Rana Gruber ut opptil 4 ganger så mye masse i løpet av et år, og det kan antas at sedimenteringsraten også er betraktelig høyere enn det som ble målt i 1992-1993. Det kan derfor antas at i området hvor mudringsmassene dumpes, så er sedimenteringshastigheten av størrelsesorden noen cm/år.

3.2 Spredning i fjorden

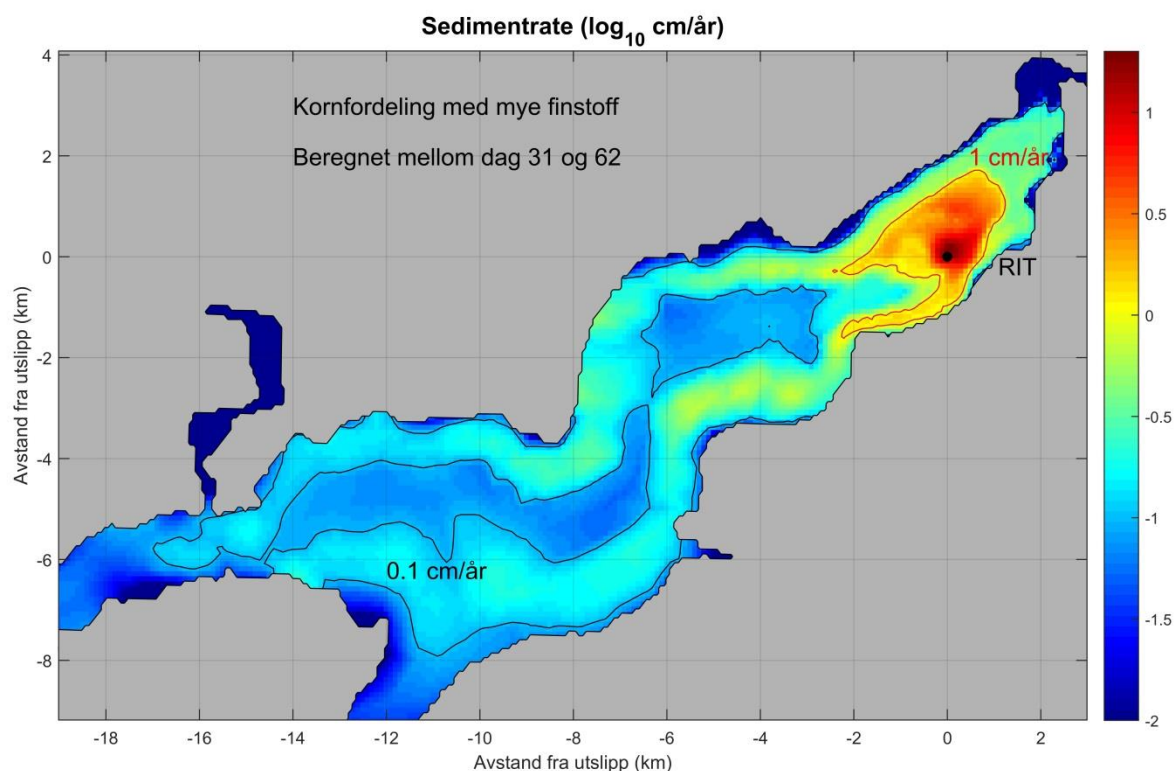
Det ble sluppet ut partikler i modellen fra dag 1 til dag 62, og etter det ble modellen kjørt uten tilførsel av partikler i ytterligere 30 dager. Den totale mengden materiale i modellområdet er vist i **Figur 3**.

Fordelingen av sedimenter på bunn er vist i **Figur 6** og **Figur 7** ved slutten av modelleringsperioden, når man antar to forskjellige kornfordelinger. Det vil si 30 dager etter at deponering av mudrede masser har opphørt. De to kornfordelingskurvene som er brukt er vist i **Figur 4**.

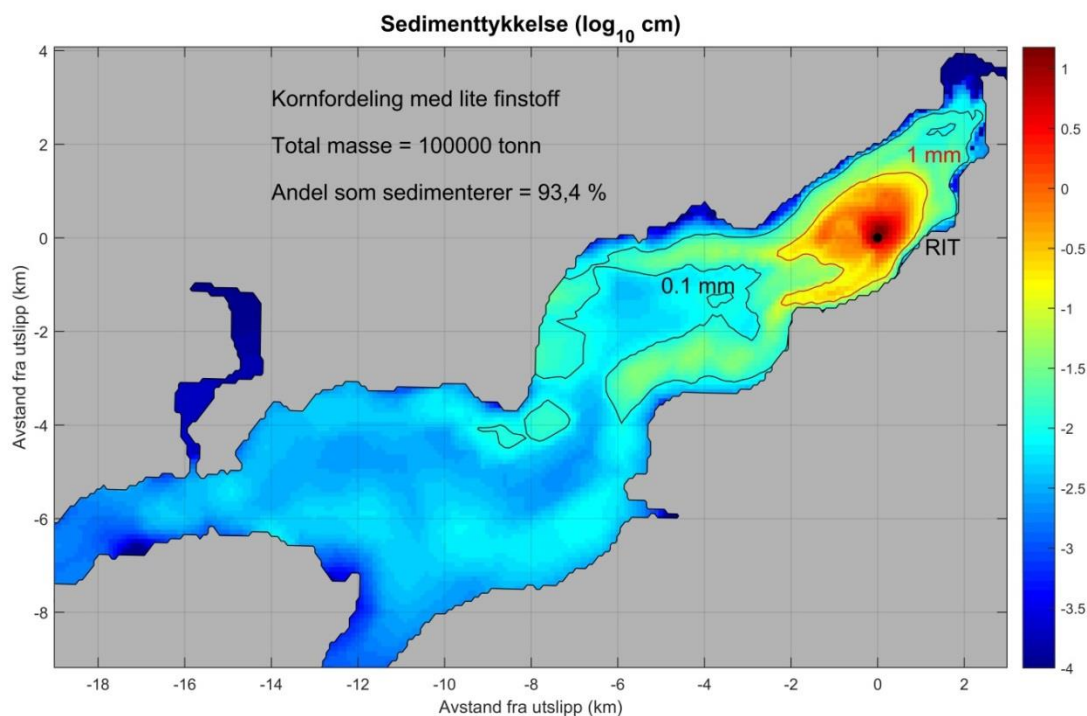
Sedimenteringsraten ble beregnet ved å ta differansen mellom sedimenttykkelsen beregnet for dag 62 og dag 31. Kornfordeling med mye finstoff ga størst sedimenteringshastighet i mesteparten av fjorden, mens kornfordeling med lite finstoff ga størst sedimenteringsrate rett i nærheten av utslippspunktet. Sedimenteringsrate beregnet med mye finstoff er vist i **Figur 5**.

Modellresultatene viser, når det antas at massene som dumpes består av *lite* finstoff, at sedimenttykkelsen rett i nærheten av utslippet blir opp mot 90 cm, etter at all massen er dumpet i fjorden. Området hvor sedimenttykkelsen blir over 0,1 mm, strekker seg opp mot 9-10 km fra utslippspunktet (se **Figur 6**). Det aller meste av det deponerte materialet har sedimentert på bunn med denne kornfordelingen (93,4 %)

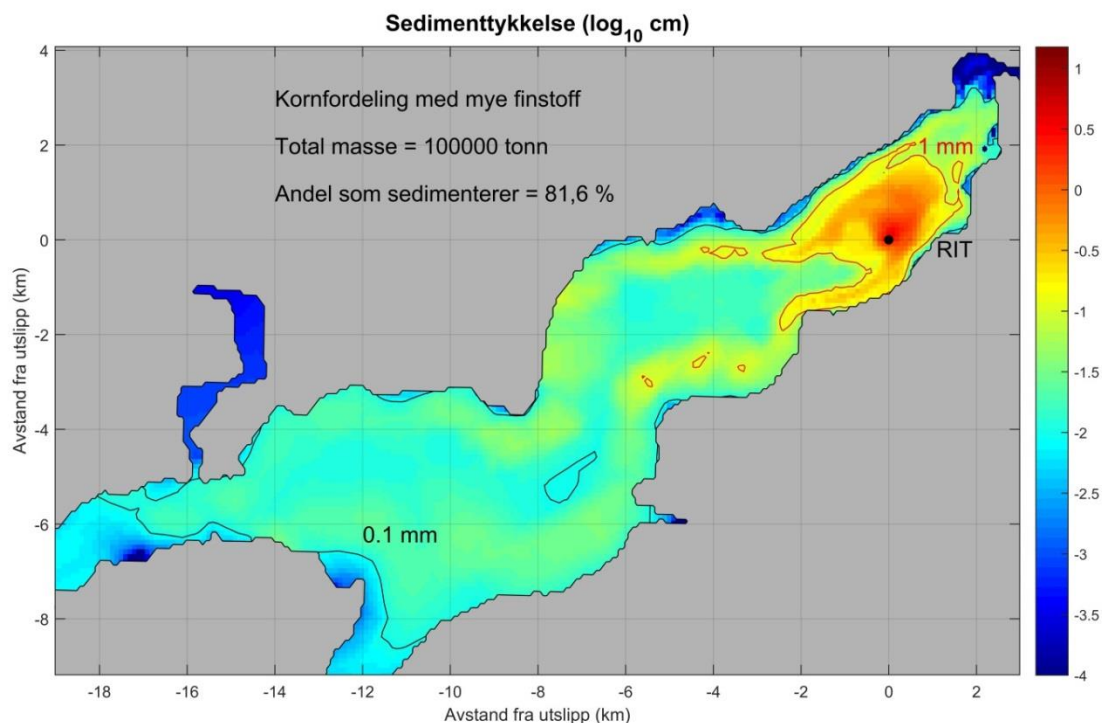
Modellresultatene viser, når det antas at massene som dumpes består av *mye* finstoff, at sedimenttykkelsen blir betydelig mindre rett i nærheten av utslippet, opp mot 25 cm, etter at all massen er dumpet i fjorden. Området hvor sedimenttykkelsen blir over 0,1 mm på grunn av dette utslippet, blir derimot betydelig større. Sedimenttykkelsen kan bli over 0,1 mm i hele indre del av Ranfjorden, ut til omtrent Straumsnes (se **Figur 7**). Når det antas en kornfordeling med så mye finstoff, så er fortsatt 18,4 % av de deponerte massene fortsatt suspendert i vannmassene, og kan spres videre utover i fjorden.



Figur 5. Sedimenteringsraten beregnet mellom dag 31 og 62 i modellen, når det antas en kornfordeling med mye finstoff.



Figur 6. Sedimenttykkelse i modellen ved dag 93, når det antas at materialet som spres består av *lite* finstoff. Fargeskalaen angir sedimenttykkelse i cm på en logaritmisk skala. Verdien 1 angir en sedimenttykkelse på 10 cm, verdien 0 en tykkelse på 1 cm, verdien -1 en tykkelse på 1 mm og verdien -2 en tykkelse på 1 μ m. Konturlinjene for en sedimenttykkelse på 1 mm (rød linje) og 0,1 mm (svart linje) er tegnet opp.



Figur 7. Sedimenttykkelse i modellen ved dag 93, når det antas at materialet som spres består av *mye* finstoff. Fargeskalaen angir sedimenttykkelse i cm på en logaritmisk skala. Verdien 1 angir en sedimenttykkelse på 10 cm, verdien 0 en tykkelse på 1 cm, verdien -1 en tykkelse på 1 mm og verdien -2 en tykkelse på 1 μ m. Konturlinjene for en sedimenttykkelse på 1 mm (rød linje) og 0,1 mm (svart linje) er tegnet opp.

4. Samlet vurdering

Her vurderes utslipp av totalt 100 000 tonn rene masser i en posisjon innerst i Ranfjorden hvor det er 300 m vanddyb. I modellen legges utslippet inn som en kontinuerlig strøm fordelt jevnt fra overflaten til bunn. Utslippet pågår i til sammen 62 dager. I virkeligheten vil deponeringen foregå mer ujevnt og store deler av massene vil mest sannsynlig synke mot bunn som en samlet masse. Det utslippet som er lagt inn vurderes her som et verst tenkelig tilfelle.

Beregning av sedimenttykkelse og sedimenteringshastighet er avhengig av hvilken kornfordeling massene som sedimenters har. To kornfordelingskurver er konstruert basert på måling av kornfordeling fra mudringsområdet, den ene kurven har mye finstoff mens den andre har lite. Begge kornfordelingskurvene har blitt benyttet i beregningene og det kan antas at sedimenttykkelsen og sedimenteringshastigheten på grunn av deponeringen vil ligge et sted i mellom disse to ytterpunktene. Det er kornfordeling med mye finstoff som gir størst sedimenttykkelse over størsteparten av fjorden, bortsett fra helt nær utslippspunktet, så det er denne kurven som benyttes i denne vurderingen.

En stor usikkerhet ved denne vurderingen er hvordan utslippet oppfører seg rett etter at det er sluppet ut. Hvis massene dumpes med splittlekter i overflata er det umulig å si hvordan partikkelkonsentrasjonen blir i vannsøylen helt ned til bunn rett etter utslippet. I modellen er utslippet lagt inn med en jevn fordeling fra overflata og ned til bunn, og det antas at dette er et konservativt anslag. Det anbefales at det benyttes teknikker som gjør det mulig å ha best mulig kontroll med hvordan massene føres ned til bunn.

Deponeringen vil gi en økning i sedimenteringshastigheten på over 0,1 mm/år over hele indre del av Ranfjorden helt ut til omtrent Straumsnes (se **Figur 5**). Deponeringen vil gi en økning i sedimenteringshastighet på over 1 cm/år opp til 2 km fra utslippspunktet.

Siden sedimenteringsraten i området er av størrelsesorden noen cm/år (på grunn av utslippet fra Rana Gruber), og siden tiltaket har begrenset varighet, så vil deponeringen bidra med en relativt moderat økning av sedimentasjonen i dypområdene. For å redusere partikkelpredning til vannsøylen kan en vurdere nedføring gjennom rør og det forutsettes at innholdet av miljøgifter i massene som deponeres er innenfor akseptable grenseverdier.

5. Referanser

Brown, W. K. & Wohletz, K. H. 1995. Derivation of the Weibull distribution based on physical principles and its connection to the Rosin-Rammler and lognormal distributions. *J. Appl. Phys.* 78 (4), 2758-2763.

Hasle, K. 2014. Utvidelse Rana Industriterminal, Miljøgeologisk undersøkelse. Multiconsult-rapport 416788-RIGm-RAP-001-Rev.01.

Helland, A., Rygg, B. & Sørensen, K. 1994. Ranfjorden 1992/1993. Hydrografi, sedimenterende materiale, bunnsedimenter og bløtbunnsfauna. NIVA-rapport 3087-1994, 84 s.

Kramvik, E. O. 2015. Vedlegg til søknad om tillatelse til mudring og deponering av forurensede sjøbunnsmasser. Multiconsult-notat datert 15.07.2015.

Staalstrøm, A. & Kempa, M. 2015. Vurdering av strømforhold og partikkelpredning ved etablering av ny dypvannskai ved Rana Industriterminal. NIVA-rapport 6906-2015, 37 s.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no