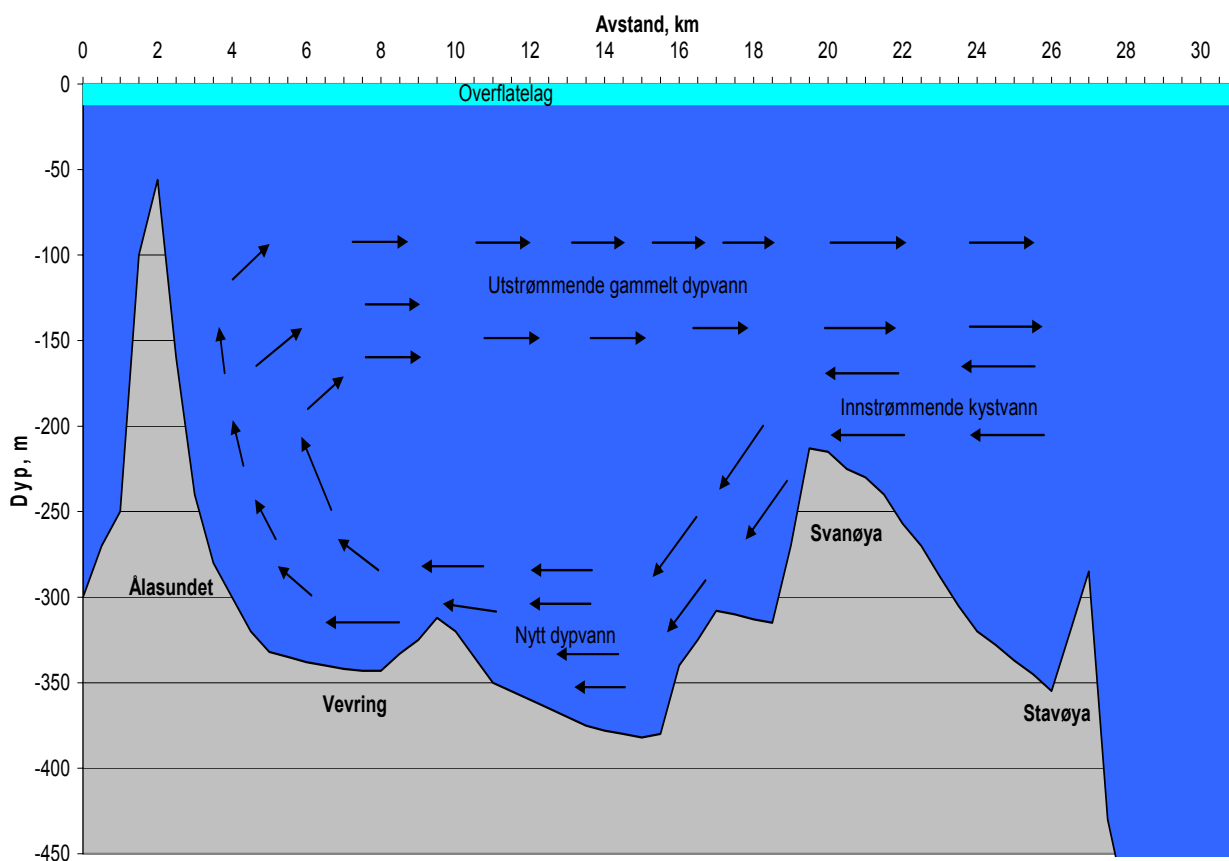


Kommentarer til Havforskningsinstituttets høringsuttalelse til søknad om utslippstillatelse for utvinning av rutil i Engebøfjellet - Transport og spredning av gruveavgang i Førdefjorden



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

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

NIVA Midt-Norge

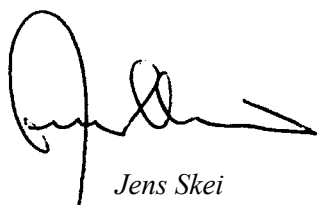
Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Kommentarer til Havforskningsinstituttets høringsuttalelse til søknad om utslippstillatelse for utvinning av rutil i Engebøfjellet. - Transport og spredning av gruveavgang i Førdefjorden	Løpenr. (for bestilling) 5875-2009	Dato 18.11.09
	Prosjektnr. Undemr. 29193	Sider Pris 40
Forfatter(e) Birger Bjerkeng, Jarle Molvær og Jens Skei	Fagområde Oseanografi	Distribusjon Fri
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket NIVA

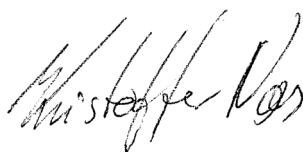
Oppdragsgiver(e) Nordic Mining ASA	Oppdragsreferanse
---------------------------------------	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>NIVA er bedt av Nordic Mining ASA (søker om utslippstillatelse for gruvevirksomhet på Engebø i Naustdal kommune) om å kommentere de faglige forholdene rundt transport, spredning og sedimentering av avgangspartikler i Førdefjorden og mulige årsaker til at Havforskningsinstituttets konklusjoner avviker fra konklusjoner presentert i konsekvensutredningen.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gruver 2. Avgangsutslipp 3. Spredning 4. Førdefjorden 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mining 2. Tailing disposal 3. Dispersal 4. Førdefjorden
--	--



Jens Skei
Prosjektleder



Forskningsleder



Seniorrådgiver

Kommentarer til Havforskningsinstituttets
høringsuttalelse til søknad om utslippstillatelse for
utvinning av rutil i Engebøfjellet

- Transport og spredning av gruveavgang i Førdefjorden

Forord

NIVA er bedt av Nordic Mining ASA (søker om tillatelse til å slippe ut gruveavgang på dypt vann i Førdefjorden) om å kommentere og utdype de faglige forholdene rundt transport, spredning og sedimentering av avgangspartikler og mulige årsaker til at Havforskningsinstituttets konklusjoner avviker fra konklusjoner presentert i Reguleringsplan med konsekvensutredning for utvinning av rutil i Engebøfjellet i Naustdal kommune.

Oslo, 18.11.2009

Jens Skei

Innhold

Sammendrag	5
1. Høringsuttalelsen	8
2. NIVAs kommentarer	10
2.1 Ad.1.	10
2.2 Ad.2.	11
2.3 Ad.3.	14
2.4 Ad.4.	17
2.5 Ad.5.	17
2.6 Ad.6.	18
2.7 Ad.7.	21
2.8 Ad.8.	22
Vedlegg A.	24
Vedlegg B.	26

Sammendrag

Sammendraget viser avsnittene i HIs høringsuttalelse som er kommentert (tekst i boks) og konklusjonene på kommentarene er vist med skygge under hver boks.

Nordic Mining ASA søker om utslipp av opp til 4 mill. tonn gruveavgang per år de første 10-15 år (dagbruddsdrift) og opp til 6 mill. tonn i etterfølgende år (underjordsdrift). I det totale utslippet til Førdefjorden vil den såkalte finfraksjonen, dvs. partikler mindre enn ca. 0,02-0,04 mm, utgjøre omlag 15 % av totalutslippet (# 34). Dette medfører et utslipp av opptil 600.000 tonn per år av finpartikulært materiale de første 10-15 år, mens det etter denne perioden vil øke til om lag 900.000 tonn pr. år.

Konklusjonen er at HI opererer med en større finfraksjon enn NIVA gjør i sine beregninger (15 % i stedet for 10 %). Det betyr at i våre beregninger er finfraksjonsmengden 400.000 tonn de første 15 år og 600.000 tonn de neste 35 år. HI definerer finfraksjonen som partikler mindre enn 40 µm (grov silt), mens NIVA definerer finfraksjonen som partikler mindre enn 15 µm (fin silt). NIVA har i sin utredning sagt at deler av finfraksjonen synker med en hastighet på 3 cm/minutt uten tilsats av flokkuleringsmidlet Magnafloc. Bruk av riktig dose Magnafloc har vist at ca. 80 % av finfraksjonen synker ut umiddelbart (dvs. at 80.000 tonn, henholdsvis 120.000 tonn pr. år finfraksjon er restfraksjonen som transporteres med bunnstrøm bort fra det utslippsnære deponiområdet – og ikke 400.000 tonn og 600.000 tonn pr. år

På grunn av den store hastigheten på gruveavgangen ut av utslippsrøret og fallhøyden fra utslippsrøret langs deponiet til naturlig sjøbunn, vil store deler av finfraksjonen (600.000 – 900.000 tonn per år) suspenderes og danne en partikkelsky i fjorden. Synkehastigheten for partikler på 0,02 mm er oppgitt til ca. 2,4 m per døgn og avtar til ca. 0,15 m per døgn for partikler på 0,005 mm.

Den lave synkehastigheten øker sannsynligheten for at finfraksjonen av utslippet vil spres med tidevannsstrømmer og periodevise innstrømninger (vår/sommer) i fjordbassenget mellom Engebø og utover mot terskelen (220 m) ved Svanøy.

Konklusjonen synes å være at sedimenteringsforsøkene er i rimelig bra overensstemmelse med det en kan vente ut fra Stokes' lov for utsynking av enkeltpartikler, og at synkehastighetene er mer enn 10 ganger så høye som det HI legger til grunn i sitt høringsnotat. Det må også understrekes at resultatene i rapport #1 og #4 gjelder med naturlig aggregering i sjøvann, uten bruk av Magnafloc. HI har ikke henvist til #4 i KUen som er den sentrale rapporten som beskriver transport og utsynking av finfraksjonen. HIs høringsuttalelse omtaler heller ikke hvordan avgangsplumen strømmer ned mot sjøbunnen som en tetthetsstrøm fordi skyen av partikler har en høy egenvekt (stor partikkeltetthet og uvanlig høy egenvekt på partiklene pga. mineralsammensetningen). Dette fører til at spredningen av finstoff skjer langs bunnen i et lag som er 10-20 m tykt. HI nevner heller ikke naturlige flokkuleringsprosesser i sin uttalelse og som vil bidra til høyere utsynkingshastigheter enn om partiklene sedimenterte som enkeltpartikler. I KUen konkluderes det med at finstoffet synker ut innenfor terskelen ved Hegreneset (ca. 8-10 km fra Engebø) og at det aller meste synker ut innen noen hundre meter fra utslippet.

Utslippet har en restmengde av ferskvann og er blandet før utslipp med sjøvann. Avhengig av hvor mye sjøvann som blandes inn i utslippet, vil vannfasen i utslippet ha mindre tetthet enn dyppvannet. Ettersom mer og mer av partiklene synker ut, kan utslippsskyen med restinnhold av finpartikulært materiale til slutt bli lettere enn dyppvannet. Da vil utslippsskyen få oppdrift og kunne spres seg oppover i vannmassene og ha en vesentlig betydning for den vertikale fordelingen av partikler.

Konklusjonen er at slik oppblanding vil være et lokalt, avgrenset fenomen, som kan minskes eller unngås ved å dimensjonere utslippet optimalt.

Ettersom deponiet øker, vil avgangsrøret heves og resuspensjonen øke. Luft i utslippsledning, økt ferskvannsutslipp eller ras i deponiet kan også være med på å øke resuspensjonen.

Konklusjonen er at det står i prosjektbeskrivelsen i KU at avgangsledningen skal luftes for å sikre at luftbobler ikke følger avgangsstrømmen og at sjøvann skal tilsettes og at egenvekten på slurryen skal bli høy nok for å sikre en tetthetsstrøm som går ned til de dypeste partiene i fjordbassenget. HI's innvending er således ikke relevant.

Spredningen av finfraksjonen er avhengig både av strømforholdene og avgangsrørets høyde over naturlig sjøbunn. Etter 5-7 år er avgangsrøret allerede hevet med omlag 50 m fra 275 m til 225 m dyp, som er nær terskeldypet på ca. 220 m. Vannutskiftningen øker erfaringsmessig fra de dypeste partiene av fjordbassenget mot terskeldypet. Det forventes derfor at finfraksjonen fra utslippet etter hvert spres over større deler av fjorden innenfor terskelen, og partikkelskyen vil også periodevis kunne transporteres utover terskelen ved Svanøy.

Konklusjonen er at beskrivelsen av spredning i KUen er basert på modellberegninger som kvantifiserer blandingsprosesser og utsynkingsrater i fjordbassenget mellom Engebø og terskelen ved Hegreneset. Konsentrasjonene av partikler i det mest turbide laget langs bunnen er lavt og representerer ingen miljørisiko for marine organismer med unntak av nærområdet til deponiet (noen hundre meter fra utslippspunktet) hvor mengden av partikler vil overskride 50 mg/l.

Etter 10-15 år er det oppgitt at avgangsrøret heves til omlag 175 m dyp (# 32), dvs. over terskeldypet på ca. 220 m. Mellom terskeldypet og overflatelaget er det i fjordene ved siden av tidevannsstrømmene også betydelige vannutskiftninger forårsaket av trykkforandringer i kystvannet utenfor (intermediære strømmer). Beregninger utført med "Fjordmiljø"-modellen ved Havforskningsinstituttet viser at midlere oppholdstid av vannet over terskeldypet mellom Svanøy og Engebø er omlag 11 døgn mens synketiden for finpartiklene fra avgangsrøret (på 175 m dyp) til under terskeldypet er ca. 17 døgn. Dette medfører at etter 10-15 års drift vil en ukjent del av de omlag 900.000 tonn per år av finpartikulært materiale også kunne spres utover terskelen ved Svanøy, ca. 20 km utenfor utslippet ved Engebø. Spredningen av partikler til fjordområdet utenfor Svanøy vil gradvis øke ettersom avgangsrøret heves oppover til ca. 125 m dyp, ca. 25 m over makshøyden på deponiet ved avsluttet drift.

Konklusjonen er at fordi HI har basert sin uttalelse på for lav synkehastighet av partikler (en faktor på 10 for lav), ikke har tatt inn i vurderingen effekten av flokkulering av små partikler som øker utsynkingen ytterligere og etter vår mening gjort en for grov vurdering av effekten av vannets oppholdstid i bassenget mellom Engebø og Hegreneset, så vil uttalelsen om at en ukjent andel av finfraksjonen bli transportert lengre enn til Svanøy bli misvisende. Vår modellering sannsynliggjør at mengde partikler i bunnvannet (hvor konsentrasjonen vil være høyest) vil være lavere enn nivået hvor noen organismegrupper blir negativt påvirket allerede noen hundre meter fra utslippet, selv når en ser bort fra naturlig aggregering av finfraksjonen.

Hydrografiske målinger tyder på at det skjer store naturlige vertikalflytninger av vann i forbindelse med vannutskiftninger både over og under terskeldypet på 220 m. Ved innstrømning av

vann i dypere lag av fjorden har det vært observert oppløfting av vann i størrelsesorden 100 m. Dette tyder på at særlig i den siste fasen av driften når utløpet av avgangsrøret heves opp mot 125-150 m dyp kan det være økt risiko for at finpartikulært materiale periodevis kan transporteres opp mot overflatelaget.

Konklusjonen blir at HI etter vår mening har lagt for liten vekt på betydningen av at vannmassene i Førdefjorden er sjiktet (se figur 6 ovenfor) og at sjiktningen vil være en barriere for opptrengende vann under en dypvannutskiftning, slik at gammelt bassengvann (under terskeldyp), strømmer ut ved midlere vanndyp (100-150 m) (se figur 7 ovenfor). Tilfeller med svært svak sjiktning i overflatelaget (som er en forutsetning for HI sine argumenter) vil forekomme svært sjelden i Førdefjorden (pga betydelig ferskvannstilførsel selv i de tørreste delene av året).

Vi konkluderer at det ikke på noen måte er sannsynliggjort at finfraksjonen vil bindes av Magnafloc. Selv om kjemikaliet skulle virke, er det bare en liten prosentandel som bindes. Derfor vil det dannes en partikkelsky som sprer seg i fjordsystemet utover det arealet som betegnes som deponeringsområde. Siden utslippsrøret stadig må heves, vil partikkelskyen dannes grunnere og grunnere, og etter noen år er sannsynligheten stor for at den også sprer seg ut forbi terskelen ved Svanøy. Periodevis kan utskiftningen av dypvannet løfte partikkelskyen enda høyere, og oppadstigende mellomlagsstrømninger kan også føre partikkelskyen helt opp til brakkvannslaget i overflaten. Våre betraktninger viser også at det påvirkede bunnareal, og også vannmasser, vil komme til å bli fem-doblet i forhold til det som er antatt i KU.

Konklusjonen blir at nyere forsøk med Magnafloc (etter at KUen var sendt på høring) bekrefter antagelsen om at Magnafloc er et effektivt flokkuleringsmiddel ved dosering slik forutsatt i utslippssøknaden. Det er vesensforskjeller i HIs og NIVAs oppfatning av hvordan slurryen med avgang brer seg etter at den kommer ut av utslippsrøret på dypt vann i Førdefjorden. Det innebærer også at det er store meningsforskjeller om hvor langt finfraksjonen fraktes utover Førdefjorden, hvor høyt opp i vannmassen finfraksjonen forflytter seg og hvor store bunnarealer som påvirkes (i betydning negativ miljøkonsekvens).

1. Høringsuttalelsen

Nordic Mining ASA har utarbeidet en Reguleringsplan med konsekvensutredning for utvinning av rutil i Engebøfjellet i Naustdal kommune datert 25. mai 2009. Parallelt er det sendt søknad om utslippstillatelse til Fylkesmannen i Sogn og fjordane. Begge dokumentene har vært på høring og Havforskningsinstituttet har uttalt seg både om Reguleringsplan med konsekvensutredning og utslippstillatelsen.

NIVA har valgt å kommentere 8 av de mest sentrale avsnittene i Havforskningsinstituttets høringsuttalelse om utslippssøknaden (se Vedlegg B) som omfatter fysiske forhold knyttet til spredning og utsynking av avgangspartikler som er planlagt sluppet ut via rørledning på dypt vann i Førdefjorden. Uttalelsene vedrørende Reguleringsplan med konsekvensutredning er stort sett de samme som for utslippssøknaden og vi har derfor valgt å kommentere høringsuttalelsen om utslippssøknaden.

Disse avsnittene er:

1.

Nordic Mining ASA søker om utslipp av opp til 4 mill. tonn gruveavgang per år de første 10-15 år (dagbruksdrift) og opp til 6 mill. tonn i etterfølgende år (underjordsdrift). I det totale utslippet til Førdefjorden vil den såkalte finfraksjonen, dvs. partikler mindre enn ca. 0,02-0,04 mm, utgjøre omlag 15 % av totalutslippet (# 34). Dette medfører et utslipp av opptil 600.000 tonn per år av finpartikulært materiale de første 10-15 år, mens det etter denne perioden vil øke til om lag 900.000 tonn pr. år.

2.

På grunn av den store hastigheten på gruveavgangen ut av utslippsrøret og fallhøyden fra utslippsrøret langs deponiet til naturlig sjøbunn, vil store deler av finfraksjonen (600.000 – 900.000 tonn per år) suspenderes og danne en partikkelsky i fjorden. Synkehastigheten for partikler på 0,02 mm er oppgitt til ca. 2,4 m per døgn og avtar til ca. 0,15 m per døgn for partikler på 0,005 mm.

Den lave synkehastigheten øker sannsynligheten for at finfraksjonen av utslippet vil spres med tidevannsstrømmer og periodevise innstrømninger (vår/sommer) i fjordbassenget mellom Engebø og utover mot terskelen (220 m) ved Svanøy.

3.

Utslippet har en restmengde av ferskvann og er blandet før utslipp med sjøvann. Avhengig av hvor mye sjøvann som blandes inn i utslippet, vil vannfasen i utslippet ha mindre tetthet enn dypvannet. Ettersom mer og mer av partiklene synker ut, kan utslippsskyen med restinnhold av finpartikulært materiale til slutt bli lettere enn dypvannet. Da vil utslippsskyen få oppdrift og kunne spre seg oppover i vannmassene og ha en vesentlig betydning for den vertikale fordelingen av partikler.

4.

Ettersom deponiet øker, vil avgangsrøret heves og resuspensjonen øke. Luft i utslippsledning, økt ferskvannsutslipp eller ras i deponiet kan også være med på å øke resuspensjonen.

5.

Spredningen av finfraksjonen er avhengig både av strømforholdene og avgangsrørets høyde over naturlig sjøbunn. Etter 5-7 år er avgangsrøret allerede hevet med omlag 50 m fra 275 m til 225 m dyp, som er nær terskeldypet på ca. 220 m. Vannutskiftningen øker erfaringsmessig fra de dypeste partiene av fjordbassenget mot terskeldypet. Det forventes derfor at finfraksjonen fra utslippet etter hvert spres over større deler av fjorden innenfor terskelen, og partikkelskyen vil også periodevis kunne transporteres utover terskelen ved Svanøy.

6.

Etter 10-15 år er det oppgitt at avgangsrøret heves til om lag 175 m dyp (# 32), dvs. over terskeldypet på ca. 220 m. Mellom terskeldypet og overflatelaget er det i fjordene ved siden av tidevannsstrømmene også betydelige vannutskiftninger forårsaket av trykkforandringer i kystvannet utenfor (intermediære strømmer). Beregninger utført med "Fjordmiljø"-modellen ved Havforskningsinstituttet viser at midlere oppholdstid av vannet over terskeldypet mellom Svanøy og Engebø er omlag 11 døgn mens synketiden for finpartiklene fra avgangsrøret (på 175 m dyp) til under terskeldypet er ca. 17 døgn. Dette medfører at etter 10-15 års drift vil en ukjent del av de omlag 900.000 tonn per år av finpartikulært materiale også kunne spres utover terskelen ved Svanøy, ca. 20 km utenfor utslippet ved Engebø. Spredningen av partikler til fjordområdet utenfor Svanøy vil gradvis øke ettersom avgangsrøret heves oppover til ca. 125 m dyp, ca. 25 m over makshøyden på deponiet ved avsluttet drift.

7.

Hydrografiske målinger tyder på at det skjer store naturlige vertikalflytninger av vann i forbindelse med vannutskiftninger både over og under terskeldypet på 220 m. Ved innstrømning av vann i dypere lag av fjorden har det vært observert oppløfting av vann i størrelsesorden 100 m. Dette tyder på at særlig i den siste fasen av driften når utløpet av avgangsrøret heves opp mot 125-150 m dyp kan det være økt risiko for at finpartikulært materiale periodevis kan transporteres opp mot overflatelaget.

8.

Vi konkluderer at det ikke på noen måte er sannsynliggjort at finfraksjonen vil bindes av Magnafloc. Selv om kjemikaliet skulle virke, er det bare en liten prosentandel som bindes. Derfor vil det dannes en partikkelsky som sprer seg i fjordsystemet utover det arealet som betegnes som deponeringsområde. Siden utslippsrøret stadig må heves, vil partikkelskyen dannes grunnere og grunnere, og etter noen år er sannsynligheten stor for at den også sprer seg ut forbi terskelen ved Svanøy. Periodevis kan utskiftningen av dypvannet løfte partikkelskyen enda høyere, og oppadstigende mellomlagsstrømninger kan også føre partikkelskyen helt opp til brakkevannslaget i overflaten. Våre betraktninger viser også at det påvirkede bunnareal, og også vannmasser, vil komme til å bli fem-doblet i forhold til det som er antatt i KU.

Målsettingen med å kommentere disse avsnittene i høringsuttalelsen er å vurdere hvordan HI har kommet fram til sine konklusjoner og anbefalinger. Det fremkommer i liten grad om konklusjonene er basert på skjønn, erfaring fra lignende prosjekter, modellering eller felldata. Dette er vurdert som vesentlig i forhold til beslutningstagerens bruk av høringsuttalelsen.

2. NIVAs kommentarer

2.1 Ad.1.

Nordic Mining ASA søker om utslipp av opp til 4 mill. tonn gruveavgang per år de første 10-15 år (dagbruddsdrift) og opp til 6 mill. tonn i etterfølgende år (underjordsdrift). I det totale utslippet til Førdefjorden vil den såkalte finfraksjonen, dvs. partikler mindre enn ca. 0,02-0,04 mm, utgjøre omlag 15 % av totalutslippet (# 34). Dette medfører et utslipp av opptil 600.000 tonn per år av finpartikulært materiale de første 10-15 år, mens det etter denne perioden vil øke til om lag 900.000 tonn pr. år.

NIVAs kommentar:

Når det gjelder finfraksjon på 15 % av total avgangsmengde henviser HI til rapport # 34 i konsekvensutredningen (KUen), dvs. konseptbeskrivelsen av utslippsarrangement. I NIVA- rapportene (rapport #1 og # 4) har vi imidlertid operert med ca. 10 % finfraksjon, definert som den delen av avgangen som sedimenterer med en hastighet <3 cm/minutt (ca. gj.snitt av de to utsynkingsforsøkene). Ut fra kornfordelingskurven er oppdelingen knyttet til en grense på ca. 15 µm partikkeldiameter (tilsvarende fin silt). I siste fase av utsynkingsforsøkene, etter at mindre enn 10 % av startkonsentrasjonen er igjen, fortsetter konsentrasjonen å avta, men reduksjonen går stadig langsommere. Dvs. at halveringstiden øker ettersom tiden går og det blir mindre restinnhold igjen i vannsøylen. Konsentrasjonen er i denne fasen omtrent lik i alle dyp i vannsøylen, uten en vertikal gradient som en vil vente hvis partiklene synker ut uavhengig av hverandre. Det er også omtrent lik restkonsentrasjon ved samme tidspunkt i begge forsøk, uavhengig av start konsentrasjon. Disse trekk ved resultatene tyder på at en aggregeringsmekanisme er viktig ved utsynkingen av denne restfraksjonen på 10 % av partikkelinnholdet.

Det må understrekes at oppdelingen i grov- og finfraksjon er en forenkling, og den definerte andelen blir da et ca. tall for å beskrive hovedtrekk ved resultatene, kfr. fotnote side 4 i rapport # 4: ” I virkeligheten er det nok ikke noe klart skille mellom størrelsesfraksjoner, men en gradvis overgang hvor aggregering blir mer viktig jo større areal: volum- forholdet er, dvs. jo mindre partiklene er. Et viktig trekk er antagelig at større partikler og aggregater tar med seg mindre partikler ettersom de synker ut, slik at det er en interaksjon mellom større og mindre partikler. ”

Det betyr at det er en mer gradvis overgang fra sedimentering av en grov masse nær utslippet, men med noe innslag av fine partikler, mot en større og større andel av finere partikler lengre fra utslippet. Også for finfraksjonen vil nok tykkelsen av sedimentert lag avta med avstand fra utslippet, og en del av den vil synke ut sammen med grovfraksjonen.

Konklusjonen er at HI opererer med en større finfraksjon enn NIVA gjør i sine beregninger (15 % i stedet for 10 %). Det betyr at i våre beregninger er finfraksjonsmengden 400.000 tonn de første 15 år og 600.000 tonn de neste 35 år. HI definerer finfraksjonen som partikler mindre enn 40 µm (grov silt), mens NIVA definerer finfraksjonen som partikler mindre enn 15 µm (fin silt). NIVA har i sin utredning sagt at deler av finfraksjonen synker med en hastighet på 3 cm/minutt uten tilsats av flokkuleringsmidlet Magnafloc. Bruk av riktig dose Magnafloc har vist at ca. 80 % av finfraksjonen synker ut umiddelbart (dvs. at 80.000 tonn, henholdsvis 120.000 tonn pr. år finfraksjon er restfraksjonen som transporteres med bunnstrøm bort fra det utslippsnære deponiområdet – og ikke 400.000 tonn og 600.000 tonn pr.år).

NIVAs beregninger av vertikal spredning av finfraksjon i rapport #4 var for øvrig basert på foreløpige anslag for avgangsmengde som var omtrent dobbelt så høyt som de endelige tallene i utslipps-søknaden. Det betyr at virkningen på dypvannet bør bli vesentlig lavere enn beregnet i rapport #4

2.2 Ad.2.

På grunn av den store hastigheten på gruveavgangen ut av utslippsrøret og fallhøyden fra utslippsrøret langs deponiet til naturlig sjøbunn, vil store deler av finfraksjonen (600.000 – 900.000 tonn per år) suspenderes og danne en partikkelsky i fjorden. Synkehastigheten for partikler på 0,02 mm er oppgitt til ca. 2,4 m per døgn og avtar til ca. 0,15 m per døgn for partikler på 0,005 mm.

Den lave synkehastigheten øker sannsynligheten for at finfraksjonen av utslippet vil spres med tidevannsstrømmer og periodevise innstrømninger (vår/sommer) i fjordbassenget mellom Engebø og utover mot terskelen (220 m) ved Svanøy.

NIVAs kommentar:

I rapport #4 i KUen (som HI ikke har referert til) er det gjort beregninger av utslippsstrålen med realistisk sammensetning. Pga. partikkelinnholdet vil slurryen ha mye større egenvekt enn sjøvann. Selv ved horisontal utslippsretning vil strålen derfor falle mot bunnen og rive med seg og blande seg med omgivende vann. I beregningene har vi forutsatt at utslippshastigheten begrenses så mye som mulig ut fra egenvektforhold, og da ser det ut til at strålen avbøyes så raskt at selv de største partiklene vil holde seg i strålen på vei ned mot bunn. Strålen vil være fortynnet når den treffer bunnen, men fortsatt ha så stort partikkelinnhold at skyen er tyngre enn dypvann (tyngre jo nærmere bunnen utslippet skjer). Den kan derfor fortsette som en tung bunnstrøm. Etter hvert som avgangskjeglen bygger seg opp, vil det fortynnete utslippet renne nedover sidene mot større dyp inntil så mye av (de grovere) partiklene er sunket ut at en får oppblanding (oppvirvling i et lag over bunnen). Modellberegninger basert på å kombinere turbulent naturlig blanding og utsynking (uten flokkuleringsmidler) gir som resultat at partiklene i all hovedsak vil holde seg innenfor 10-20 m over bunnen, og antagelig mest i de dypeste områdene (rapport #4). En prinsippskisse er vist i fig.1.

Når det gjelder synkehastigheter ser det ut som HI baserer seg på noe som står i rapport #20 "Spredning av partikler i overflatelaget utenfor Engebøfjellet". I denne rapporten står det i Sammendrag og Sammenfattende vurdering: "Til eksempel vil en partikkel med diameter ca. 5 -10 – 20 µm ha teoretisk synkehastighet på ca. 0,006- 0,03 -0,1 m/t i stillestående vann.". Omregnet til m/døgn gir det de tallene HI anfører.

Vi har nå sjekket dette nærmere mot Stokes' lov som gjelder utsynking av enkeltpartikler. For partikler med tetthet 3500 kg/m³ og vann med tetthet 1027 kg/m³ (saltholdighet 35) gir Stokes' lov en synkehastighet ca. 33 m/døgn for partikkeldiameter 0,02 mm, 19 m/døgn for 0,015 mm og 2 m/døgn for 0,005 mm (fig.2). Detaljene er beskrevet bakerst i rapporten som vedlegg A. De hastighetene som beregnes, er altså mye høyere enn de HI har forholdt seg til. Det skyldes nok at HI har tatt utgangspunkt i tall for synkehastighet som er nevnt i rapport # 20. I denne rapporten, som behandler risikoen for spredning av partikler i overflaten ved uhellsutslipp, har NIVA kommet i skade for å referere for lave tall for synkehastighet, dvs. at spredningspotensialet er overdrevet. Det fremgår imidlertid av rapport #20 at disse tallene bare er nevnt i teksten, og ikke er brukt i simuleringen. I stedet er det antatt at 10 % av partiklene i avgangen driver med vannmassene med neglisjerbar sedimentering, dvs. at resultatene fra rapport #20 vil overdrive faren for horisontal spredning i overflatelaget.

Beregningene av spredning i dypvannet i rapport # 4 er basert på utsynkingsforsøkene som er beskrevet i rapport #1. Disse utsynkingsforsøkene viste at ca. 90 % av partiklene sank raskere enn

3 cm/minutt, dvs. 43 m/døgn. Den fraksjonen som synker langsommere enn dette er som nevnt foran i rapport #4 knyttet til partikkeldiameter $< 15 \mu\text{m}$, dvs. 0,015 mm. En synkehastighet 3 cm/minutt for partikler med diameter 0,015 mm er omtrent dobbelt så mye som det Stokes' lov gir for utsynking av enkeltpartikler. Denne forskjellen virker rimelig når en tar i betraktning at Stokes' lov gjelder for

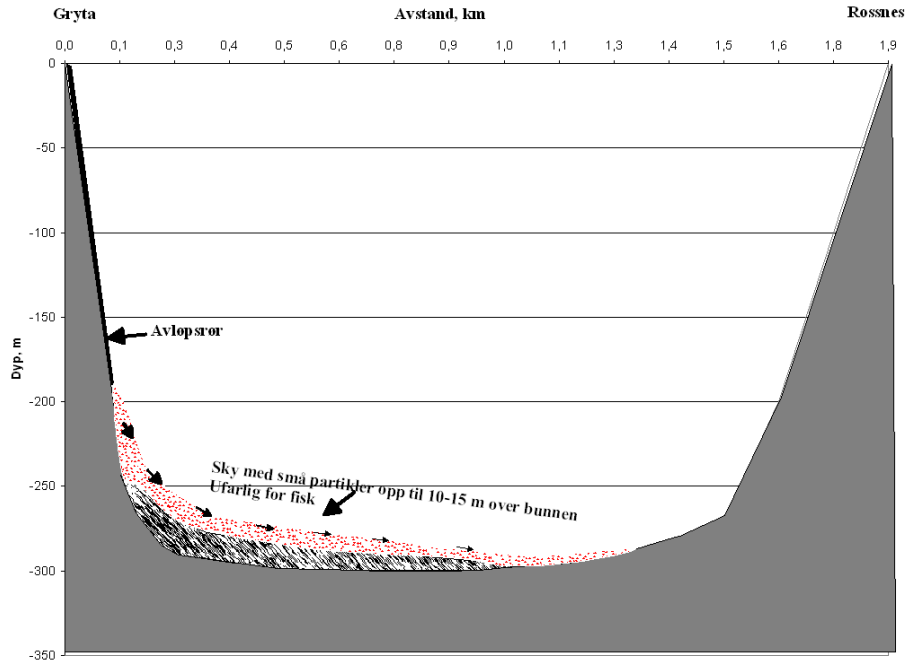


Fig.1. Skisse som viser spredning av gruveavgang på tvers av fjorden ved Engebø.

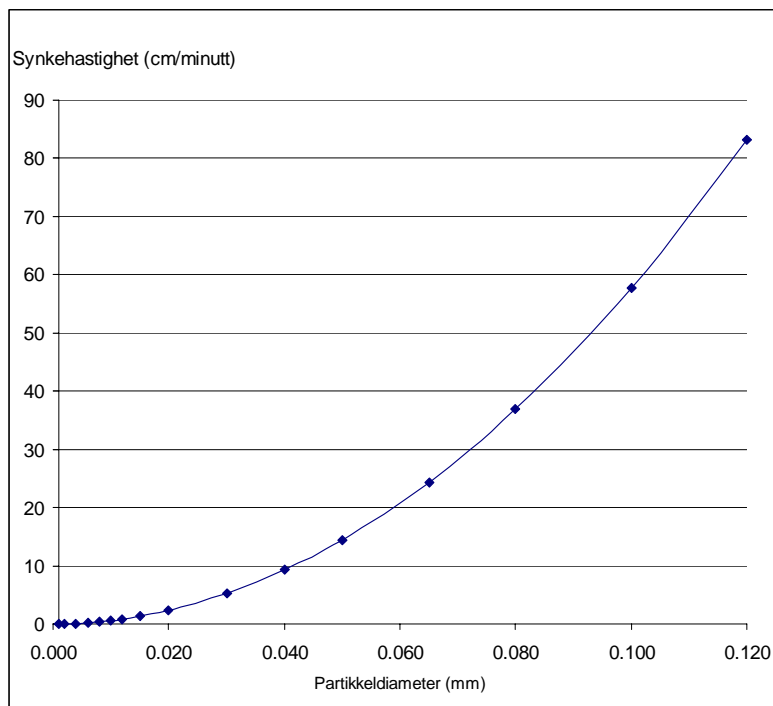


Fig.2. Synkehastigheter av partikler basert på Stokes lov (se ellers Vedlegg A)

utsynking av enkeltpartikler. Utsynkingsforsøkene tyder på at utsynkingen av finfraksjonen i stedet er preget av naturlig flokkulering, slik at det dannes større partikkelaggregater. Da virker det rimelig at effektiv utsynkingshastighet for gjenværende partikkelfraksjon blir større enn det enkeltpartikkelens størrelse skulle tilsi, forutsatt at aggregatene er kompakte. Koblingen av synkehastighet og partikkelstørrelse er dessuten bare omtrentlig, siden den er basert på en antagelse om at den fraksjonen på 10 % som synker langsommere enn 3 cm/minutt kan identifiseres som de 10 % som har minst partikkeldiameter i kornfordelingskurven. I virkeligheten vil 10- % fraksjonen som synker med hastighet < 3cm/minutt bestå av partikler med ulik diameter, men ut fra kornfordelingskurven antagelig dominert av partikler med diameter av størrelse omkring 0,015 mm. Synkehastigheten vil derfor ikke kunne kobles presist til en bestemt diameter.

Vi vurderer risikoen ved at noe av finfraksjonen skal spres forbi terskelen ved Svanøy som liten. I hovedsak av fire grunner:

- Slurrien som slippes ut vil ha større egenvekt enn sjøvann og dermed synke raskt til dyp større enn terskeldypet. I dette dybbassenget er vannbevegelsene små, tidevannets betydning liten og oppholdstiden lang. Partiklene får god tid til å sedimentere. Terskelen sperrer for kontakten mot vannmassene utenfor terskelen.
- Det er ikke usannsynlig at en mindre mengde finpartikler fordeles i vannmassen over terskeldypet når utslippet ligger mellom 175 m og terskeldypet. For dette "mellomlaget" er den gjennomsnittlige oppholdstiden for hele området innenfor Svanøyterskelen beregnet til 11 døgn både av HI og av NIVA. For den innerste delen - utenfor Engebø – sannsynligvis betydelig mer enn 11 døgn. Anvendes synkehastighetene som angitt ovenfor ser man at over 10-15 døgn vil en stor andel av partiklene være sunket ned i bassengvannet, og ikke kunne transporteres forbi terskelen.
- Som HI påpeker kan bassengvann ved sporadiske fornyelser bli løftet opp og etter hvert transportert ut over terskelen (jfr. figur 7). Hyppigheten av slike fornyelser er ikke kjent, men modellberegninger antyder 1-3 års mellomrom. Ved slike episoder vil partikler fra dyppvannet følge med oppover i vannmassen, og inn i mellomlaget. Og da har man igjen en situasjon beskrevet i punktet ovenfor: stor utsynking tilbake til bassengvannet før restdelen av partiklene når terskelen.
- Marine organismer har ganske høy toleranse for partikler og nyere forskning angir 50 mg/l som et nivå der skader kan begynne å inntreffe. Finstoff som iblant blir transportert utenfor Svanøyterskelen vil være i konsentrasjon på høyest noen få mg/l (se også beregninger under pkt. 2.3).

Konklusjonen synes å være at sedimenteringsforsøkene er i rimelig bra overensstemmelse med det en kan vente ut fra Stokes' lov for utsynking av enkeltpartikler, og at synkehastighetene er mer enn 10 ganger så høye som det HI legger til grunn i sitt høringsnotat. Det må også understrekes at resultatene i rapport #1 og #4 gjelder med naturlig aggregering i sjøvann, uten bruk av Magnafloc. HI har ikke henvist til #4 i KUen som er den sentrale rapporten som beskriver transport og utsynking av finfraksjonen. HIs høringsuttalelse omtaler heller ikke hvordan avgangsplumen strømmer ned mot sjøbunnen som en tetthetsstrøm fordi skyen av partikler har en høy egenvekt (stor partikkeltetthet og uvanlig høy egenvekt på partiklene pga. mineralsammensetningen). Dette fører til at spredningen av finstoff skjer langs bunnen i et lag som er 10-20 m tykt. HI nevner heller ikke naturlige flokkuleringsprosesser i sin uttalelse og som vil bidra til høyere utsynkingshastigheter enn om partiklene sedimenterte som enkeltpartikler. I KUen konkluderes det med at finstoffet synker ut innenfor terskelen ved Hegreneset (ca. 8-10 km fra Engebø) og at det aller meste synker ut innen noen hundre meter fra utslippet.

2.3 Ad.3.

Utslipet har en restmengde av ferskvann og er blandet før utslipp med sjøvann. Avhengig av hvor mye sjøvann som blandes inn i utslippet, vil vannfasen i utslippet ha mindre tetthet enn dypvannet. Ettersom mer og mer av partiklene synker ut, kan utslippsskyen med restinnhold av finpartikulært materiale til slutt bli lettere enn dypvannet. Da vil utslippsskyen få oppdrift og kunne spre seg oppover i vannmassene og ha en vesentlig betydning for den vertikale fordelingen av partikler.

NIVAs kommentar:

Det er riktig at en kan få en slik effekt, slik HI anfører, men det vil etter våre vurderinger ikke ha noen vesentlig betydning. Muligheten for en slik effekt ble drøftet av NIVA i kap. 5.3.2 i rapport # 4. Her ble det bare regnet på hvilke restpartikkelkonsentrasjoner som kan gi oppdrift av utslippsskyen. Hvor stor virkning det kan få er ikke beregnet i rapport #4, og det er ikke konkludert mht. hvor stor betydning det kan få, i stedet ble det pekt på noen mulige tiltak for å begrense eller unngå det. Det er derfor ikke belegg i NIVAs rapport for å anta at det vil bringe vesentlige deler av finfraksjonen ut over Svanøyterskelen (se kart, fig.3), slik HI antar (se også kommentar til pkt.2.2). En supplerende enkel beregning for å skalere det mulige omfanget viser at det neppe kan bety noe for fjorden som helhet.

Tettheten av utslippsstrålen er en funksjon av mengdeforholdet mellom partikler og ferskvann etter fortykning og av mengde og tetthet på sjøvannet som tilsettes før utslipp. I rapport #4 ble det beregnet at tettheten i utslippsskyen kan bli mindre enn tettheten av dypvannet når gjenværende andel partikler F blir mindre enn en grense, eller kritisk verdi, gitt ved

$$F_c = \frac{V_0(\rho_d - \rho_0) + V_x(\rho_d - \rho_b)}{1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}} \quad \text{med} \quad V_x = \left(V_0 + \frac{1}{\rho_s} \right) X$$

hvor de størrelsene som inngår er definert slik:

		Brukt i rapport #4
ρ_s	Tetthet av fast stoff	3450 kg/m ³
V_0	Restvolum av ferskvann pr. mengde faststoff i avgangen etter fortykning.	0.00054 m ³ /kg
ρ_0	Tetthet av ferskvann	1000 kg/m ³
X	Tilsatt mengde sjøvann før utslipp, som antall ganger totalt avgangsvolum (0 uten tilsetning av sjøvann)	1 til 3
ρ_b	Tetthet av tilsatt sjøvann	1024 kg/m ³ (inntak 20 m)
ρ_d	tettheten i dypvannet	1027 kg/m ³

Med de verdiene som ble brukt i rapport #4 (høyre kolonne i tabellen) blir kritisk andel $F_c = 0,024$ for $X=1$, og 0,032 for $X=3$, dvs. når det er ca. 2.4 til 3.2 % igjen av opprinnelig partikkelmengde.

Utslipp av finfraksjon for de siste 35 år anslås til ca. 600 000 tonn/år, eller 19 kg/s. Med den ferskvannsmengde i avgangen som ble antatt i rapport #4 og med innblanding av sjøvann fra 20 m dyp kan altså en fortykket utslippssky med restinnhold av partikler få samme tetthet som dypvannet når det er igjen ca. 3 % av total partikkelmengde, dvs. ca. 30 % av finfraksjonen, eller altså en mengde på 6.3 kg/s. Når partikkelinnholdet synker under dette, blir vannet med restinnhold av partikler lettere enn dypvannet, og kan bli blandet oppover i vannmassene. Fordi vannet i utslippet også vil fortykkes med dypvann før det legger seg som en utslippssky ved bunnen, blir det bare små tetthetsavvik mellom vannfasen i utslippsskyen og dypvannet over, og en oppblanding av vann med rester av partikkelinnhold vil stoppe i overkant i av det homogene dyplaget, som regel langt dypere enn 150 m. Som

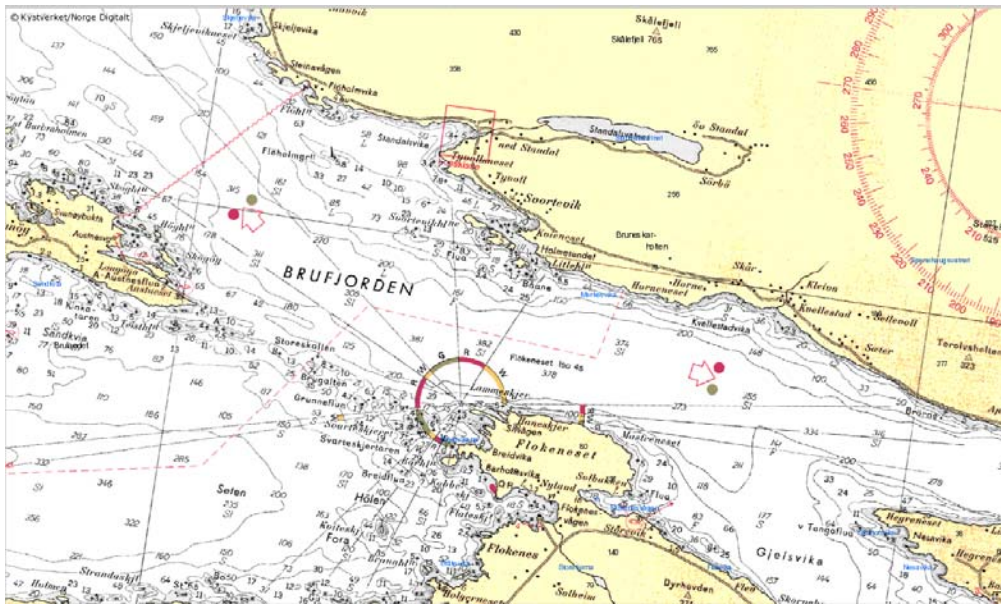


Fig.3. Sjøkart over området vest for Hegreneset til Svanøy.

regel vil det antagelig stoppe dypere enn terskeldypet ved Svanøy på 220 m dyp, fordi det oftest er en tetthetsgradient fra 300 m og oppover mot overflaten.

Som et "verstetilfelle" scenario kan vi se på en tenkt situasjon hvor 30 % av finfraksjonen, dvs. 200 000 tonn/år, fordeles jevnt i volumet mellom 220 og 150 m dyp pga. at vann med restfraksjon blir lettere og stiger opp mot 150 m. Volumet av dypvannet mellom 150 m og 210 m dyp innenfor Svanøy er beregnet til ca. 1100 mill. m³ ut fra oppmåling av arealer for ulike dybdekoter på sjøkartet. Hvis en regner en oppholdstid på 11 døgn for dette mellomlaget (basert på Ancylus Fjord Environment Model), vil det si en vannutskiftning på ca. 1150 m³/s. Konsentrasjonen blir ut fra dette maksimalt ca. 5 mg/l. Da har vi sett bort fra at den fraksjonen som kan tenkes å inngå i en slik innblanding vil fortsette å synke ut i forhold til vannet, selv om vannet blandes inn oppover. I virkeligheten vil derfor vente at konsentrasjonene av partikler i vann som eventuelt transporteres ut over Svanøyterskelen blir flere ganger lavere enn dette, også om en tar inn sjøvann fra 20 m dyp til fortykning av utslippet.

Hvis sjøvannet i stedet hentes fra 100 m dyp, med $\rho_b \geq \rho_d - 0.6 \text{ kg/m}^3$, blir $F_c = 0.021$ for $X=1$, og 0.022 for $X=3$. Hvis i tillegg restvolumet av ferskvann i avgangen reduseres til halvparten, dvs. til 0.00027 m³/kg faststoff, blir kritisk partikelmengde $F_c = 0.013$ for $X=1$, og 0.0175 for $X=3$, dvs. under 1/5 av finfraksjonen. Da blir mulig konsentrasjon i dypvannet under 150 m maksimalt 2-3 mg/l, og høyst sannsynlig lang under dette, fordi også denne betraktningen ser bort fra videre utsynking av partikler.

Beregningene må betraktes som overdrevet pessimistiske, fordi de antar at nøytral tetthet i utslippsskyen med restpartikler gir full blanding oppover i et ganske stort dypvannsvolum. For å avgrense mulig effekt kan en også se på hvordan vannfasen i utslippet kan bli blandet inn oppover i dypvannet når innholdet av partikler ikke tas i betraktning. Det er åpenbart at en beregning basert bare på vannfasens tetthet, hvor partiklenes bidrag til tettheten neglisjeres, vil gi øvre grenser for hvor store reduksjoner i tetthet en kan få i dypvannet, og derved hvor høyt opp ustabiliteten kan nå.

Hvis avgangen har restinnhold av ferskvann på 0.54 m^3 pr. tonn faststoff og våt avgang fortynnes med sjøvann fra 20 m dyp i volumforhold 1:1, som antatt i rapport #4, blir tettheten ca. 1014.5 kg/m^3 for vannfasen i utslippet, dvs. for blandingen av ferskvann og tilsatt sjøvann. Ved fortynning med volumforhold sjøvann: avgang 3:1 blir tettheten av vannfasen 1020 kg/m^3 .

Et partikkelutslipp (finfraksjon) på 600 000 tonn/år gir vannutslipp hhv. 0.026 og $0.057 \text{ m}^3/\text{s}$ for et blandingsforhold mellom tilsatt sjøvann og totalt volum av avgang på 1:1 og 3:1. Det betyr en vannmengde i utslippet på hhv. 0.82 og 1.8 mill. $\text{m}^3/\text{år}$.

Hvis denne vannmengden blandes inn i dypvannsvolumet under 210 m dyp innenfor Svanøyterskelen (1.54 km^3) uten noen vannutskiftning, vil volumtilskuddet tilsvare en helt neglisjerbar vertikal forskyvning av vannet over på hhv 5 og 11 cm/år, og en reduksjon av tettheten i dypvannet på hhv. 0.007 og 0.0086 kg/m^3 i løpet av ett år. I de tetthetsprofilene som er målt, er det alltid en gradient over 200 m dyp, og selv i den mest homogene profilen kan en ikke få videre oppblanding høyere opp enn til 170 m dyp pga. en slik tetthetsreduksjon forårsaket av innblanding av vann fra utslippet. I de fleste profilene vil opptrengingen bli mye mindre. Dette er da beregnet uten å ta hensyn til mengde restpartikler i utslippsvannet; hvis en regner med partiklene blir muligheten for opptrengning av utslippsskyen enda mindre. Hvis det hentes sjøvann fra 100 m dyp i stedet for 20 m vil også tettheten av vannfasen i utslippet bli mye nærmere dypvannstettheten, og muligheten for opptrengning tilsvarende mye mindre.

Konklusjonen er at slik oppblanding vil være et lokalt, avgrenset fenomen, som kan minskes eller unngås ved å dimensjonere utslippet optimalt.

2.4 Ad.4.

Ettersom deponiet øker, vil avgangsrøret heves og resuspensjonen øke. Luft i utslippsledning, økt ferskvannsutslipp eller ras i deponiet kan også være med på å øke resuspensjonen.

NIVAs kommentar:

Planen er å posisjonere avgangsrøret i en viss avstand over det bunn-dypet en til enhver tid har i utslippsområdet. Det er en forutsetning at en unngår luft i ledningen (krav til utslippsarrangement). Det vil kunne bli noe resuspensjon av tidligere deponert materiale pga. oppvirvling fra utslippsstrålen, men det som resuspenderes vil også synke ut igjen, og ikke forbli svevende i vannmassene. Hvis resuspensjon medfører at konsentrasjonen i utslippskyen blir større, blir også aggregering mer effektiv. Dessuten vil det som synker ut i det utslippsnære området (innenfor en radius på 100 m) i utgangspunktet være det groveste materialet (grov sand).

Konklusjonen er at det står i prosjektbeskrivelsen i KU at avgangsledningen skal luftes for å sikre at luftbobler ikke følger avgangsstrømmen og at sjøvann skal tilsettes og at egenvekten på slurryen skal bli høy nok for å sikre en tetthetsstrøm som går ned til de dypeste partiene i fjordbassenget. HI's innvending er således ikke relevant.

2.5 Ad.5.

Spredningen av finfraksjonen er avhengig både av strømforholdene og avgangsrørets høyde over naturlig sjøbunn. Etter 5-7 år er avgangsrøret allerede hevet med omlag 50 m fra 275 m til 225 m dyp, som er nær terskeldypet på ca. 220 m. Vannutskiftningen øker erfaringsmessig fra de dypeste partiene av fjordbassenget mot terskeldypet. Det forventes derfor at finfraksjonen fra utslippet etter hvert spres over større deler av fjorden innenfor terskelen, og partikkelskyen vil også periodevis kunne transporteres utover terskelen ved Svanøy.

NIVAs kommentar:

Utslippsstrålen, og evt. vann med forhøyet partikkelinnhold pga. resuspensjon, vil sige nedover mot de dypeste delene av fjorden pga. gravitasjon, samtidig som partiklene vil sedimentere, og vann med gjenværende suspendert finfraksjon vil mest legge seg i området ved periferien og rundt deponi-kjeglen, dvs. der dypet ikke er så mye redusert pga oppfylling. Modellberegninger som kombinerer naturlig vertikalblanding og utsynking med finfraksjon i utgangspunktet fordelt over hele fjordbassenget innenfor terskelen ved Hegreneset (overflateareal ca. 15 km², dvs. ca. 2 x 7 km) viser svært lave partikkelkonsentrasjoner mer enn 10-15 m fra bunn. Når NIVA i rapport #4 nevner at finfraksjon kan spres horisontalt over avstander sammenlignbare med størrelsen på fjorden, så gjelder det fjordbassenget innenfor terskelen på 300 m ved Hegreneset (se kart, Fig.4)), ikke hele fjorden ut til Svanøy. Dette står i Sammen draget i rapport # 4. For vertikal spredning av finfraksjonen er det tatt utgangspunkt i en jevn horisontal fordeling av finfraksjon over hele dypbassenget mellom Hegreneset og Ålasundet. I virkeligheten vil finfraksjonen være mer konsentrert i indre del, og derfor synke ut mer effektivt med aggregering.

Ettersom deponikjeglen bygges opp, vil utslippsskyen med finfraksjon konsentreres mer over de gjenværende dype bunnarealene, og det kan øke utsynkingsraten ytterligere. Finfraksjonen vil ikke forlate utslippet og spres i vannmassene omkring utslippsdyp, men følge med utslippet til bunnen og ble transportert med det nedover langs kjeglen mot de dypeste partiene.

For øvrig vises henvises til vurdering av risiko for spredning forbi Svanøyterskelen i pkt.2.

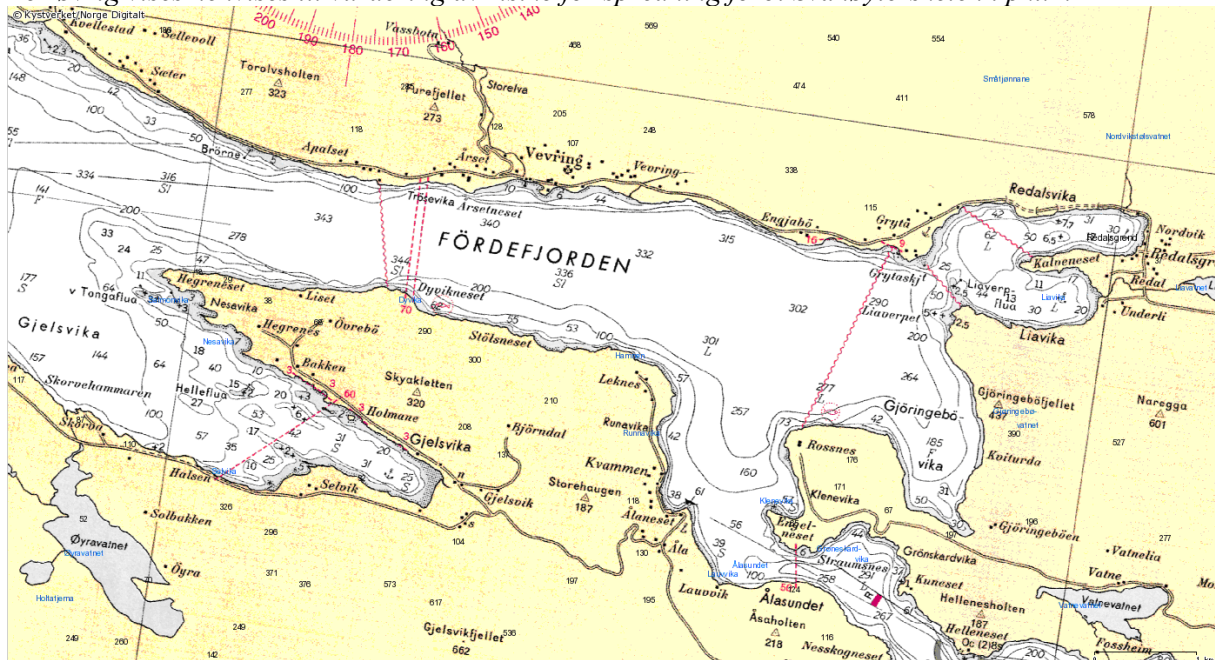


Fig.4. Sjøkartover området Hegreneset - Ålasundet

Konklusjonen er at beskrivelsen av spredning i KUen er basert på modellberegninger som kvantifiserer blandingsprosesser og utsynkingsrater i fjordbassenget mellom Engebø og terskelen ved Hegreneset. Konsentrasjonene av partikler i det mest turbide laget langs bunnen er lavt og representerer ingen miljørisiko for marine organismer med unntak av nærområdet til deponiet (noen hundre meter fra utslippspunktet) hvor mengden av partikler vil overskride 50 mg/l.

2.6 Ad.6.

Etter 10-15 år er det oppgitt at avgangsrøret heves til om lag 175 m dyp (# 32), dvs. over terskeldypet på ca. 220 m. Mellom terskeldypet og overflatelaget er det i fjordene ved siden av tidevannsstrømmene også betydelige vannutskiftninger forårsaket av trykkforandringer i kystvannet utenfor (intermediære strømmer). Beregninger utført med "Fjordmiljø"-modellen ved Havforskningsinstituttet viser at midlere oppholdstid av vannet over terskeldypet mellom Svanøy og Engebø er omlag 11 døgn mens synketiden for finpartiklene fra avgangsrøret (på 175 m dyp) til under terskeldypet er ca. 17 døgn. Dette medfører at etter 10-15 års drift vil en ukjent del av de omlag 900.000 tonn per år av finpartikulært materiale også kunne spres utover terskelen ved Svanøy, ca. 20 km utenfor utslippet ved Engebø. Spredningen av partikler til fjordområdet utenfor Svanøy vil gradvis øke ettersom avgangsrøret heves oppover til ca. 125 m dyp, ca. 25 m over makshøyden på deponiet ved avsluttet drift.

NIVAs kommentar:

Siden HI forholder seg til for lave synkehastigheter, er denne betraktningen overdrevent pessimistisk.

- For det første vil finfraksjonen på 10 % av partikkelinnholdet synke mer enn 10 ganger så raskt som HI går ut fra, selv om en ser på utsynking av enkeltpartikler. Det vi har regnet som

finfraksjon, dvs. partikler med diameter omkring 15 μm og lavere, vil ha synkehastighet etter Stokes' lov på opp mot 19 m/døgn. Ut fra kornfordelingskurven har halvparten av finfraksjonen diameter $\geq 6,5 \mu\text{m}$, og vil synke fortere enn 3,5 m/døgn som enkeltpartikler, dvs. at det i løpet av 11 døgn synker mer enn 38 m, mer enn den vertikale avstanden fra 175 m til det ytre terskeldypet på 220 m ved Svanøy.

- For det andre vil ikke partiklene synke som enkeltpartikler, men følge utslippstrømmen mot bunnen og videre nedover deponikjeglen. Derfor fraktes partiklene mye raskere mot større dyp, før den etterfølgende fasen med partikkelutsynking fra en stillestående utslippssky ved bunnen. Pga. aggregering vil også utsynkingen i denne etterfølgende fasen gå ennå noe raskere enn det som gjelder for uavhengige partikler. I rapport #4 er det beregnet at restkonsentrasjonen av finfraksjonen vil være redusert til $< 1 \text{ mg/l}$ etter ca. 4 døgn selv uten fortykning, bare pga. utsynking. Fortykning kan gjøre at utsynkingen går langsommere, men vil til gjengjeld i seg selv redusere konsentrasjonene.
- For det tredje gir det ikke et riktig bilde å bruke midlere oppholdstid for hele Førdefjorden ut til Svanøy som grunnlag for en sammenligning med synkehastighet og en beregning av horisontal spredning. Oppholdstiden gjelder utveksling av vann mellom hele fjorden ut til Svanøy og kystområdet utenfor, mens utslippet planlegges til den innerste delen av fjorden. Som påpekt tidligere vil man dermed forvente at vannutvekslingen mellom denne delen og terskelen er betydelig mindre enn gjennomsnittet for hele fjordområdet (dvs. at vannmassene utenfor Engebø har lenger oppholdstid enn gjennomsnittet).

Alle spredningsvurderingene er vurdert ut fra antagelsen om at strømmen beveger seg en vei – fra øst til vest. Ettersom tidevannsgenerert strøm er viktig i dypere vannlag vil vannmassen tidvis bevege seg innover fjorden og tidvis utover fjorden. Dette gjør at oppholdstiden blir lang og muligheten for utsynking av partikler i området Engebø- Hegreneset er god. Det som har en miljøkonsekvens er konsentrasjonen av partikler i vannmassen og grad av nedslamming- ikke spredning per se. Nyere litteratur viser at det er først ved partikkelkonsentrasjoner $> 50 \text{ mg/l}$ at negative effekter for noen organismegrupper kan oppstå. Finfraksjonen (partikkelstørrelse $< 15 \mu\text{m}$) vil utgjøre ca. 10 % av total mengde avgang, eller tilsvare en konsentrasjon på ca. 35000 mg/l i rørmunningen.

Partikkelskyen vil ha en høyde på 10-15 m over bunnen, beveger seg fra starten sørover fra deponikjeglen og vil inneholde partikler med ulike størrelser og ulike synkehastigheter. Etter hvert mister den sin egenenergi og vil deretter forflytte seg under påvirkning av varierende strømretning og –hastighet i bunnvannet, og da hovedsakelig i øst-vestlig retning.

Vi har ikke hatt grunnlag for eksakte beregninger av hvordan de ulike fraksjonene vil sedimentere – eller inkludere effekten av aggregering i nærsone (små partikler klumper seg sammen til større partikler som synker raskere, og større partikler tar med seg mindre partikler), men har gjort beregninger for å illustrere utbredelsen av en slik partikkelsky. Forutsetningene er:

1. Finfraksjonen (partikkelstørrelse $< 15 \mu\text{m}$) utgjør ca. 10 % av total mengde avgang, eller tilsvare en konsentrasjon på ca. 35000 mg/l i rørmunningen.
2. Omkring halvparten av massen i denne finfraksjonen har diameter mindre enn 6 μm . Vi betrakter to typiske partikkelstørrelser: 5 μm og 10 μm , og forenkler ved å anta at hver representerer halvparten av finfraksjonen. Partiklene aggregerer ikke, men synker som uavhengige partikler ifølge Stokes lov (se Vedlegg A).
3. Strømhastigheten i bunnvannet er konstant 1,5 cm/s, i en retning.
4. Bakgrunnskonsentrasjonen i det bunnvannet som strålen fortyknes i er 5 mg/l. Dette er en rimelig antagelse ut fra modellering i rapport #4 av hvordan vertikal fordeling av partikler i dypvannet blir etter lang tids utslipp ut fra balansen mellom vertikal blanding i vannet.

Gitt disse antakelsene og forenklingene illustrerer Figur 5 resultatet av beregningene.

Konsentrasjonen i den bunn-nære partikkelskya ble over 50 mg/l ut til ca. 700-800 m fra utslippet

Figuren må sees på som illustrasjon av et "verste-tilfelle" av flere grunner. For det første er bare finfraksjonen tatt med i beregning av tettheten i utslippsvannet. I virkeligheten vil utslippsstrålen være vesentlig tyngre enn det som er antatt i disse beregningene, og i begynnelsen synke raskt mot bunnen og spres seg ut langs bunnen. For det andre vil en andel av finfraksjonen følge grovfraksjonen til bunns (dvs. er beregningen utført med for høy utgangskonsentrasjon), og også senere vil det trolig være en betydelig aggregering (raskere sedimentering). For det tredje vil ikke partiklene forflytte seg med konstant hastighet og retning i de ca. 12 timene som med hastighet 1,5 cm/s behøves for å nå ut til 600-700 m. Strømmålingene som NIVA har utført ved bunnen av Førdefjorden viser et strømsystem med raskt varierende retning og til vanlig vil dermed partikler trenge lenger tid for å nå denne avstanden enn antatt i beregningene – og dermed blir det større utsynking, større fortynning og lavere konsentrasjon som funksjon av avstand.

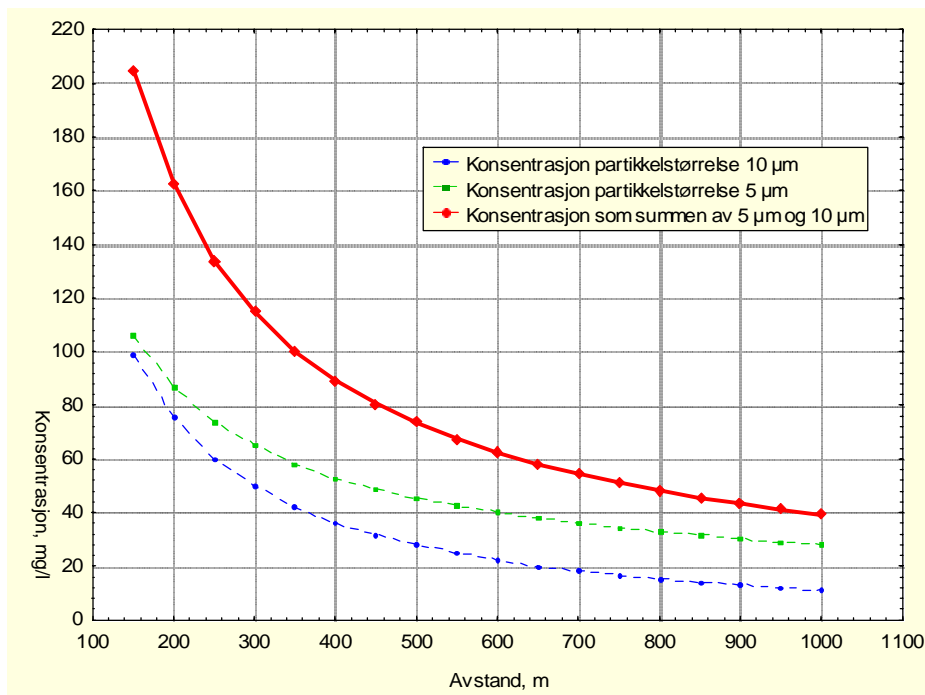


Fig.5 Illustrasjon av aktuell mengde partikler (finfraksjon) i vannmassen i ulik avstand utenfor utslippspunktet innenfor en utslippssky som spres seg ut fra røret. Man forutsetter at partiklene i alt vesentlig ligger i en partikkelsky med høyde 10-15 m over bunnen, at strømhastigheten er 1,5 cm/s i en konstant retning og at partiklene ikke aggregerer, men synker ut uavhengig av hverandre. Som nevnt overfor er dette en "verste-tilfelle- situasjon", der blå kurve viser konsentrasjonen av partikler med diameter 10 µm med økende avstand fra utslippspunktet. Den grønne kurven viser tilsvarende beregning for partikler med størrelse 5 µm, og man ser at etter hvert vil de minste partiklene dominere. Den røde kurven er den mest interessante og viser summen av disse to partikkelkonsentrasjonene.

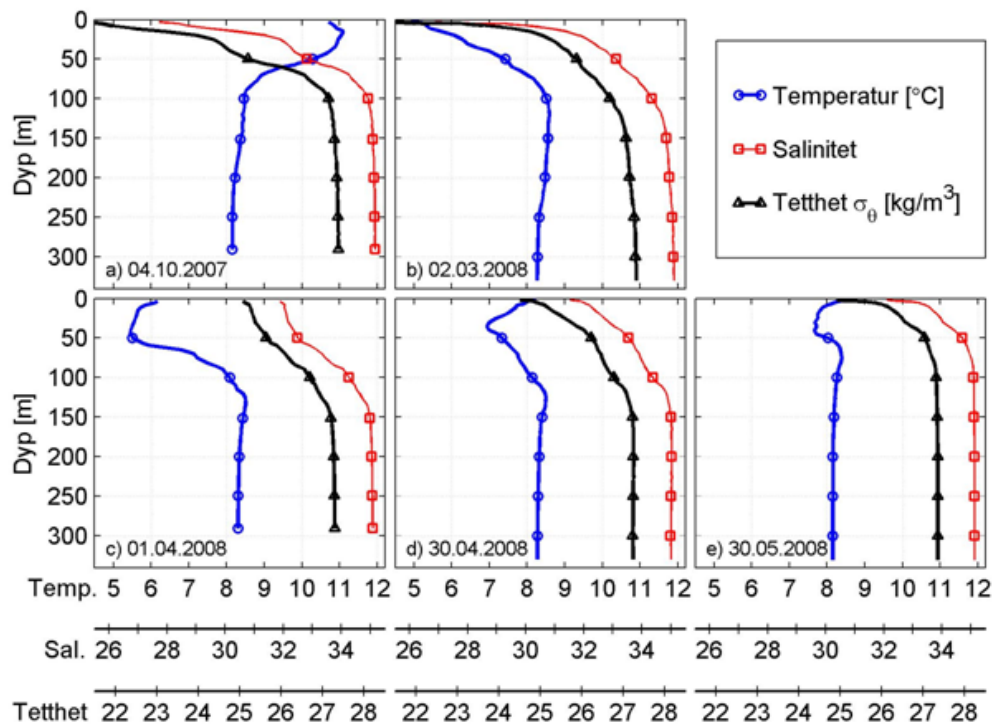
Konklusjonen er at fordi HI har basert sin uttalelse på for lav synkehastighet av partikler (en faktor på 10 for lav), ikke har tatt inn i vurderingen effekten av flokkulering av små partikler som øker utsynkingen ytterligere og etter vår mening gjort en for grov vurdering av effekten av vannets oppholdstid i bassenget mellom Engebø og Hegreneset, så vil uttalelsen om at en ukjent andel av finfraksjonen bli transportert lengre enn til Svanøy bli misvisende. Vår beregning sannsynliggjør at mengden av partikler i bunnvannet (hvor konsentrasjonen vil være høyest) vil være lavere enn nivået hvor noen organismegrupper blir negativt påvirket allerede noen hundre meter fra utslippet, selv når en ser bort fra naturlig aggregering av finfraksjonen.

2.7 Ad.7.

Hydrografiske målinger tyder på at det skjer store naturlige vertikalflytninger av vann i forbindelse med vannutskiftninger både over og under terskeldypet på 220 m. Ved innstrømning av vann i dypere lag av fjorden har det vært observert oppløfting av vann i størrelsesorden 100 m. Dette tyder på at særlig i den siste fasen av driften når utløpet av avgangsrøret heves opp mot 125-150 m dyp kan det være økt risiko for at finpartikulært materiale periodevis kan transporteres opp mot overflatelaget.

NIVAs kommentar:

Det stemmer at hydrografiske data (bl.a. NIVAs målinger våren 2008) tyder på at det forekommer slik løfting av vannmasser i forbindelse med innstrømninger av nytt (tyngre) dypvann. Figur 6 viser sjiktningen utenfor Vevring på ulike tidspunkt, og man bør særlig merke seg situasjonen 30.5.2008. Målingen er gjort umiddelbart etter en dypvannutskiftning og en ser at sjiktningen fra overflata og ned til ca. 100 m dyp må ha forhindret at dypvann har nådd overflaten. Figur 7 skisserer en sannsynlig sirkulasjon ved utskiftning av dypvannet i Førdefjorden.



Figur 8. Temperatur, saltholdighet og tetthet fra fem måleprofiler sør for Vevring i Førdefjorden.

Fig.6. Sjiktning i vannmassen utenfor Vevring (fra rapport # 3, fig.8)

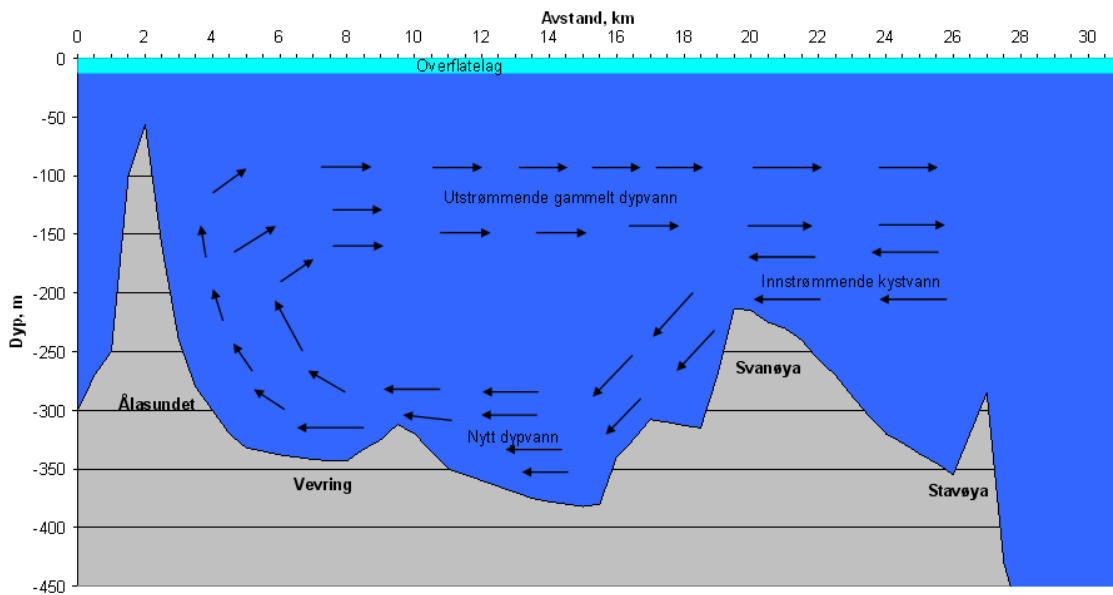


Fig.7 Dypvannsutskiftning i Førdefjorden (prinsippskisse).

Konklusjonen blir at HI etter vår mening har lagt for liten vekt på betydningen av at vannmassene i Førdefjorden er sjiktet (se figur 6 ovenfor) og at sjiktningen vil være en barriere for opptrengende vann under en dypvannsutskiftning, slik at gammelt bassengvann (under terskeldyp), strømmer ut ved midlere vandyp (100-150 m) (se figur 7 ovenfor). Tilfeller med svært svak sjiktning i overflatelaget (som er en forutsetning for HI sine argumenter) vil forekomme svært sjelden i Førdefjorden (pga betydelig ferskvannstilførsel selv i de tørreste delene av året).

2.8 Ad.8.

Vi konkluderer at det ikke på noen måte er sannsynliggjort at finfraksjonen vil bindes av Magnafloc. Selv om kjemikaliet skulle virke, er det bare en liten prosentandel som bindes. Derfor vil det dannes en partikkelsky som sprer seg i fjordsystemet utover det arealet som betegnes som deponeringsområde. Siden utslippsrøret stadig må heves, vil partikkelskyen dannes grunnere og grunnere, og etter noen år er sannsynligheten stor for at den også sprer seg ut forbi terskelen ved Svanøy. Periodevis kan utskiftningen av dypvannet løfte partikkelskyen enda høyere, og oppadstigende mellomlagsstrømninger kan også føre partikkelskyen helt opp til brakkvannslaget i overflaten. Våre betraktninger viser også at det påvirkede bunnareal, og også vannmasser, vil komme til å bli fem-doblet i forhold til det som er antatt i KU.

NIVAs kommentarer:

I KUen er kun gjengitt innledende forsøk med utsynking av partikler og bruk av flokkuleringsmiddelet Magnafloc. Det er således riktig når HI konkluderer med at det ikke er tilstrekkelig dokumentert i KUen at Magnafloc virker når mengden som tilsettes avgangen er i samsvar med planlagt dose gitt i utslippssøknaden. Innledende forsøk (rapport #1) ble utført med alt for høye konsentrasjoner av Magnafloc (det står også i rapporten). Det er også påpekt i rapporten at for høy dosering gir dårlig flokkuleringseffekt. Dette innledende forsøket ble fulgt opp med nye eksperimenter i en forsøkstank,

men resultatene var ikke klare da KUen ble sendt på høring. Dette er således resultater som HI ikke har hatt anledning til å vurdere. Resultatene er nedenfor presentert grafisk i fig.8.

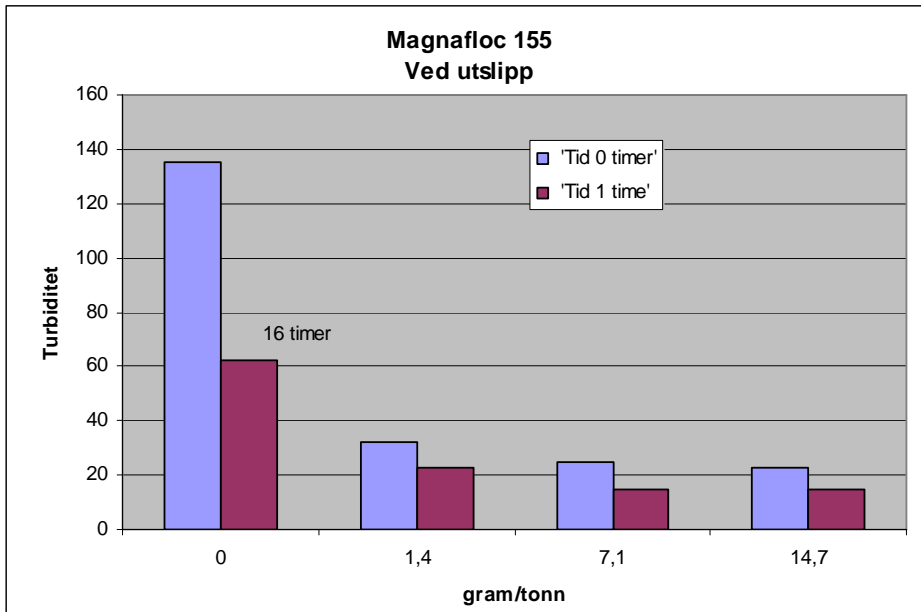


Fig.8. Endring i turbiditet i forsøktanken ved ulike mengder tilsatt Magnafloc (gram/tonn eller mg/kg). Målinger er gjort umiddelbart etter tilsats av avgang i forsøktanken (blå søyler) og etter 1 time (fiolette søyler), med unntak av forsøket uten tilsats av Magnafloc hvor måling ble gjort etter 16 timer.

En flokkuleringseffekt på ca. 76- 81 % sammenlignet med sedimentering uten Magnafloc oppnås når doseringen er i området 1,4 – 7,1 mg/kg og flokkuleringen er spontan, dvs. små partikler i avgangen fra utslippet på Engebø synker ut kort tid etter at utslippet forlater rørmunningen. Så mye som 83-89 % av små partikler synker ut i løpet av maksimalt en time. Hvis strømhastigheten nært bunnen er 3 cm/sek vil vannmassen forflytte seg 108 m i løpet av en time.

De resterende uttalelsene i dette avsnittet er allerede kommentert. Hovedforskjellen mellom HIs og NIVAs oppfatning av hvordan finfraksjonen vil spres er at HI mener at partiklene spres horisontalt fra utslippsrøret som en sky (se HIs skisse i vedlegg 1 i høringsuttalelsen, Vedlegg B) og at jo høyere utslippsrøret kommer til å ligge jo høyere oppe i vannmassen skjer den horisontale spredningen. NIVA mener at avgangen brer seg som en tetthetsstrøm som synker ned mot bunnen og hvor de fineste partiklene brer seg i et vannlag 10-20 m over bunnen innenfor terskelen ved Hegreneset og at HIs skisse i vedlegg 1 i høringsuttalelsen dermed er misvisende. Det som eventuelt måtte spres lengre vil være vannmasser med en partikkelkonsentrasjon som er så lav at det har ingen negativ miljøeffekt. Bunnarealer som blir påvirket av avgangspartikler som sedimenterer må sees i sammenheng med grad av nedslamming og omfanget er av en størrelse som påvirker bunndyrene negativt.

Konklusjonen blir at nyere forsøk med Magnafloc (etter at KUen var sendt på høring) bekrefter antagelsen om at Magnafloc er et effektivt flokkuleringsmiddel ved dosering slik forutsatt i utslippsøknaden. Det er vesensforskjeller i HIs og NIVAs oppfatning av hvordan slurryen med avgang brer seg etter at den kommer ut av utslippsrøret på dypt vann i Førdefjorden. Det innebærer også at det er store meningsforskjeller om hvor langt finfraksjonen fraktes utover Førdefjorden, hvor høyt opp i vannmassen finfraksjonen forflytter seg og hvor store bunnarealer som påvirkes (i betydning negativ miljøkonsekvens).

Vedlegg A.

Vedlegg – Stokes' lov for partikkelutsynking

Stokes' lov for partiklers synkehastighet i en væske:

$$V = \frac{d^2(\rho_s - \rho_w)g}{18\mu}$$

hvor

V	=	hastighet av partikkelen i vann
d	=	partikkeldiameter
ρ_s	=	partikkelens tetthet
ρ_w	=	væskens tetthet
μ	=	væskens dynamiske viskositet = $\nu \cdot \rho_w$ hvor ν = kinematisk viskositet

Kinematisk viskositet for sjøvann med saltholdighet 35 ved temperatur 10 °C og atmosfærisk trykk er ca. $1.365 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. Med tetthet $\rho_w = 1027 \text{ kg m}^{-3}$ blir dynamisk viskositet ca. $1.40 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$, eller 1.40 centipoise (kilde ITTC¹). Viskositeten til sjøvann varierer svært lite med trykk. Dynamisk viskositet for sjøvann ved 10 °C avtar med bare $4 \cdot 10^{-3} \%$ pr. 10 m dyp (kilde James W. Murray, Univ Washington²), altså 0.12 % ved 300 m dyp. Tettheten øker med ca. 1.3 kg m^{-3} på 300 m dyp.

Stokes' lov gjelder ved laminær strøm rundt partikkelen. Kriteriet for det er at Reynolds tall

$$\text{Re} = \frac{\rho_w V d}{\mu}$$

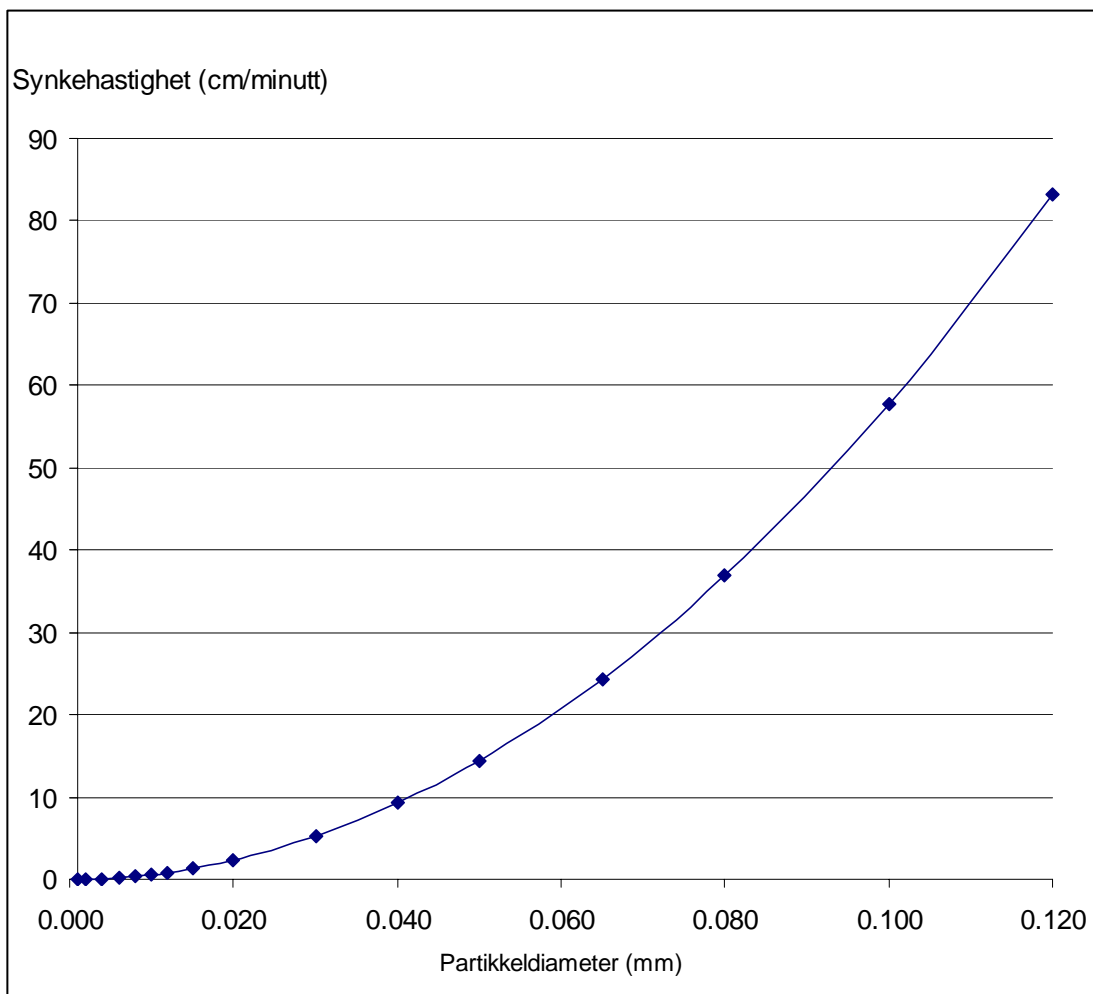
er under en viss grense. Hastigheten stemmer svært godt når $\text{Re} < 0.1$, og med ca. 10 % nøyaktighet for $\text{Re} = 1$. Siden Re øker proporsjonalt med $V \cdot d = d^3$, går det en ganske skarp øvre grense for hvilke partikkelstørrelser Stokes' lov gjelder for. Kolonnene til høyre i tabellen viser Reynolds tall ved beregnet synkehastighet. For denne partikkeltettheten gjelder altså loven for enkeltpartikler med diameter opp til ca. 0.1 mm. Større partikler gir turbulens og derfor lavere synkehastigheter enn beregnet av Stokes' lov.

¹ International Towing Tank Conference, http://ittc.sname.org/2002_recomm_proc/7.5-02-01-03.pdf

² http://www.ocean.washington.edu/courses/oc400/Lecture_Notes/CHPT3.pdf

Med partikkeltetthet $\rho_s = 3500 \text{ kg m}^{-3}$, tetthet av sjøvann i 300 m dyp $\rho_w = 1028.5 \text{ kg m}^{-3}$ og dynamisk viskositet $1.40 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ blir synkehastighet som funksjon av partikkeldiameter som vist i tabellen og figuren nedenfor:

Partikkel-diameter mm	Hastighet (m/s)				Re
	m/s	cm/minu tt	cm/time	m/døgn	
0.1200	0.0139	83.13	4988	1197	1.22
0.1000	0.0096	57.73	3464	831	0.71
0.0800	0.0062	36.95	2217	532	0.36
0.0500	0.0024	14.43	866	208	0.088
0.0300	0.0009	5.20	312	75	0.019
0.0150	0.00022	1.30	78	19	0.0024
0.0100	9.6E-05	0.58	35	8.3	7.07E-04
0.0065	4.1E-05	0.24	15	3.5	1.94E-04
0.0050	2.4E-05	0.14	9	2.1	8.84E-05
0.0035	1.2E-05	0.07	4.2	1.0	3.03E-05
0.0020	3.8E-06	0.02	1.4	0.33	5.65E-06
0.0010	9.6E-07	0.0058	0.35	0.08	7.07E-07



Vedlegg B.

Høringsuttalelse fra Havforskningsinstituttet vedrørende søknad om utslippsuttalelse for utvinning av rutil i Engebøfjellet – Nordic Mining ASA

Fylkesmannen i Sogn og Fjordane
Njøsavegen 2
6863 Leikanger

Deres ref:

Vår ref: 2009/1183

Bergen 28.09.2009

Arkivnr.

Løpenr: 5583/2009

HØRINGSUTTALELSE FRA HAVFORSKNINGSINSTITUTTET VEDRØRENDE SØKNAD OM UTSLIPPSTILLATELSE FOR UTVINNING AV RUTIL I ENGEBØFJELLET - NORDIC MINING ASA

Innledning

Nordic Mining ASA søker om å deponere gruveavgang i Førdefjorden utenfor Engebø.

I Havforskningsinstituttets uttalelse har vi konsentrert oss om det vi anser som viktigst ved en fjordeponering og påpeker de forhold som er mest problematiske. I denne sammenheng er det helt avgjørende at man har klart for seg hvordan utslippet "oppfører seg", både i vannmassene og på bunnen, for at man skal kunne vurdere effektene på økosystemet og de levende ressursene. Derfor har vi gått meget nøye gjennom denne delen av prosjektet og kommentert på konsekvensene av de omsøkte utslippene. Flere steder henviser vi til underlagsrapportene som fulgte konsekvensutredningen. Alle rapportene som vi henviser til, er listet opp i slutten av dokumentet. I teksten er rapportene henvist til ved nummer.

Bruk av kjemikalier

Nordic Mining ASA søker om et årlig forbruk av 10 tonn Magnafloc 155 (heretter forkortet til Magnafloc). Dette er et flokkuleringsmiddel som man vil bruke i et forsøk på å binde finfraksjonen i gruveavgangen. Magnafloc inneholder små mengder av det kreftfremkallende stoffet akrylamid. Magnafloc brukes i mange sammenhenger, blant annet som jordbindingsmiddel og til vannrensing. Miljøkonsekvensene er godt utredet, og man har ikke funnet negative effekter. Vi er enige i at utslipp av Magnafloc ikke forventes å få negative økologiske effekter i fjorden.

Kommentarer om stoffets evne til å binde finfraksjonen behandles nedenfor.

Utslipp av gruveavfall

Nordic Mining ASA søker om utslipp av opp til 4 mill. tonn gruveavgang per år de første 10-15 år (dagbruddsdrift) og opp til 6 mill. tonn i etterfølgende år (underjordsdrift). I det totale utslippet til Førdefjorden vil den såkalte finfraksjonen, dvs. partikler mindre enn ca. 0,02-0,04 mm, utgjøre omlag 15 % av totalutslippet (# 34). Dette medfører et utslipp av opptil 600.000 tonn per år av

finpartikulært materiale de første 10-15 år, mens det etter denne perioden vil øke til omlag 900.000 tonn per år. Omlag 60 % av avgangen er grovere enn sand og vil derfor sedimentere i nærområdet til utslippsrøret ved Engebø. Det er oppgitt at dypvannsdeponiet (grovfraksjonen) etter 40-50 års gruvedrift vil dekke et areal på omlag 3 km² eller ca. 25 % av sjøarealet på 300 m dyp innenfor terskelen ved Svanøy. Toppunktet av deponiet vil heves fra ca. 300 m dyp (naturlig sjøbunn) i starten til ca. 200 m dyp etter 10-15 år og til ca. 150 m dyp etter avsluttet drift (# 32).

Avgangsrørets plassering vil til enhver tid være < 50 m over deponiet (sjøbunnen i starten). I våre beregninger setter vi høyden av avgangsrøret over deponi til å være 25 m (se under). Se figuren i Vedlegg 1 for en prinsippskisse av strømsystemet i en fjord og spredning av partikler.

På grunn av den store hastigheten på gruveavgangen ut av utslippsrøret og fallhøyden fra utslippsrøret langs deponiet til naturlig sjøbunn, vil store deler av finfraksjonen (600.000 – 900.000 tonn per år) suspenderes og danne en partikkelsky i fjorden. Synkehastigheten for partikler på 0,02 mm er oppgitt til ca. 2,4 m per døgn og avtar til ca. 0,15 m per døgn for partikler på 0,005 mm.

Den lave synkehastigheten øker sannsynligheten for at finfraksjonen av utslippet vil spres med tidevannsstrømmer og periodevise innstrømninger (vår/sommer) i fjordbassenget mellom Engebø og utover mot terskelen (220 m) ved Svanøy.

Utslipet har en restmengde av ferskvann og er blandet før utslipp med sjøvann. Avhengig av hvor mye sjøvann som blandes inn i utslippet, vil vannfasen i utslippet ha mindre tetthet enn dypvannet. Ettersom mer og mer av partiklene synker ut, kan utslippsskyen med restinnhold av finpartikulært materiale til slutt bli lettere enn dypvannet. Da vil utslippsskyen få oppdrift og kunne spre seg oppover i vannmassene og ha en vesentlig betydning for den vertikale fordelingen av partikler.

Ettersom deponiet øker, vil avgangsrøret heves og resuspensjonen øke. Luft i utslippsledning, økt ferskvannsutslipp eller ras i deponiet kan også være med på å øke resuspensjonen.

Spredningen av finfraksjonen er avhengig både av strømforholdene og avgangsrørets høyde over naturlig sjøbunn. Etter 5-7 år er avgangsrøret allerede hevet med omlag 50 m fra 275 m til 225 m dyp, som er nær terskeldypet på ca. 220 m. Vannutskiftningen øker erfaringsmessig fra de dypeste partiene av fjordbassenget mot terskeldypet. Det forventes derfor at finfraksjonen fra utslippet etter hvert spres over større deler av fjorden innenfor terskelen, og partikkelskyen vil også periodevis kunne transporteres utover terskelen ved Svanøy.

Etter 10-15 år er det oppgitt at avgangsrøret heves til omlag 175 m dyp (# 32), dvs. over terskeldypet på ca. 220 m. Mellom terskeldypet og overflatelaget er det i fjordene ved siden av tidevannsstrømmene også betydelige vannutskiftninger forårsaket av trykkforandringer i kystvannet utenfor (intermediære strømmer). Beregninger utført med "Fjordmiljø"-modellen ved Havforskningsinstituttet viser at midlere oppholdstid av vannet over terskeldypet mellom Svanøy og Engebø er omlag 11 døgn mens synketiden for finpartiklene fra avgangsrøret (på 175 m dyp) til under terskeldypet er ca. 17 døgn. Dette medfører at etter 10-15 års drift vil en ukjent del av de omlag 900.000 tonn per år av finpartikulært materiale også kunne spres utover terskelen ved Svanøy, ca. 20 km utenfor utslippet ved Engebø. Spredningen av partikler til fjordområdet utenfor Svanøy vil gradvis øke ettersom avgangsrøret heves oppover til ca. 125 m dyp, ca. 25 m over makshøyden på deponiet ved avsluttet drift.

Hydrografiske målinger tyder på at det skjer store naturlige vertikalflytninger av vann i forbindelse med vannutskiftninger både over og under terskeldypet på 220 m. Ved innstrømning av

vann i dypere lag av fjorden har det vært observert oppløfting av vann i størrelsesorden 100 m. Dette tyder på at særlig i den siste fasen av driften når utløpet av avgangsrøret heves opp mot 125-150 m dyp kan det være økt risiko for at finpartikulært materiale periodevis kan transporteres opp mot overflatelaget.

Bruk av Magnafloc til binding av finfraksjonen

Det er oppgitt at det skal tilsettes ca. 10 tonn av flokkuleringsmiddelet Magnafloc per år til finfraksjonen på ca. 600.000-900.000 tonn (dvs. at vekten av Magnafloc vil utgjøre 0,001-0,002 % av vekten av finfraksjonen). Det har imidlertid ikke vært mulig å finne dokumentasjon for at Magnafloc har effekt på sedimenteringen av finpartikler i store gruveutslipp. I et enkelt forsøk i laboratorium, ved bruk av suspendert finfraksjon (< 0,01 mm) i et 1 liter glass, ble det påvist ca. 20 % reduksjon i turbiditeten (# 1). I forsøket var vannet stillestående og konsentrasjonen av Magnafloc var flere tusen ganger større enn prosenten på 0,001-0,002 i utslippet (se over). Det bør derfor stilles spørsmål om tilsetting av 10 tonn/år av Magnafloc vil ha noen betydning for sedimenteringen av det finpartikulære materialet fra gruveavgangen.

For å illustrere dimensjonene av bunnbelastningen av finpartikulært materiale fra gruedriften, har vi beregnet mengden av sedimentert finfraksjon i Førdefjorden mellom Svanøy og Engebø etter ca. 50 års drift. Vi forutsetter at 80 % av finfraksjonen sedimenterer i dette fjordområdet. Fordelt over ca. 15 km² (dypere enn ca. 250 m) vil det i middel på hver kvadratmeter sedimentere ca. 1,8 tonn finfraksjon som tilsvarer en sedimenthøyde på ca. 1,3 meter. I praksis vil sedimentering av finfraksjonen være størst i de indre delene av fjorden nærmere utslippsledningen ved Engebø, hvor sedimenthøyden trolig vil kunne komme opp i 3-4 m over naturlig sjøbunn. Dette er altså utenfor, og kommer i tillegg til, den store kjeglen av sand som dannes rett ved Engebø.

Oppsummering om utslipp av gruveavgang og Magnafloc

Vi konkluderer at det ikke på noen måte er sannsynliggjort at finfraksjonen vil bindes av Magnafloc. Selv om kjemikaliet skulle virke, er det bare en liten prosentandel som bindes. Derfor vil det dannes en partikkelsky som sprer seg i fjordsystemet utover det arealet som betegnes som deponeringsområde. Siden utslippsrøret stadig må heves, vil partikkelskyen dannes grunnere og grunnere, og etter noen år er sannsynligheten stor for at den også sprer seg ut forbi terskelen ved Svanøy. Periodevis kan utskiftningen av dypvannet løfte partikkelskyen enda høyere, og oppadstigende mellomagsstrømninger kan også føre partikkelskyen helt opp til brakkvannslaget i overflaten. Våre betraktninger viser også at det påvirkede bunnareal, og også vannmasser, vil komme til å bli fem-doblet i forhold til det som er antatt i KU.

Avrenning fra gråbergsdeponi og bruk av ferskvann

Delrapport # 11 konkluderer med at Grytaelva "vil bli påvirket av sigevann, sprengstoffrester og partikulært materiale samt oljerester fra det planlagte gråbergsdeponiet dersom ikke tiltak iverksettes for å avskjære avrenningen fra deponiet. Uten tiltak vil dette ha konsekvenser for drikkevannskvaliteten og vannkvaliteten generelt. Sigevannet fra gråbergsdeponiet kan føre til at det blir mer tungmetaller i elva". I følge Nordic Mining skal "Sigevann fra gråbergsdeponiet samles opp og brukes som industrivann i anleggene på Engebø", men det finnes ingen nærmere beskrivelse av hvordan de planlegger å samle opp alt sigevannet fra det 460 dekar store deponiområdet.

Nordic Mining skal også søke NVE om bruk av ferskvann til industriprosessene som krever mye vann. Dette er foreløpig ikke gjort, og vi vet ikke hvilke vann og vassdrag som blir berørt. Det betyr at det er uavklarte spørsmål om konsekvenser for laks, sjøaure og ål.

I delrapporter til KU-en nevnes fjorddeponiet i Jøssingfjord (Titania Gruver) som eksempel på et godt prosjekt. Fra gruveaktiviteten ved Titania Gruver går det imidlertid store mengder prosessvann ut i fjorden. I følge bedriften er vannet rensert og inneholder ikke problematiske stoffer, men vi har ved selvsyn sett at vannet er blakket og sikten i vannet er nesten null ved utslippet. Dette kan ha betydning for f.eks. planteplanktonproduksjonen. Vi konstaterer at selv etter 60 års gruvedrift har man ikke helt kontroll på prosessvannet.

Fjordens økosystem

Et fjordøkosystem består av fysiske og biologiske elementer i samspill. Kunnskap om strømforhold og lagdeling av fjordvannet, og størrelse og frekvens på utskiftning av "gammelt" vann er meget viktig for å forstå de biologiske prosessene i et fjordøkosystem. Dette er også viktig for å forstå effekten av utslipp på organismene og de biologiske prosessene i en fjord.

Nær utslippspunktet hvor det stadig tilføres masser vil bunndyr utradere helt og bunntilknyttede fisk vil miste sitt habitat. Effekten på bunndyrene vil endre seg med avstanden til utslippet. Fisk og plankton i vannmassene vil også bli påvirket. Generelt kan man si at deler av økosystemet blir satt helt ut av funksjon så lenge deponeringen pågår, og andre deler blir i varierende grad påvirket. Graden av påvirkning er vanskelig å forutse siden vi ikke vet nok om tetthet og utbredelse av partikkelskyene. Nede i det bunnære vannet vil sannsynligvis tettheten av partikler være så stor at hverken fisk eller andre dyr kan leve i dette området. I andre deler av vannsøylen antar vi at det vil være varierende grader av påført stress og atferdsreaksjoner alt avhengig av art og partikkelkonsentrasjoner.

Bunnen av Førdefjorden og bunnorganismene er godt undersøkt (# 9). Resultatene (ømfintlighetsindeks) viser en overvekt av arter som krever gode forhold. Dette indikerer meget god tilstand i fjorden. Videre viser artsmangfoldindeksene som er benyttet, også en god eller meget god tilstand i fjorden. Konklusjonen er at bunnfaunaen i Førdefjorden er nokså rik (artstall, individtall) sammenlignet med bunnfaunaen i andre vestlandsfjorder. Når bunnorganismene utradere, mister ikke bare bunnfisk næringsgrunnlaget sitt, men den økologiske funksjonen til bunndyrsamfunnet med nedbrytning av døde plante- og dyrerester og frigjøring av næringsstoffer forsvinner.

I KU-en har en undersøkt og vurdert effektene av deponiet på dypvannsfisk, kommersielle fiskebestander og oppdrettsanlegg (se under). Effekter på mindre fisk og plankton er derimot ikke vurdert i en egen rapport selv om disse utgjør en viktig del av næringskjeden i fjorden. Delrapport # 18 påpeker at mange arter av dypvannsfisk spiser organismer som lever på bunnen (dypvannsreke) eller i vannsøylen (lysprikkfisk, krill, pelagiske reker, hoppekreps, laksesild). Disse siste er vertikalvandrende organismer som beveger seg gjennom store deler av vannsøylen i løpet av døgnet. *"Eventuelle negative effekter på disse artene ved deponering av avgangsmasser i dypbassenget vil også kunne få følger for mange av fiskebestandene i fjorden gjennom redusert vekst eller skifte av beiteområde"* (# 18).

Fiskeressurser

Laks

I Stortingsproposisjon 32 (2006-2007) **Om vern av villaksen og ferdigstilling av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder** står følgende som begrunnelse for å opprettholde nasjonale laksevassdrag og laksefjorder: *”Formålet med nasjonale laksevassdrag og laksefjorder er å gi et utvalg av de viktigste laksebestandene i Norge en særlig beskyttelse mot skadelige inngrep og aktiviteter i vassdragene og mot oppdrettsvirksomhet, forurensing og munningsinngrep i de nærliggende fjord- og kystområdene.”*

To større vassdrag renner ut i Førdefjorden, Naustavassdraget og Jølstervassdraget. Begge har selvreproduserende laksestammer. *”Laksestammen i det nasjonale laksevassdraget Nausta og andre laksestammer i den nasjonale laksefjorden Førdefjorden må vandre gjennom prosjektområdet til og fra oppvekstområdene i havet. Fysiske inngrep i prosjektområdet som kan ha negative effekter på laksevandringen, vil følgelig også ha negativ påvirkning på verneverdiene i de to aktuelle verneområdene”* (# 8).

Delrapport # 8 har vurdert om den planlagte gruvedriften vil påvirke laksesmolt fra Nausta under deres vandring i Førdefjorden, og ut fra informasjon om påvirkningsfaktorer som sprengning, anleggsstøy, lys og støv, konkluderes det med at gruvedriften sannsynligvis vil ha *”små til middels negative”* konsekvenser for laksebestanden i Nausta. Samtidig understrekes det at det er knyttet *”betydelig usikkerhet”* til hvordan sprengning vil påvirke utvandrende laksesmolt (pga. et begrenset datamateriale). Det er heller ikke vurdert effekter på utvandrende vinterstøinger eller innvandrende gytefisk.

Det er fortsatt usikkert hvordan laksen finner tilbake til sin barndoms elv for å gyte, men det er antatt at lukt og kjemiske stimuli spiller en rolle i navigeringen det siste stykket frem til elvemunningen. Endringer og variasjoner i fjordvannets kjemiske karakter kan derfor tenkes å påvirke laksens evne til å finne tilbake til elven.

Vi kan ikke se at man per i dag har et tilstrekkelig empirisk grunnlag til å kunne vurdere hvilke konsekvenser gruvedriften vil ha på laksebestanden i Nausta. I følge Kap. 6.3 i Stortingsproposisjon 32 (2006-2007) skal føre-var-prinsippet anvendes ved manglende kunnskap.

Kysttorsk

Kysttorskbestandene er generelt i tilbakegang, noe som har ført til nye vernetiltak (fredning av viktige gytefelt, forslag om nye forskrifter om gytefelt/torskeoppdrett). Alvoret i situasjonen kommer klart fram i vurderingene til det internasjonale havforskningsrådet ICES, som i flere år har anbefalt stopp i fiske. I motsetning til den vandrende skreien er kysttorsken mer stedbunden – den vandrer i fjordsystemene og på kysten, men har oftest klart definerte og begrensede gytefelt innenfor de enkelte fjordene. Egg og torskelarver er pelagiske og følsomme overfor ulike påvirkninger, inkludert ulike former for forurensning. Betydningen av de lokale gytefeltene er vektlagt gjennom de registreringene som er gjennomført i regi av Fiskeridirektoratet. Disse viser at det er flere lokale gytefelt i Førdefjorden som vil bli berørt av den planlagte virksomheten. Vi vil spesielt vise til gytefeltet i Redalsviken innenfor Grytaskjeret der Grytaelva munner ut. Sprengningsstøv, mulig tilførsel av sigevann fra gråbergsdeponi og en reell risiko for utslipp av store mengder sedimenter ved et eller flere tilfeller (# 8) gjør dette feltet svært utsatt. Videre er det overveiende sannsynlig at sprengningene rett ved vil skremme bort gytetorsken da torskefisk er meget følsom overfor lydtrykk (# 24).

Betydningen av slike lokale gytefelt for kysttorsk understrekes også gjennom de tiltak som fiskerimyndighetene har foreslått. Fiskeridirektoratet kartlegger og dokumenterer nå kysttorskens gytefelt. Dette er viktig for å kunne sikre og gjenoppbygge kysttorskbestandene gjennom blant annet tiltak som beskytter viktige lokale gytefelt.

Ål

Vassdraget Grytaelva på østsiden av Engebøfjellet tillegges middels stor verdi i KU, først og fremst på grunn av bestanden av ål i denne elven. ”De forholdsvis gode fangstene av ål av ulik størrelse og alder, tilsier at Grytaelva er et viktig oppvekstområde for ål med tilhørighet i Førdefjorden” (# 8). Gitt at ålen er oppført på Artsdatabankens rødliste som en kritisk truet art, og at Fiskeridirektøren foreslår midlertidig fredning av europeisk ål fra 2010, mener vi at dette vassdraget burde blitt tillagt større verdi i KU-en.

Sprengningsstøv, sprengningene (sterke lydstimuli), mulig tilførsel av sigevann fra gråbergsdeponiet og en reell risiko for utslipp av store mengder sedimenter ved et eller flere tilfeller (# 8) i en elv som er et viktig oppvekstområde for ål (rødlisteart), og som renner ut i et gyteområde for kysttorsk (rødlisteart), gjør at de negative konsekvensene av gruvedrift for fiskesamfunn i Grytaelva etter vår mening bør vurderes som større enn kun ”små negative” (# 8).

Dypvannsfisk

Deponiet vil ødelegge hele eller deler av habitatet for flere dypvannsfisk, deriblant rødlisteartene vanlig uer, blålange, lange, spisskate og pigghå (hhv rødlistet som sårbar, sårbar, nær truet, truet og kritisk truet). Relativt strenge reguleringer er satt i verk for å bygge opp bestanden av uer. Videre mister breiflabb gyteområder i den ytre delen av fjorden.

Artene av dypvannsfisk i Førdefjorden finnes også i nabofjorder og tilgrensende havområder. Rekrutteringsmekanismer for fjordbestander av dypvannsfisk i Norge er lite kjent, så vi vet ikke om det finnes lokale bestander i hver fjord eller i hvilken grad de blander seg.

Skalldyr

Hele ytre del av Førdefjorden utgjør ett stort rekefelt iflg. Fiskeridirektoratet, Region Vest. ”Om lag 40 % av rekefeltet vil bli brukt som deponi” (# 21). Vi har sannsynliggjort at finfraksjonen vil dekke hele den ytre delen av Førdefjorden noe som betyr at tilnærmet hele rekefeltet vil ødelegges. Reke er viktig føde for bunnfisk, bl.a. torsk. Hvilken effekt en mulig reduksjon av rekebestanden har for kysttorsken vet vi ikke.

Sjøkrepsen er avhengig av leire eller mudder som den kan grave hulene sine i. Den vil som reken forsvinne ved deponering av avgang på bunnen.

Sjøaure

Mengden aure i Støselva og Grytaelva er undersøkt, og påvirkninger på disse bestandene er vurdert med hensyn til partikkelinnhold i elven (fra sprengningsstøv og utilsiktede uhell) (# 8). I motsetning til Støselva er det sjøaure i Grytaelva. Sjøaure oppholder seg i fjord- og kystområder når den går ut i sjøen, i motsetning til laksen som går ut i havet. Det finnes lite kunnskap om hvor de viktigste nærings- og overvintringsområdene til sjøaure i Førdefjorden er, og vi vet ikke hvordan et eventuelt forhøyet innhold av partikler i fjordvannet vil influere på næringstilgangen til sjøaure.

Oppdrett og fiskeri

Oppdrett

Delrapport # 24 konkluderer: *”Når fisk eksponeres for sterke lydstimuli, spesielt i form av impulslyd, vil den prøve å unngå lydkilden. Oppdrettsfisk i merd har ingen fluktmuligheter, noe som kan resultere i at det oppstår panikk med påfølgende skader som følge av kollisjoner med notveggen. Dersom fisketettheten er høy, kan det oppstå klemskader og mangel på oksygen”.*

Vi viser ellers til høringsuttalelsen fra Fiskeridirektoratet, Region Vest.

Fiskefelt

I følge Fiskeridirektoratet er det registrert store mengder skolest i fiskefeltene i Førdefjorden (# 21). Skolest er en art som i dag ikke utnyttes kommersielt i Norge, men som er i ferd med å få økonomisk betydning. Bestanden av skolest i dypbassenget i ytre del av fjorden vil sannsynligvis forsvinne ved et eventuelt deponi (# 18). Sjøkreps, en av de best betalte artene i norsk fiskeri, utnyttes i dag kommersielt i Førdefjordsområdet. Denne ressursen vil få innskrenket og forringet leveområdet sitt ved et eventuelt deponi, slik rekefeltet som dekker store deler av ytre Førdefjorden, vil utraderes i deponiet og forringes i resten av fjorden. Videre viser oversiktskart over fiskefelt utarbeidet av Fiskeridirektoratet (# 21), at flere felt (lyr, brosmes, lange, lysing, sei) vil bli påvirket av selve deponiet. Disse feltene vil sannsynligvis bli forringet i større eller mindre grad avhengig av dybdefordelingen av artene.

”Fiskefeltene kan også bli forringet indirekte ved at tiltaket kan føre til endringer i verdikjeden og det er usikkerhet omkring hvordan næringsdyr for større fisk vil bli påvirket av deponeringen. En negativ effekt på disse organismene vil redusere fiskefeltenes verdi ytterligere” (# 21).

Vertikal forflytning av vannmasser (av suboptimal karakter), kan ha negativ effekt på fisk i øvre vannlag. Slike vannutskiftninger skjer sannsynligvis hyppigst på sen vinteren/våren med potensielle negative effekter på gytingen (# 21).

Vurdering av bærekraftig bruk og økologisk kvalitet

I de senere år har det kommet en rekke stortingsmeldinger og stortingsproposisjoner som setter høye miljømål for kyst og havområder, og formålet med Vannforskriften som nå implementeres i hele landet, er nettopp å sikre en best mulig beskyttelse og bærekraftig bruk av våre vannmasser.

For å kunne vurdere hva som er en akseptabel påvirkning i et fjordsystem og hva som er en bærekraftig bruk av fjorden, vil vi ta for oss noen prinsipper fra den nye Vannforskriften. Førdefjorden ligger i vannregion 4. Hordaland og Sogn og Fjordane, men Vannforskriften er foreløpig ikke implementert siden det blant annet ikke er laget noen reguleringsplan for denne delen av vannregionen. Men prinsippene i, og intensjonen bak forskriften, bør etter vår mening brukes som en ledetråd ved vurdering av tiltaket.

Vannforskriften stiller i § 4 (miljømål for overflatevann) et generelt krav om at:

”Tilstanden i overflatevann skal beskyttes mot forringelse, forbedres og gjenopprettes med sikte på at vannforekomstene skal ha minst god økologisk og god kjemiske tilstand, i samsvar med klassifiseringen i vedlegg V, og når det gjelder kjemisk tilstand også oppfylle kravene i forskrift om begrenset av forurensning (forurensningsforskriften) kapittel 17.”

Overflatevann betyr her alt vann som ikke er grunnvann, i dette tilfelle kystvann, slik at fjorder kommer innenfor dette begrepet.

§ 12 regulerer ny aktivitet eller nye inngrep. Her gjelder at det kun er tillatt å senke miljøtilstanden for en aktivitet som er bærekraftig, og kun fra meget god til god tilstand. Forhold som gir dårligere enn god tilstand for en hel vannforekomst (dvs. en større del av en fjord) aksepteres altså i utgangspunktet ikke – som hovedregel.

I forskriftens vedlegg V defineres hva som er svært god, god og moderat økologisk tilstand i kystvann. Det defineres for planteplankton, makroalger og bunnlevende virvelløse dyr. Nedenfor siteres det som gjelder for bunndyr.

Svært god tilstand: Mangfold og mengder for virvelløse taksa er innenfor det området som normalt forbindes med uberørte forhold. Alle taksa som er følsomme for forstyrrelser og forbindes med uberørte forhold, er til stede.

God tilstand: Mangfold og mengder for virvelløse taksa er like utenfor det området som normalt forbindes med typespesifikke forhold. De fleste følsomme taksa fra typespesifikke samfunn er til stede.

Deponering av gruveavfall vil for bunndyrenes del medføre så godt som en total utradering i hele virksomhetsperioden som er antatt å vare i 50 år. I deponiet går derfor tilstanden fra *svært god til ikke eksisterende*. I tillegg kommer høyst sannsynlig flere ti-år før området får et nær naturlig sediment og før kolonisering og suksesjon av bunndyr blir fullført.

Vi har også sannsynliggjort at resten av fjordbassenget blir påvirket av unaturlig sedimentering i langt større grad enn det søker angir. Derfor kan bunnforholdene bli negativt påvirket i store deler av fjorden med følger for både bunndyr og bunntilknyttede fisk. Effekten vil avhenge av avstanden til utslippet.

Det er videre å merke seg at dybdeforhold og bunntopografi i fjorden vil bli endret for alltid. Nærmest deponeringsområdet vil vanddypet endres fra ca. 300 til 150 m. I en fjord finnes en sterk sonering av arter med dypet. Det betyr at i deler av deponeringsområdet vil den opprinnelige faunaen ikke komme tilbake. Fjorden blir endret for godt. Dette trenger nødvendigvis ikke bety så mye for bunnens økologiske funksjon på lang sikt, men artsdiversiteten blir endret.

Oppsummering og konklusjon

Konsekvensutredningen bygger på at finfraksjonen av gruveavfallet ikke skal spre seg mye utover selve deponiområdet. Dette bygger blant annet på at finfraksjonen skal kontrolleres og sedimenteres ved hjelp av Magnafloc. Konklusjoner fra konsekvensutredningen om effekter på økosystem og naturverdier bygger på denne antakelsen. Vi kan ikke se at effekten av Magnafloc er dokumentert. Blant annet derfor er vår vurdering av effektene av gruveavfallet langt mer alvorlig enn det som det konkluderes med i KU'en.

Vi vil trekke frem følgende punkter som vi bygger vår konklusjon på:

- laboratorieforsøk med Magnafloc er uten relevans for virkeligheten. I testen er det brukt en konsentrasjon av Magnafloc som er flere tusen ganger høyere enn det som er planlagt brukt i praksis. Det er ingen dokumentasjon på at finfraksjonen i praksis vil bindes

- finfraksjonen av gruveavfallet vil spre seg til store deler av fjorden, og problemene vil øke med tiden
- etter 10-15 år er utslippspunktet over terskeldypet. Da kan suspensjonsskyen som dannes av utslippene av finfraksjonen på opptil 900.000 tonn årlig, spre seg utenfor terskelen ved Svanøy
- etter våre beregninger vil store sedimentmengder spre seg over et areal ca. fem ganger større enn forutsatt i KU-en. Gjennomsnittlig sedimentering ved endt gruvedrift blir 1,3 m i områdene utenfor selve deponiet.
- mellomlagsstrømmer kan periodevis løfte partikkelskyene opp i vannsøylen, muligens helt opp i overflatelagene
- bunndyr og bunntilknyttede fisk, inkludert flere rødlistede og truede fiskearter, vil miste sitt leveområde i deponeringsområdet. I resten av fjorden vil den økte sedimenteringen redusere kvaliteten på bunnen og det bunnære området betydelig – avhengig av avstanden til utslippet
- den rødlistede kysttorsken kan bli negativt påvirket av redusert matmangel i fjorden, sprengninger i Engebøfjellet som ligger tett ved gytedefeltet i Redalsbukten, og endringer i vannkjemi og uhellsutslipp i Grytaelva
- den rødlistede og kritisk truede ålen kan bli negativt påvirket av endringer i vannkjemi, vannføring og uhellsutslipp i Grytaelva
- vandrende laks og smolt fra og til den nasjonale laksefjorden kan bli påvirket av sprengningene i Engebøfjellet og redusert vannkvalitet hvis partikkelskyene når overflatelagene på ugunstige tidspunkt

Vi har vist at det er vesentlige mangler i dokumentasjonen av gruveavfallets skjebne i fjorden og således tolkningen av økologiske effekter. Gjennom våre egne beregninger og vurderinger har vi sannsynliggjort at effekten av de planlagte inngrepene på en rekke fiskearter og økosystemet som helhet blir mer omfattende enn beskrevet i konsekvensutredningen. Etter Havforskningsinstituttets vurdering vil den planlagte aktiviteten utgjøre et meget omfattende inngrep i fjordøkosystemet.

Havforskningsinstituttet konkluderer derfor at det omsøkte utslippet av gruveavgang til fjordeponi i Førdefjorden ikke representerer en bærekraftig bruk av fjorden, og vi fraråder klart at det gis tillatelse til utslipp.

Med hilsen



Reidar Toresen
forskningsdirektør



Guldborg Søvik
forsker

Vedlegg 1. Prinsippskisse av strømmer i fjorder og suspensjonsskyer

Kopi

Fiskeri- og kystdepartementet

Fiskeridirektoratet

Direktoratet for naturforvaltning

Siterte underlagsrapporter

1 Fysisk/kjemiske egenskaper til eklogitt og avgang

8 Konsekvenser av gruvevirksomhet i Engebøfjellet for laksefisk i Nausta, Grytelva og Stølselva

9 Dyrelivet på bunnen av Førdefjorden og bunnsedimentenes sammensetning

11 Overvåking av vannkvalitet i elver og drikkevannsbrønner i nærområdet til gruveområdet på Engebø, Naustdal kommune

18 Dypvannsfisk i Førdefjorden

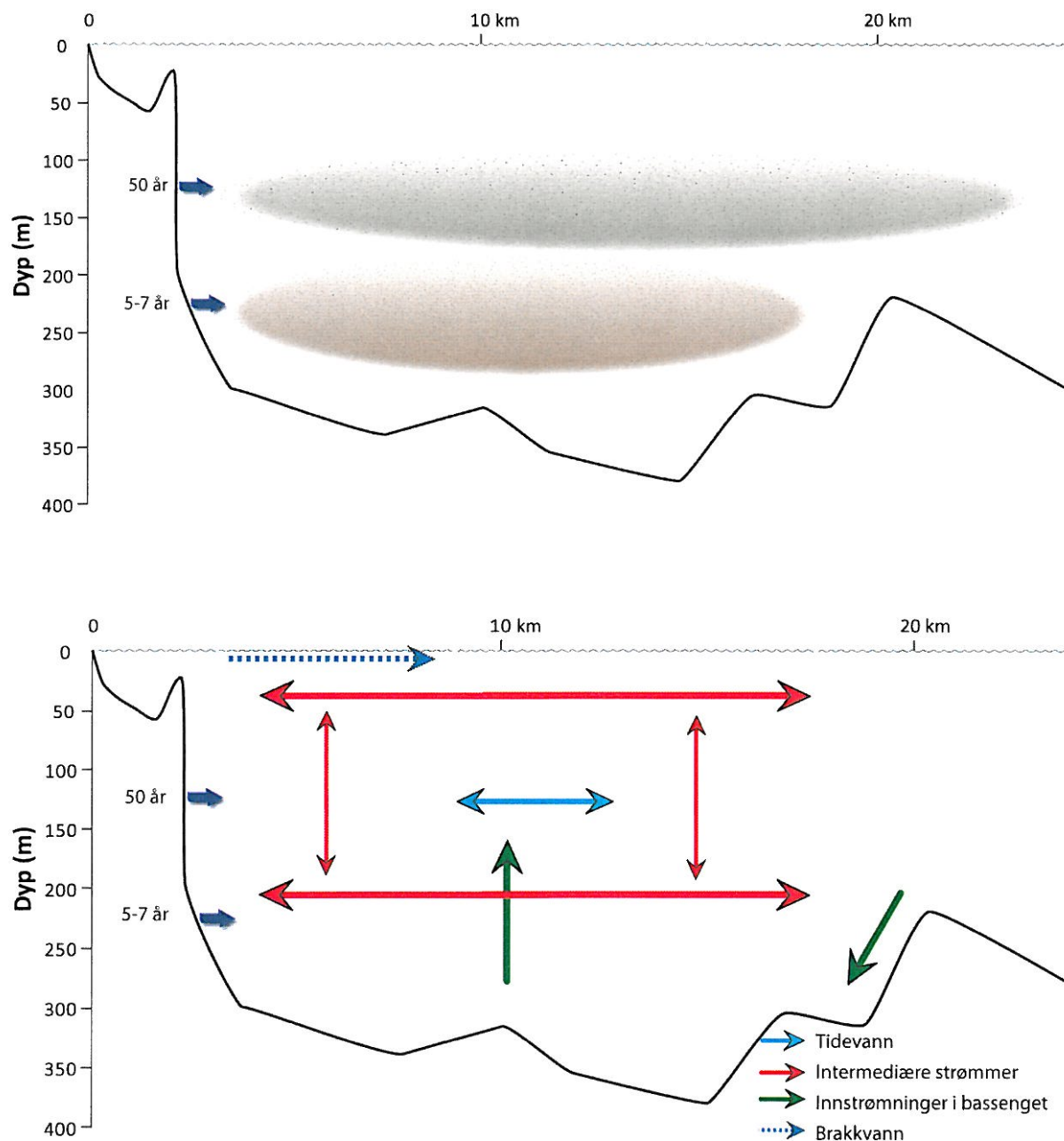
21 Oppdrett og fiskeriaktivitet i Førdefjorden

24 Utvinning av rutil i Engebøfjellet, Naustdal kommune – vurdering av effekter på fisk i oppdrettsanlegg i Førdefjorden

32 Tilleggsvurdering knyttet til strømforhold og potensiell spredning av gruveavgang ved endret deponeringsløsning

34 Rutilutvinning i Engebøfjellet. Konseptbeskrivelse av utslippsarrangement

Vedlegg 1



Figuren viser prinsippskisser over vannstrømmene i en fjord og hvordan vi mener at partikkelskyer av finfraksjonen kan tenkes å spre seg. Små piler viser utslippspunkt etter 5-7 år og 50 år. Vi vet ikke hvor store og tette partikkelskyene vil bli. Dybdeprofilen går fra innerst i Redalsviken til terskelområdet ved Svanøy.

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