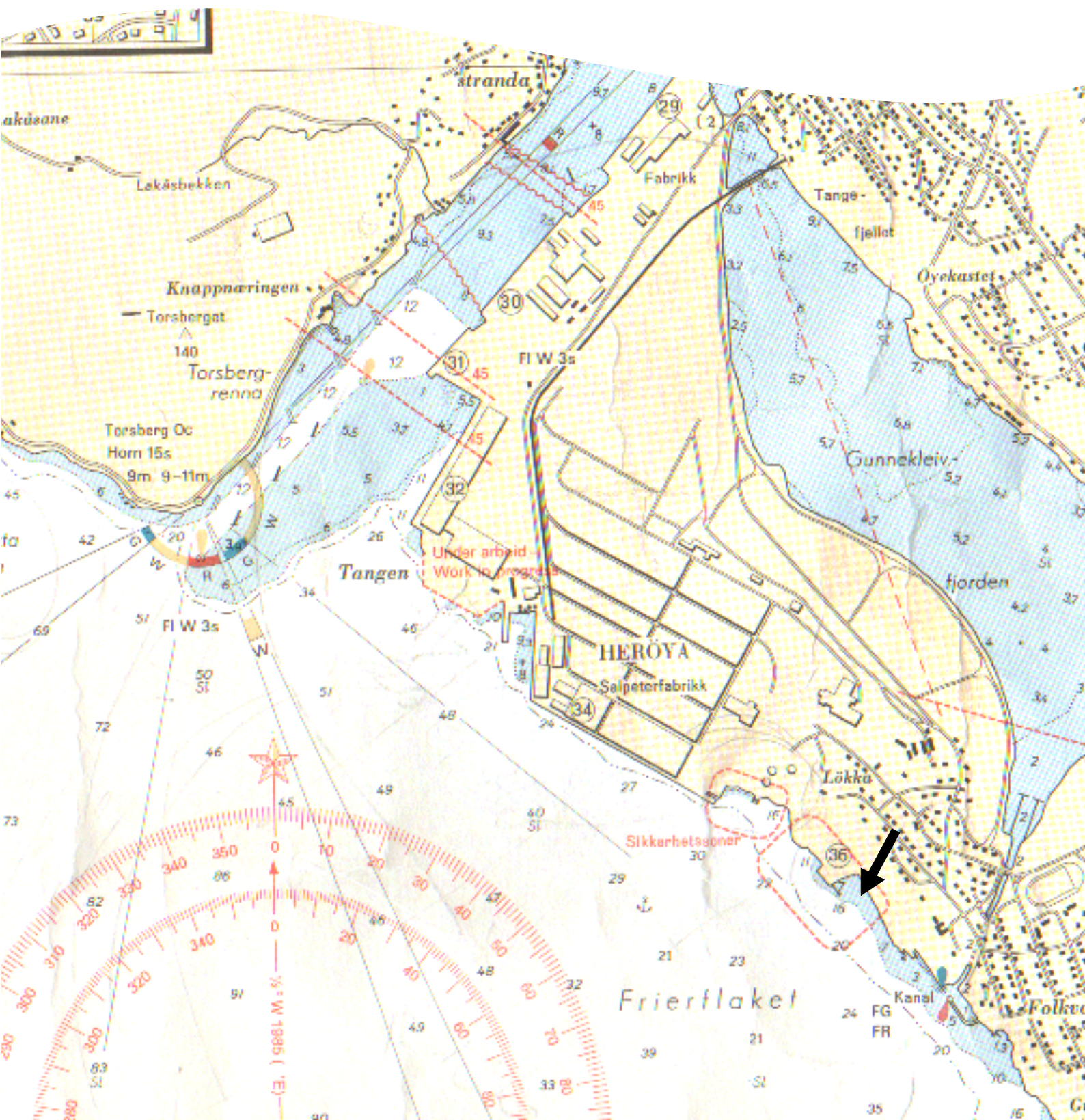


SiC Processing AS

Miljømessig vurdering av utslipp til Frierfjorden fra gjenvinningsanlegg for polyetylenglykol og silisiumkarbid



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

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 2218 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

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

Tittel SiC Processing AS. Miljømessig vurdering av utslipp til Frierfjorden fra gjenvinningsanlegg for polyetylen glykol og silisiumkarbid	Løpenr. (for bestilling) 5701-2008	Dato 8.12.2008
	Prosjektnr. Undernr. 28364	Sider Pris 26
Forfatter(e) Jarle Molvær og Torgeir Bakke	Fagområde Vannkvalitet	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Telemark	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) SiC Processing AS, Porsgrunn.	Oppdragsreferanse Gry Pedersen
---	-----------------------------------

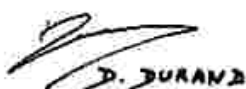
Sammendrag

Det er gjort en vurdering av miljøvirkningen fra utslippet av suspendert uorganisk stoff og organisk stoff til Frierfjorden fra SiC Processing på Herøya. Dagens utslipp til fjordens overflatelag vil bare gi helt lokal påvirkning av vannkvalitet, og neppe virkninger på fisk eller planter. Konsekvensen av et dyputslipp med innlagring av avløpsvannet er også vurdert. Hensynet til oksygenforholdene i fjordens mellomlag tilsier at avløpsvannet da bør slippes ut på omkring 20 m dyp som vil gi innlagring i en vannmasse med god utskiftning og god tilførsel av oksygen. Nedbrytningen av organisk stoff foregår så langsomt at oksygenkonsentrasjonen i denne vannmassen bare i liten grad endres. Hvis et dyputslipp etableres foreslås imidlertid at det gjøres en nærmere vurdering av det samlede oksygenforbruket av flere eksisterende dyputslipp i Frierfjorden.

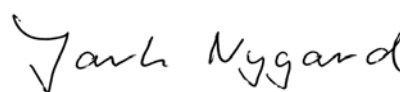
Fire norske emneord 1. SiC Processing 2. Frierfjorden 3. Polyetylen glykol 4. Silisiumkarbid	Fire engelske emneord 1. SiC Processing 2. Frierfjord 3. Polyethylen glycol 4. Silicon carbide
--	--



Prosjektleder



Forskningsleder



Fag- og markedsdirektør

O-28364

SiC Processing AS, Porsgrunn

Miljømessig vurdering av utslipp til Frierfjorden fra gjenvinningsanlegg for
polyetylenglykol og silisiumkarbid

Forord

Den foreliggende rapport er utarbeidet for SiC Processing AS, N-3908 Porsgrunn. Vi takker kvalitetssjef Gry S. Pedersen for godt og konstruktivt samarbeid.

Ved NIVA har Torgeir Bakke og Jarle Molvær arbeidet med prosjektet, og med sistnevnte som prosjektleder.

Oslo, 8.12. 2008

Jarle Molvær

Innhold

Sammendrag	5
1. Bakgrunn og formål for prosjektet	6
2. Data og metodikk	6
2.1 Bedriftens utslipp	6
2.2 Andre tilførsler av suspendert materiale og organisk stoff	9
2.3 Dyputslipp	11
2.3.1 Metodikk	11
2.3.2 Data	12
3. Resultater	15
3.1 Dagens utslipp til overflatelaget	15
3.1.1 Virkning av suspenderte uorganiske partikler	15
3.1.2 Virkning av organisk materiale	16
3.2 Etablering av dyputslipp	18
3.2.1 Innlagringsdyp og fortynning	18
3.2.2 Virkning av suspenderte uorganiske partikler	18
3.2.3 Virkning av organisk materiale	18
4. Sammenfattende vurdering	21
5. Litteratur	22
Vedlegg A. Profiler for innlagringsberegninger	24
Vedlegg B. Forholdstall mellom COD og TOC i avløpsvann.	26

Sammendrag

SiC Processing AS søker om ny konsesjon for utslipp til luft og vann, og heri om konsesjon for utslipp av 250 kgSS/d og organisk stoff tilsvarende 1200 kg KOF/d til Frierfjorden. I den anledning er det gjort en vurdering av miljøvirkninger fra utslipp av slike stoffmengder til Frierfjorden.

Avløpsvannet slippes ut i kanal F17 sammen med kjølevann fra annen virksomhet på Herøya, og blandes direkte inn i fjordens overflatelag.

Utslipet av suspendert stoff til fjordens overflatelag sees tydelig fordi det består av en stor mengde små og mørke partikler, men forsvinner raskt ettersom avløpsvannet fortynnes med det omkringliggende brakkvannet og partiklene etter hvert synker ned gjennom vannmassen. I forhold til Frierfjordens samlede tilførsel av suspendert materiale utgjør dagens utslipp 0,5-1 %. Under vanlige driftsforhold vil dette gi en lokal effekt på vannkvaliteten og noe ekstra nedslamming av bunnen rett utenfor utslippspunktet. Utenfor en avstand på noen 10-talls meter vil konsentrasjonen være så lav at det ikke gir virkninger på fisk eller plankton.

Det organiske stoffet i avløpsvannet nedbrytes forholdsvis langsomt (langsomt oksygenforbruk) og beregninger viser at avløpsvannet ikke vil forårsake noen merkbar endring i oksygenkonsentrasjonen i overflatelaget.

Ved et dyputslipp fjernes avløpsvannet fra overflatelaget, men man mister samtidig effekten av fortynning (ca. 3x) med kjølevann før utslipp til Frierfjorden og avløpsvannet innlagres i en vannmasse som er mer sårbar for økt oksygenforbruk enn tilfellet er for overflatelaget. Utslipp omkring 20 m dyp synes å gi den beste kombinasjonen av innlagring og fortynning. Med normal drift og utslippsmengder vil ikke organisk stoff eller suspendert materiale i avløpsvannet medføre miljøproblemer. Man vil uansett fortsatt se de typiske sesongvariasjonene der oksygenkonsentrasjonen avtar om høsten for deretter å øke utover vinteren.

Hvis et dyputslipp etableres foreslås imidlertid at det gjøres en nærmere vurdering av det samlede oksygenforbruket av flere eksisterende dyputslipp til Frierfjorden.

1. Bakgrunn og formål for prosjektet

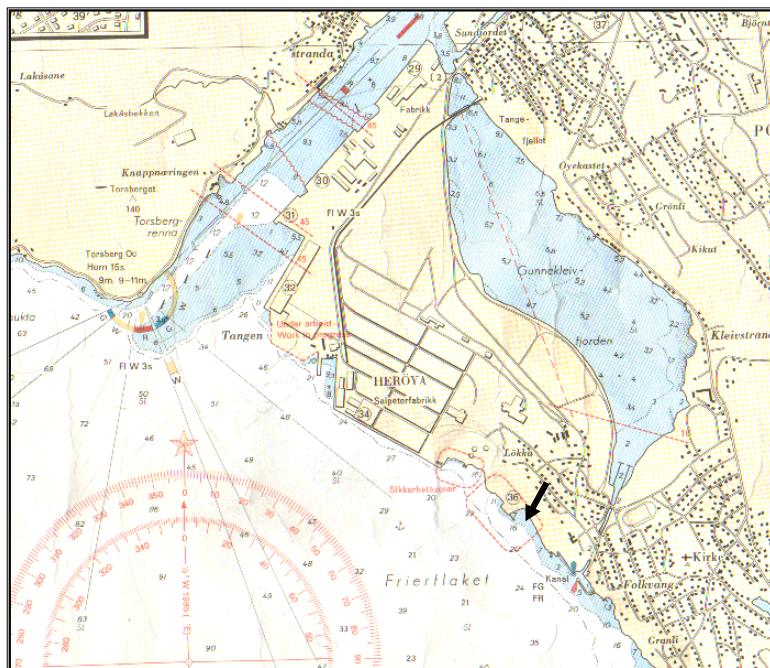
SiC Processing AS gjenvinner silisiumkarbid (SiC) og polyetylenglykol (PEG) fra skjærevæske som er brukt under kutting av silisiumwaferer for bruk i solceller. Bedriften har utslipp fra Herøya til Frierfjorden og avløpsvannet fører SiC og PEG sammen med annet prosessavløpsvann.

Bedriften har en midlertidig utslippstillatelse av 11.4.2008. Formålet med denne rapporten er å bidra til det faglige grunnlaget for en ny utslippssøknad.

2. Data og metodikk

2.1 Bedriftens utslipp

Bedriftens avløp fra SiC 1 og SiC 2 utgjør i dag som gjennomsnitt ca. 16000 m³/d. Avløpsvannet slippes ut i strandsonen på 0,5-1 m dyp i Herøyas østre del gjennom avløpskanal F17 (**Figur 1**). Utslipet av organisk stoff inngår i en delstrøm på 1000 m³/d og med en oppetid på 85 % på årsbasis. Dataene som legges til grunn for videre beregninger og vurderinger er oppsummert i **Tabell 1**.



Figur 1. Frierfjorden og Herøya. Utslipet fra SiC Processing er markert (svart pil).

Tabell 1. Oversikt over utslipp fra SiC 1+ SiC 2 (opplysninger fra SiC Processing AS).

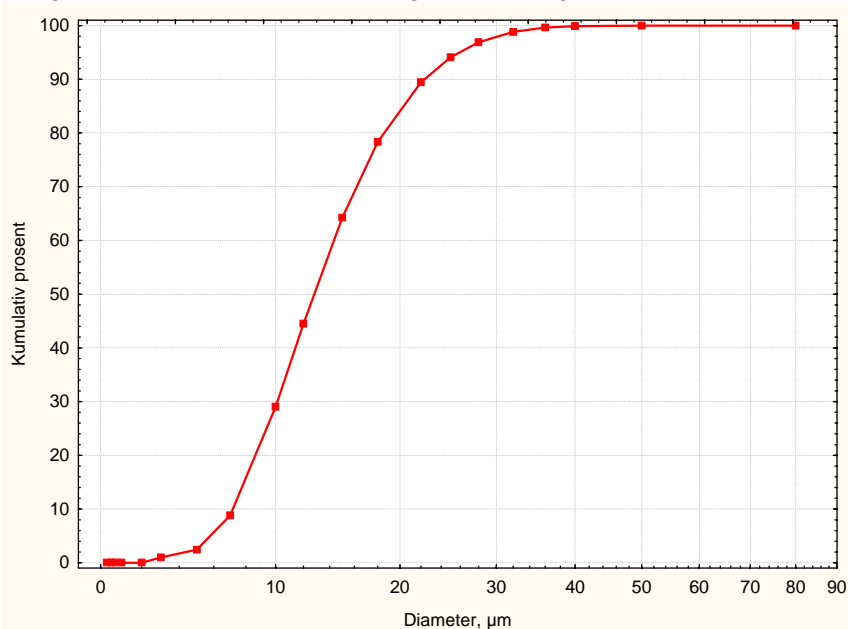
	SiC 1	SiC 2	Sum	Gjennomsnittlig konsentrasjonsøkning, pr. døgn
Prosessvann, kjølevann m.m., m ³ /d	3500	11520	ca.15000	
Delstrøm med KOF og suspendert stoff (SS), m ³ /d	240	768 ¹⁾	ca.1000	
KOF kg/d	800	384 ¹⁾	1150	72 mg O/l ²⁾
SS kg/d	200	50	250	16 mg SS/l ²⁾
Forbruk oksalsyre	150	300	450	28 mg/l ²⁾

1): maksimum

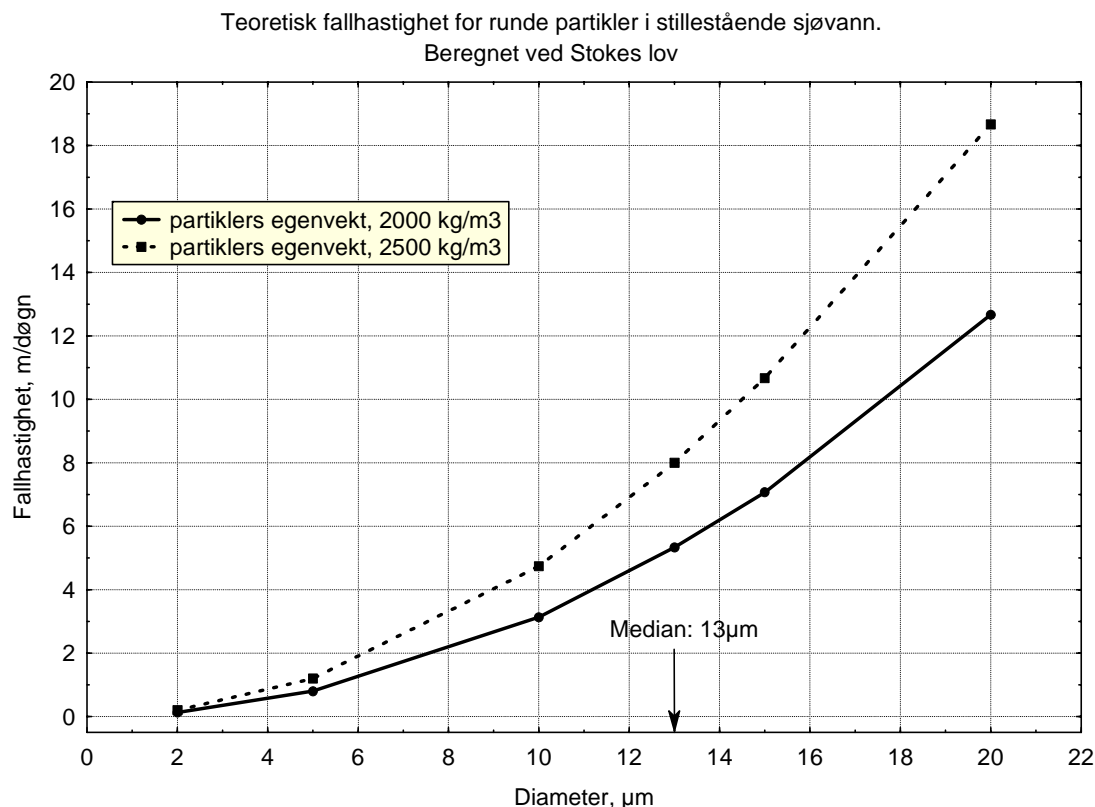
2): For en samlet delstrøm på ca. 15000 m³/d +1000 m³/d = 16000 m³/d eller 0,19 m³/s.
For øvrig oppgir SiC at delstrømmen har pH \approx 7.

Partiklene er mørke og med typisk diameter på ca.8-20 μ m (**Figur 2**), noe som betyr at der er svært mange partikler pr. mg. Partiklene er oftest flate og langstrakte. Sammenlignet med en situasjon der en tilsvarende konsentrasjon skyldes et mindre antall store partikler (som også synker fort) kan mindre partikler i større grad påvirke utseende av overflatelaget og sees av en observatør.

Partiklens synkehastighet i sjøvann er ikke målt, men Stokes lov kan gi et visst inntrykk. Loven gjelder for kuleformede partikler i stillestående vann. Beregnet synkehastighet for partikler med størrelse i intervallet 2-20 μ m er vist i **Figur 3**. For disse er den teoretiske synkehastigheten i stillestående vann grovt regnet 0,1-20 m/døgn. Medianen for partikkelstørrelsen er 13 μ m som tilsvarer en synkehastighet på ca. 5-8 m/døgn. Partiklene fra utslippet har en langstrakt form som kan gi dem noe mindre synkehastighet. På den andre side kan det tenkes at de små partiklene kan aggregere og danne større partikler. Tykkelsen av overflatelaget i Frierfjorden er vanligvis omkring 4 m og tallene ovenfor tyder derfor på at 80-90% av partiklene synker raskt ut av overflatelaget (< 1 døgn) mens de øvrige 10-20% forblir i overflatelaget i flere døgn.



Figur 2. Kumulativ fordeling av partikkelstørrelse. Median er ca. 13 μ m og ca. 95% av partiklene har diameter mindre enn 26 μ m.

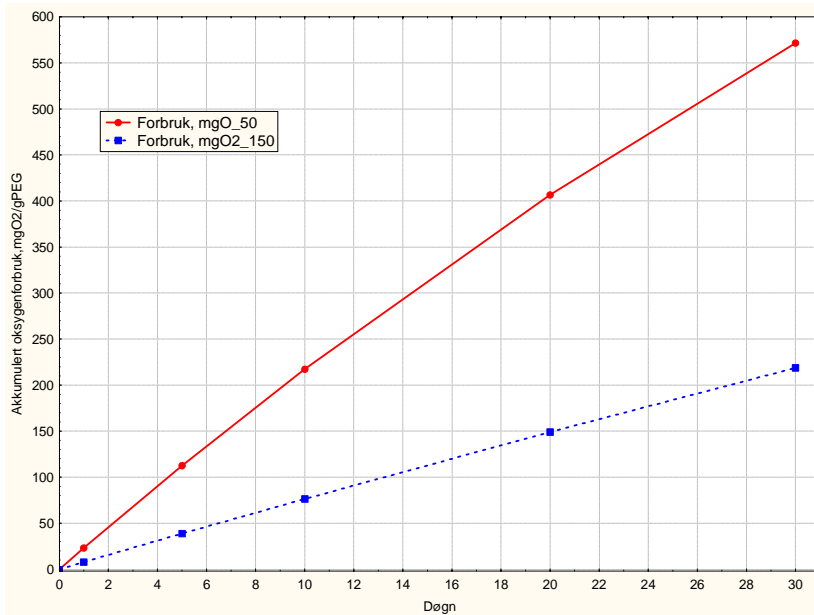


Figur 3. Synkehastighet i brakkvann for runde partikler med diameter fra 2-20 µm.

Partikkelkonsentrasjonen i avløpsvannet fra SiC antas som gjennomsnitt å være omkring 17 mg/l (jfr. **Tabell 3**). Konsentrasjonen av partikler i kjølevannet fra Hydro (1500-1600 m³/t) er ikke kjent, men antas å være lav og settes her til 1 mg/l. En vanlig konsentrasjon i det samlede avløpsvannet i utslipp F17 kan da være 6-7 mg/l. Både utsynkning og stor fortykning vil raskt gjøre dem lite synlig.

"Technical Guidance Document" (TGD) for risikovurdering av kjemikalier i henhold til EU direktiv 1488/94 gir veiledning i beregning av nedbrytning av kjemikalier i miljøet. Kjemikalienes nedbrytbarhet karakteriseres ved laborietester i henhold til OECD Guidelines og på grunnlag av resultatene klassifiseres de som lett nedbrytbare "ready biodegradable", middels nedbrytbare "inherent biodegradable" eller ikke nedbrytbare "persistent". Polyetylenglykol (CAS nr. 25322-68-3) er nedbrytbart, men nedbrytningen er ikke rask nok til å oppfylle kriteriet for lett nedbrytbarhet. Den kommer derfor i kategorien "inherent biodegradable". For stoffer i denne kategorien er det anbefalt å anta en halveringstid på 150 døgn ved utslipp til overflatevann. For stoffer som er nær å oppfylle kriteriene for lett nedbrytbarhet anbefales halveringstiden 50 døgn. Det kan derfor antas at halveringstiden for PEG er i området 50-150 døgn (hastighetskonstanter -0,01386 til -0,00465 /døgn). Oksygenforbruket ved nedbrytning av PEG er 1.68 mg/mg. Det betyr f.eks. at utslipp av 1 g PEG gir et oksygenforbruk på 23 mg O₂ det første døgnet dersom halveringstiden er 50 døgn og 8 mg O₂ dersom halveringstiden er 150 døgn (se ellers **Figur 4**).

Herøya Industripark opplyser at det slippes ca. 1000 m³/h av rent kjølevann fra PVC-fabrikken og 500-600 m³/h rent kjølevann fra kompressor for ammoniakk til avløp F17. Som gjennomsnitt vil dermed vannmengden fra F17 til Frierfjorden utgjøre ca. 2200 m³/h. Vannmengden fra SiC Processing utgjør ca. 30 % av dette og delstrømmen som fører organisk stoff og SS utgjør ca. 2 %.

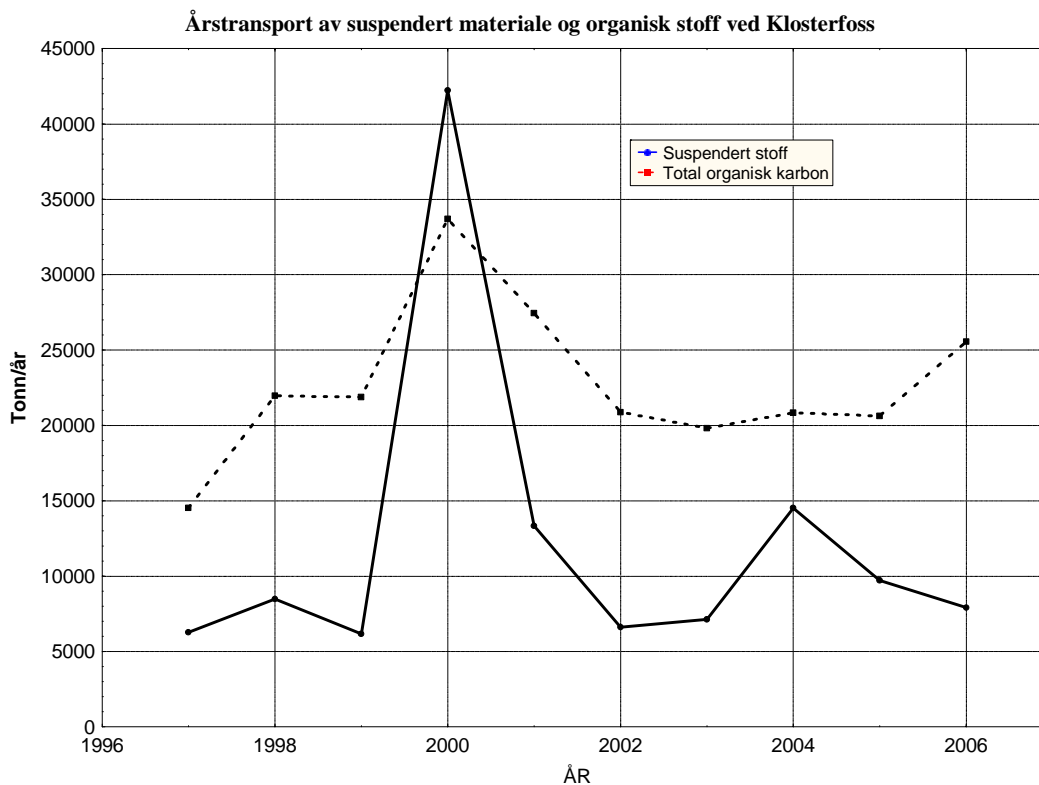


Figur 4. Beregnet akkumulert oksygenforbruk ved nedbrytning av PEG, for halveringstid 50 døgn og 150 døgn.

2.2 Andre tilførsler av suspendert materiale og organisk stoff

For å kunne bedømme hvordan utslippet fra SiC påvirker miljøet i Frierfjorden er det nyttig å ha et begrep om størrelsen av andre utslipp og tilførsler av suspendert materiale og organisk stoff. Utgjør bedriftens utslipp en stor andel av totalen er det mer sannsynlig at de påvirker miljøet enn om de er en liten del. Frierfjorden tilføres SS fra en rekke kilder. Resultatene av den statlige overvåkingen av vannkvaliteten ovenfor Klosterfoss for årene 1997-2006 er vist i **Figur 5** og oppsummert i **Tabell 2**. Sett i sammenheng med de øvrige tilførslene av SS og organisk stoff viser tabellen at utslippene fra SiC 1+SiC 2 øker den årlige tilførselen av SS til Frierfjorden med 0,5-1 % - sett i forhold til gjennomsnitt av tilførselen i tidsrommet 2001-2006.

For organisk stoff er en sammenligning vanskelig fordi bedriftens utslipp oppgis som KOF mens vannprøvene ved Klosterfoss analyseres for total organisk karbon (TOC). Erfaringsmessig kan forholdstallet mellom TOC og KOF være i størrelsesorden 3:1, men vil variere mye (Hovind, 1990). Førsteintrykket er at bedriftens utslipp har liten betydning for oksygenforholdene i fjordens overflatelag, men nedenfor gjøres en nærmere vurdering.



Figur 5. Beregnet årstransport av suspendert stoff og totalt organisk karbon ved Klosterfoss i årene 1997-2006. Kilder: Holtan et al. (1998, 1999), Weideborg et al. (2001a, 2001b, 2002, 2003, 2004), Borgvang et al. (2006, 2007) og Skarbøvik et al. (2007).

Tabell 2. Gjennomsnitt for årstransporten av suspendert materiale og total organisk karbon ved Klosterfoss for tidsrommet 2001-2006 og utslipp fra SiC.

Kilde	Suspendert materiale	Total organisk karbon
Skienselva	9876 tonn/år (27 tonn/d)	22528 tonn/år (62 tonn/d)
SiC	77 tonn/år (0,25 tonn/d)	356 tonn KOF/år ¹⁾ (1,15 tonn/d)
Utslipp av kommunalt avløpsvann og fra industri, direkte til Skienselva nedenfor Klosterfoss og til Frierfjorden	?	>400 tonn/år ²⁾
Avrenning fra gater, jordbruksareal og utmark direkte til Skienselva nedenfor Klosterfoss og til Frierfjorden	?	?
Sum	>10000 tonn/år	>23000 tonn/år

1): Utslipet er beregnet som KOF og dermed ikke direkte sammenlignbart med TOC

2): Summen av utslipp fra REC Scanwafer og Ineos Porsgrunn.

2.3 Dyputslipp

SFT ønsker at et dyputslipp av avløpsvannet fra SiC blir vurdert. Oksygenforbruket som avløpsvannet medfører tilsier da at det bør innlagres i mellomlaget (se **Figur 7**), der vannutskiftning og dermed tilførsel av oksygenrikt vann er god.

2.3.1 Metodikk

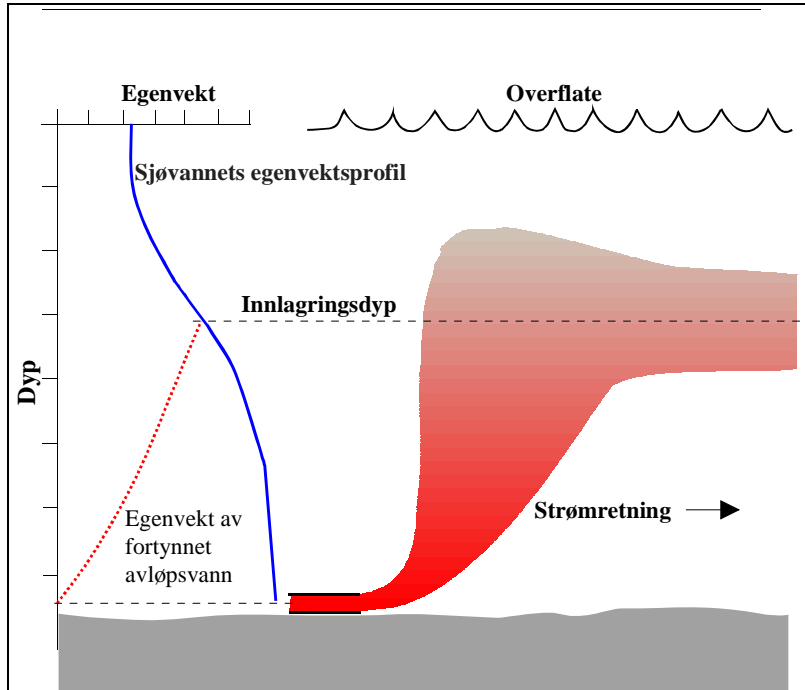
Avløpsvannet har i praksis samme egenvekt som ferskvann og er dermed lettere enn sjøvann. Når avløpsvannet slippes ut gjennom en ledning på dypt vann i Frierfjorden vil det derfor begynne å stige opp mot overflata samtidig som det blander seg med det omkringliggende sjøvannet. Hvis sjøvannet har en stabil sjiktning (egenvekten øker mot dypet) fører dette til at egenvekten til blandingen av avløpsvann+sjøvann øker samtidig som egenvekten til det omkringliggende sjøvannet avtar og i et gitt dyp kan dermed blandingsvannmassen få samme egenvekt som sjøvannet omkring (se **Figur 6**). Da har ikke lenger blandingsvannmassen noen "positiv oppdrift", men har fortsatt vertikal bevegelsesenergi og vil vanligvis stige noe forbi dette "likevektsdypet" for så å synke tilbake og innlagres.

Beregning av innlagring og primærfortynning er utført i to omganger. Først har vi brukt et EDB-program, NIVA*JET.MIX utarbeidet av Bjerkeng og Lesjø (1973). Programmet beregner fortynning og innlagringsdyp for en stråle utslippsvann i en sjiktet resipient, på basis av tetthetsprofiler i resipienten og data om strålen i utløpet.

JETMIX beregner ikke eksakt innlagringsdyp, men gir det nivået der det fortynnede utslippsvannets egenvekt er den samme som omgivelsenes egenvekt. Utslippsvannets vertikale bevegelsesenergi gjør imidlertid at det kan stige noe forbi dette "likevektsdypet", før det synker tilbake og innlagres (se **Figur 6**). I praksis er det til vanlig liten forskjell mellom innlagringsdypet og likevektsdypet, og i det følgende vil innlagringsdyp være ensbetydende med likevektsdypet.

Programmet beregner fortynningen i sentrum av skyen med innlagret avløpsvann, dvs. minste fortynning. Man bør være oppmerksom på at gjennomsnittlig fortynning i innlagringsdypet er større (vanlig 1.5x) enn fortynningen midt i skyen.

For beregning av videre spredning fortynning etter innlagring bruker vi den numeriske modellen Visual PLUMES utviklet av U.S. EPA (Frick et al. 2001). Nødvendige opplysninger for modellsimuleringene er vannmengde, dyp og diameter for utslippsrøret, samt strømhastigheten i resipienten.



Figur 6. Prinsippskisse av dyputslipp med innlagring av avløpsvannet

2.3.2 Data

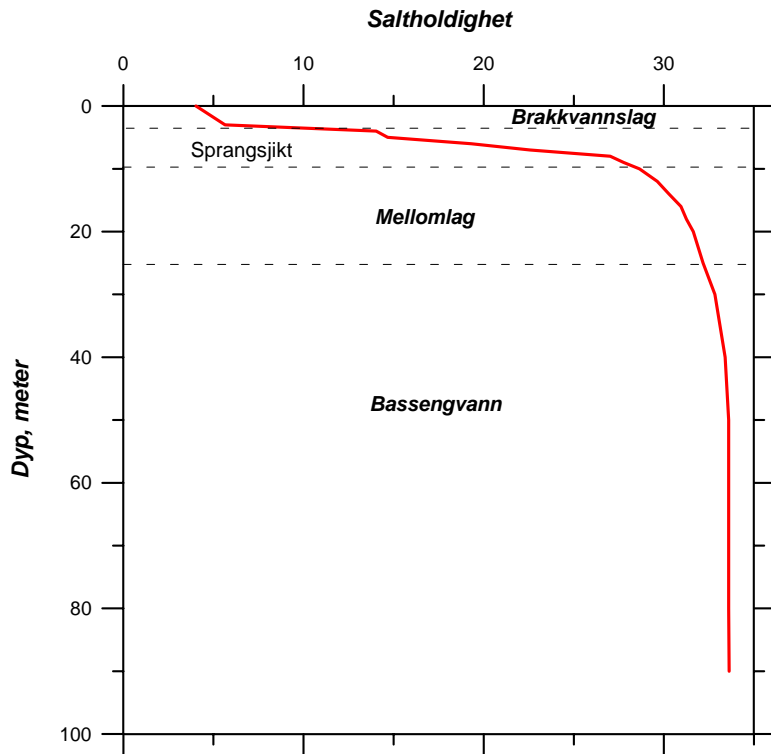
Den store ferskvannstilførselen fra Skienselva og terskelen på ca. 23m dyp ved Brevik gjør det naturlig å skjelne mellom tre hovedvannmasser i Frierfjorden (**Figur 7**):

- Brakkvannslaget, typisk omkring 4 m dypt (varierende mellom ca. 3-8 m)
- mellomlaget som strekker seg ned til omkring terskeldypet eller litt dypere, og
- bassengvannet

Overgangen fra brakkvannslag til sjøvannslaget mellom dette og bassengvannet (mellomlaget) er markert ved en sterk økning i saltholdighet, og omtales ofte som et sprangsjikt. En slik vertikal lagdeling er en forutsetning for innlagring av avløpsvann – en forutsetning som er til stede i Frierfjorden.

For beregningene med JETMIX har vi brukt 81 vertikale profiler av temperatur og saltholdighet målt under de undersøkelsene som NIVA har gjennomført fra tidlig 1970-tallet til ca. 2000 (se **Vedlegg A**). Målingene er gjort midt i Frierfjorden. I forhold til beregninger som skal gjelde utenfor Herøya kan denne avstanden spille en viss (men liten) rolle i forhold til saltholdighet og temperatur i overflatelaget, men har ingen betydning for beregninger som gjelder sjøvannslaget.

SiC vurderer å søke utslippstillatelse for 1200 kg KOF/døgn som årsmiddel og 2000 kg KOF/døgn som maksimalverdi for et døgn. Beregningene av innlagringsdyp er utført for to ledningsdiametre (400 mm og 500 mm), utslippsdyp 20-25 -30 m og vannmengde 0,19 m³/s (16000 m³/d). Dette er sammenfattet i **Tabell 3**.



Figur 7. Generell vertikal inndeling av Frierfjordens vannmasser. Siktemålet er utslipp i 25 m dyp med innlagring av avløpsvannet i mellomlaget eller i nedre del av sprangsjiktet.

Tabell 3. Opplysninger om utslipp for bruk i de tekniske beregningene (basert på opplysninger fra SiC Processing). Konsentrasjonene av organisk stoff representerer hhv. årsgjennomsnitt (1200 kg KOF/døgn) og maksimalt døgnjennomsnitt (2000 kg KOF/døgn).

Diameter avløpsledning, mm	Utslippsdyp, m	Vannmengde, m ³ /s	Konsentrasjon SS, mg/l	Konsentrasjon organisk stoff (KOF), mg/l
400 og 500	20, 25 og 30 m	0,19	16	73 og 121

Innlagringsdypet og fortynningen påvirkes av strømhastigheten ved at avløpsvannet innlagres dypere ved sterk strøm (jfr. formen på skyen av damp over en skorstein i vindstille og ved sterk vind). Beregningene med JETMIX forutsetter stillestående vannmasser, men ved bruken av PLUMES tas hensyn til strømhastigheten. Strømforholdene i utslippsområdet er ikke kjent, men målinger som er utført nærmere munningen av Skienselva kan gi en god pekepinn (Liseth og Haslerud, 1976). De fant et varierende strømmønster med skiftende bakevjer og virvler. Strømhastigheten ble målt til 0-7 cm/s. Vi regner med svak strøm i sjøvannslaget og velger 2 cm/s som typisk hastighet. Beregningene med PLUMES blir utført for 9 utvalgte situasjoner (dyp, middels og høy innlagring) som viser hvordan avløpsvannet innlagres og fortynnes.

Etter at avløpsvannet er innlagret (typisk 0,5-1 minutt etter at det forlater avløpsledningen) vil konsentrasjonen av suspendert og organisk stoff avta pga. fortynning samt noe sedimentering av partikler. Den beregnede fortynningen vil variere med størrelsen av koeffisienten for turbulent blanding. Denne størrelsen varierer fra sted til sted og med tiden. Vi velger å følge EPAs anbefaling for litt innelukkede farvann og bruker en konstant koeffisient $0,0003 \text{ m}^{2/3}/\text{s}^2$, som et ganske konservativt estimat av blandingen. Alternativt kan man velge en koeffisient som øker med størrelsen

av skyen med fortynnet avløpsvann. I mange sammenhenger er det mer realistisk og gir en langt større fortynning enn tilfellet er for en konstant koeffisient for den turbulente blandingen.

For miljøvurderingene tas også hensyn til oksygenforhold og mengde suspendert materiale i sjøvannslaget i Frierfjorden (se **Tabell 4**).

Tabell 4. Beskrivelse av resipientforholdene omkring innlagringsdypet (fra Molvær, 2003).

Dyp	Suspendert Stoff	Oksygenkonsentrasjon	Strømhastighet
20 m	0,5-1 mg/l	5-8 mg/l	2 cm/s

3. Resultater

3.1 Dagens utslipp til overflatelaget

3.1.1 Virkning av suspenderte uorganiske partikler

Sett i forhold til fjordens samlede tilførsel av suspendert partikulært materiale utgjør bedriftens utslipp 0,5-1 %. For Frierfjorden som helhet har dette utslippet derfor meget liten betydning.

Konsentrasjonen av suspendert partikulært materiale i Frierfjordens overflate er ikke kjent, men tatt i betraktning den dominerende betydning som Skienselva har, og at konsentrasjonen ved Klosterfoss er målt til mellom 0,5 mg/l og 7,1 mg/l med 1,3 mg/l som gjennomsnitt, er det rimelig å anta at konsentrasjonen i fjordens nordre del oftest er omkring 1-1,5 mg/l.

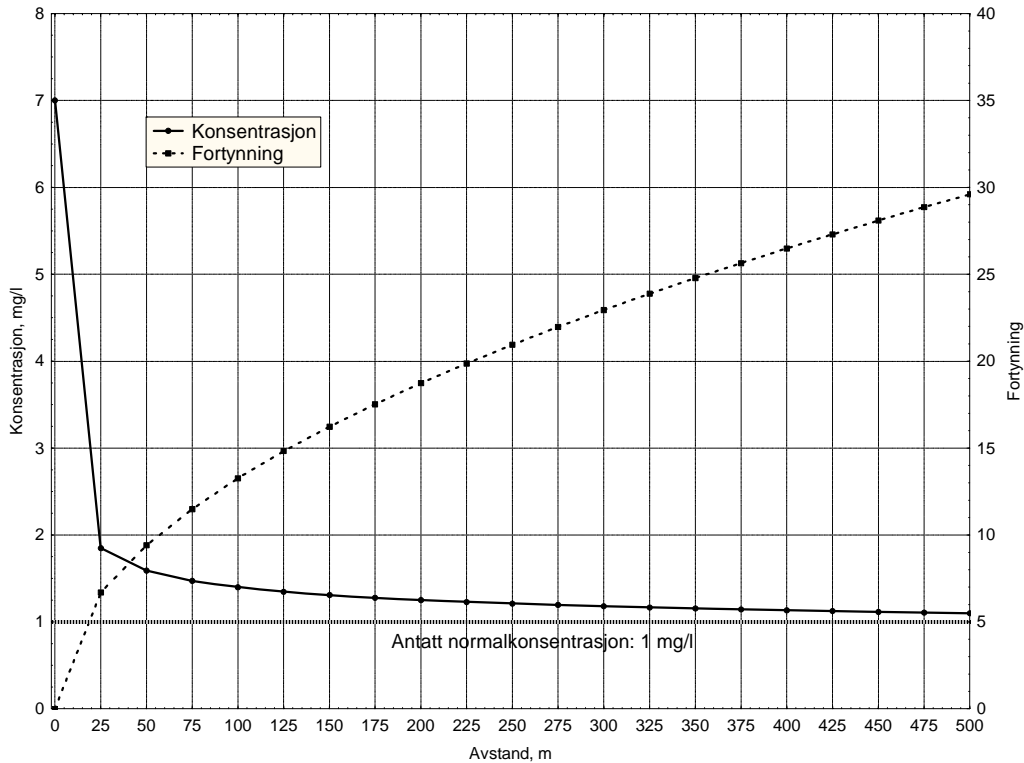
Ved et overflateutslipp vil utsynkingen av partikler være liten og fortynningen skjer forholdsvis langsomt, og dette betyr at avløpsvannet vil sees som en mørk sky utenfor utslippet. Vi har brukt modellen "Visual Plumes" til å simulere fortynningen av et utslipp av 2200 m³/t til Frierfjordens brakkvannslag. Beregningene er gjort med en antatt middels konsentrasjon (1 mg/l) av SS i fjordens overflatelag og for konsentrasjonen 7 mgSS/l i avløpsvannet idet det slippes ut i fjordens overflatelag. (*Figur 8*). Varierende med bølger på overflata, strømforholdene og bakgrunnskonsentrasjonen i Frierfjorden kan denne skyen trolig sees ut til en avstand på 25-100 m fra utslippspunktet.

Overflateutslippet kan bidra til nedslamming på bunnen nær land omkring selve utslippspunktet, og denne skyen sees trolig godt pga. stor mengde av små og mørke partikler.

Når det gjelder miljøvirkninger utenom selve nærområdet er det fire faktorer å ta i betraktning:

1. Konsentrasjonen: Hessen (1992) undersøkte effekter på fisk og dyreplankton i ferskvann av små uorganiske partikler (borestøv og breslam). Vi antar at resultatene også kan brukes for å bedømme virkninger i et marint miljø. Det ble påvist skader på dyreplankton ved konsentrasjon 10 mg/l, mens fisk tåler vesentlig høyere konsentrasjoner (>25 mg/l, Alabaster og Lloyd 1982) uten skader. Vanlig konsentrasjon i avløpsvannet i F17 antas å være 6-7 mg/l, dvs. lavere enn skadelige konsentrasjoner – og konsentrasjonen avtar raskt til intervallet 1-2 mg/l når avløpsvannet slippes ut i fjordens overflatelag.
2. Partiklenes form og størrelse: skarpkantete partikler kan forårsake større skader enn runde, avslippte. Effekten av økende partikkelstørrelse er lite kjent, men Hessen (1992) nevner at risikoen for skader i gjellene øker med større, hardere og kantete partikler.
3. Nedsatt lysmiljø: kan ha helt lokal betydning, men ikke betydning utover dette.
4. Størrelsen av vannvolum og bunnareal som påvirkes: utgjør en meget liten del av Frierfjordens vannmasse og bunnareal

Samlet sett kan utslippet ha en helt lokal påvirkning av vannkvalitet og planteplankton, men virkningen på miljøet i Frierfjorden vil være liten.

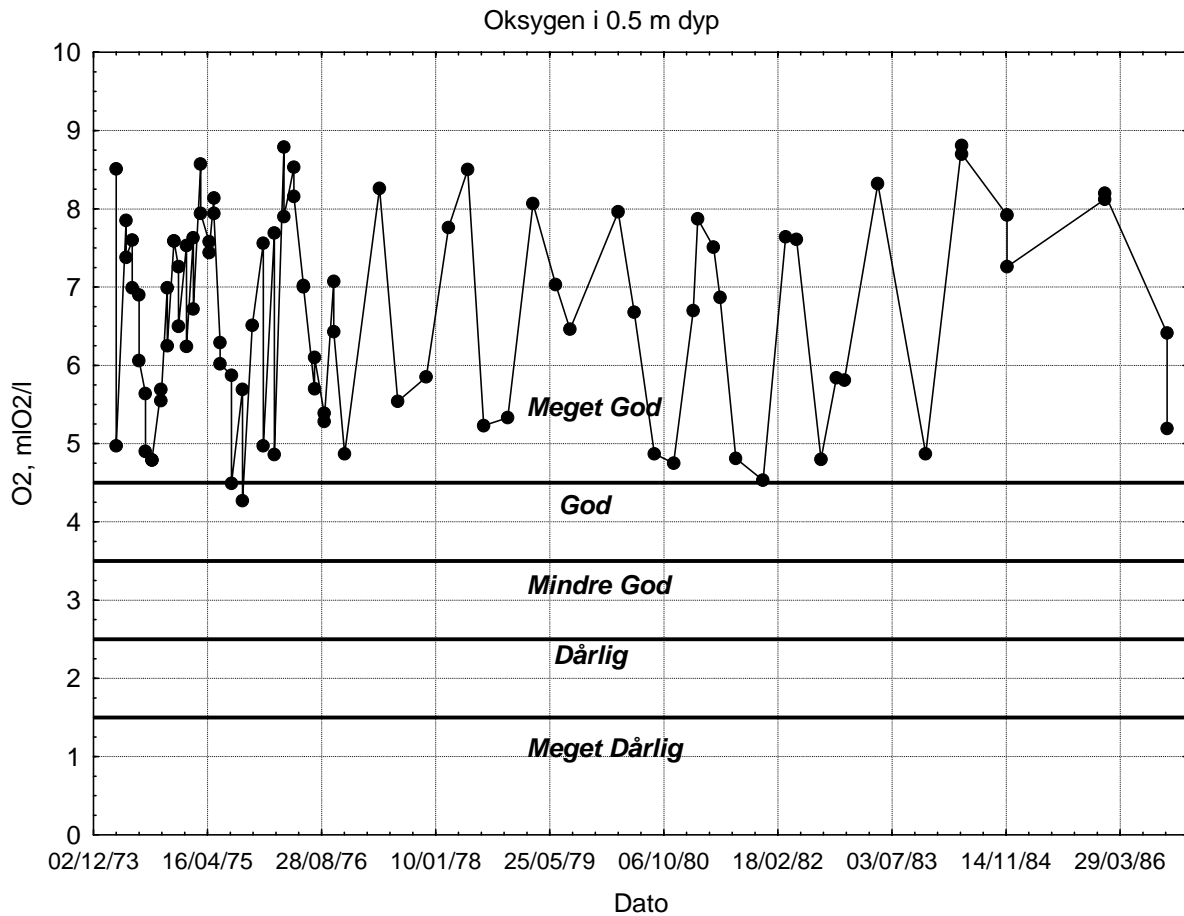


Figur 8. Beregning av fortynning og konsentrasjon av SS i skyen med fortynnet avløpsvann. Bakgrunnskonsentrasjonen er satt til 1 mgSS/l og er vist som en stiplet horisontal linje som er knyttet til høyre akse. Vannmengden er 2200 m³/t og konsentrasjonen i avløpsvannet er 7 mg SS/l. Strømhastigheten er 2 cm/s.

3.1.2 Virkning av organisk materiale

Nedbrytning av organisk materiale forbruker oksygen og avløpsvannets innhold av organisk materiale må derfor vurderes i forhold til oksygenkonsentrasjon og tilgang på oksygen i fjordens overflatelag. Fra sine undersøkelser av tilstanden i Grenlandsfjordene har NIVA tilgang på et stort antall oksygenmålinger, men i første rekke fra dypvannet i fjordbassengene. I **Figur 9** er vist resultatet av oksygenmålinger i brakkvannslaget på 1970-80 tallet da den organiske belastningen på fjorden var på sitt høyeste. Med få unntak må oksygenforholdene karakteriseres som meget gode. Det er all grunn til å anta at forholdene nå er like gode eller bedre enn det som figuren viser.

Frierfjordens overflatelag tilføres oksygen fra flere kilder og de viktigste kan antas å være den stadige tilførselen av vann fra Skienselva og innblanding fra atmosfæren. Vi skal se litt på bidraget fra Skienselva. Antar vi at konsentrasjonen i det utstrømmende ellevannet er 10 mg O₂/l og at vannføringen er 200 m³/s (årgjennomsnitt er ca. 260 m³/s) gir dette en tilførsel av ca. 173 tonn oksygen/døgn til Frierfjordens overflatelag. På den annen side tilsvarer døgnutslippet med organisk stoff fra SiC 1,2 tonn KOF, hvorav ca. 1-3 % (10-35 kg) forbrukes det første døgnet. Ved utslipp av 2 tonn KOF/døgn vil forbruket være 20-60 kg det første døgnet. Uansett usikkerheten i en slik enkel beregning (som heller ikke inkluderer bidraget av oksygen fra atmosfæren) så viser resultatet at SiCs avløpsvann ikke skaper oksygenproblemer i Frierfjordens overflatelag sett under ett.



Figur 9. Målinger av oksygen i Frierfjordens overflatelag (0,5 m dyp). Den norske klassifisering av vannkvalitet er vist med horisontale linjer og tekst.

Hvorvidt avløpsvannet kan skape lokale oksygenproblemer er et annet spørsmål. Vi tenker da på overflatelaget innenfor en avstand på 150-200 m fra utslippet, mens fortynningen ennå er relativt lav. Med en antatt strømhastighet på 2 cm/s i overflatelaget vil avløpsvannet trenge ca. 2,7 timer fram til 100 m fra utslippspunktet og 5,5 timer til 200 m. I disse avstandene er fortynningen – lavt regnet - beregnet til hhv. ca. 20x og 30x. Tas i betraktning at avløpsvannet fra SiC før utslipp til fjorden er fortynnet 3 ganger med kjølevann fra Hydro tilsvarer dette reelle fortynninger på 60-90x. (jfr. **Figur 8**). En ”liter” med avløpsvann er dermed etter ca. 100-200 m forflytning blitt fortynnet 60-90x med overflatevann med konsentrasjon 7-8 mg O₂/l. Dette fortynningsvannet inneholder da minst 7 mg O₂/l * 60l = 420 mg O₂, og høyt regnet 8 mg O₂/l * 90l = 700 mg O₂. Heller ikke i denne sammenhengen har utslippet noen betydning utover at man kanskje ved målinger iblant vil kunne registrere at oksygenkonsentrasjonen i overflatelaget er 0,5-1 mg O₂/l lavere omkring utslippspunktet enn ellers i fjorden. Konsentrasjonen vil likevel være så høy at dette ikke har noen betydning for de biologiske forholdene i området.

En slik enkel maksimalbetraktning viser at det er usannsynlig av nedbrytning av det organiske materialet i avløpsvannet vil skape merkbart reduserte oksygenkonsentrasjoner utenom i lokale bakevjer like ved utslippspunktet.

3.2 Etablering av dyputslipp

3.2.1 Innlagringsdyp og fortykning

Ved et utslipp i 20-30 m dyp vil ikke avløpsvannet kunne nå opp til overflaten, men blir innlagret i sjøvannslaget mellom ca. 8 m og 16 m dyp (**Figur 10**). Innlagringsdypet varierer pga. den vertikale tetthetssjiktningen. **Figur 11** viser tilhørende primærfortynning¹ for utslippet, og resultatene er sammenfattet i **Tabell 5**. Fortynningen er størst når innlagringsdypet er minst og varierer typiske mellom ca. 12x og 20x.

Tabell 5. Oppsummering av beregnet primærfortynning og innlagring ved utslipp i 20 m, 25 m og 30 m dyp. For detaljer henvises til **Figur 10** og **Figur 11**.

	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum
Fortynning_20m	81,0	12,5	12,0	6,0	22,0
Innlagring_20m	81,0	11,1 m	11,3 m	5,6 m	16,0 m
Fortynning_25m	66,0	17,0	16,0	8,0	29,0
Innlagring_25m	66,0	13,4 m	14,0 m	7,0 m	18,8 m
Fortynning_30m	65,0	20,7	20,0	9,0	40,0
Innlagring_30m	65,0	16,3 m	16,6 m	7,3 m	23,3 m

3.2.2 Virkning av suspenderte uorganiske partikler

Utenfor en avstand på ca. 100 m vil gjennomsnittskonsentrasjonen av suspendert stoff i skyen med fortynnet avløpsvann være mindre enn 1 mg/l, dvs. <0,5 mg/l over en antatt lav bakgrunnskonsentrasjon på 0,5 mg/l. Deretter vil konsentrasjonen relativt langsomt nærme seg bakgrunnskonsentrasjonen ettersom fortynningen øker. Ved denne avstanden vil bredden av skyen være 20-40 m og tykkelsen 2-4 m.

Med samme grunnlag som for vurdering av virkninger i overflatelaget (kap. 3.1.1) må konklusjonen bli at utenom noen 10-talls meter fra utslippet vil konsentrasjonen være for lav til å gi skader på fisk eller plankton.

3.2.3 Virkning av organisk materiale

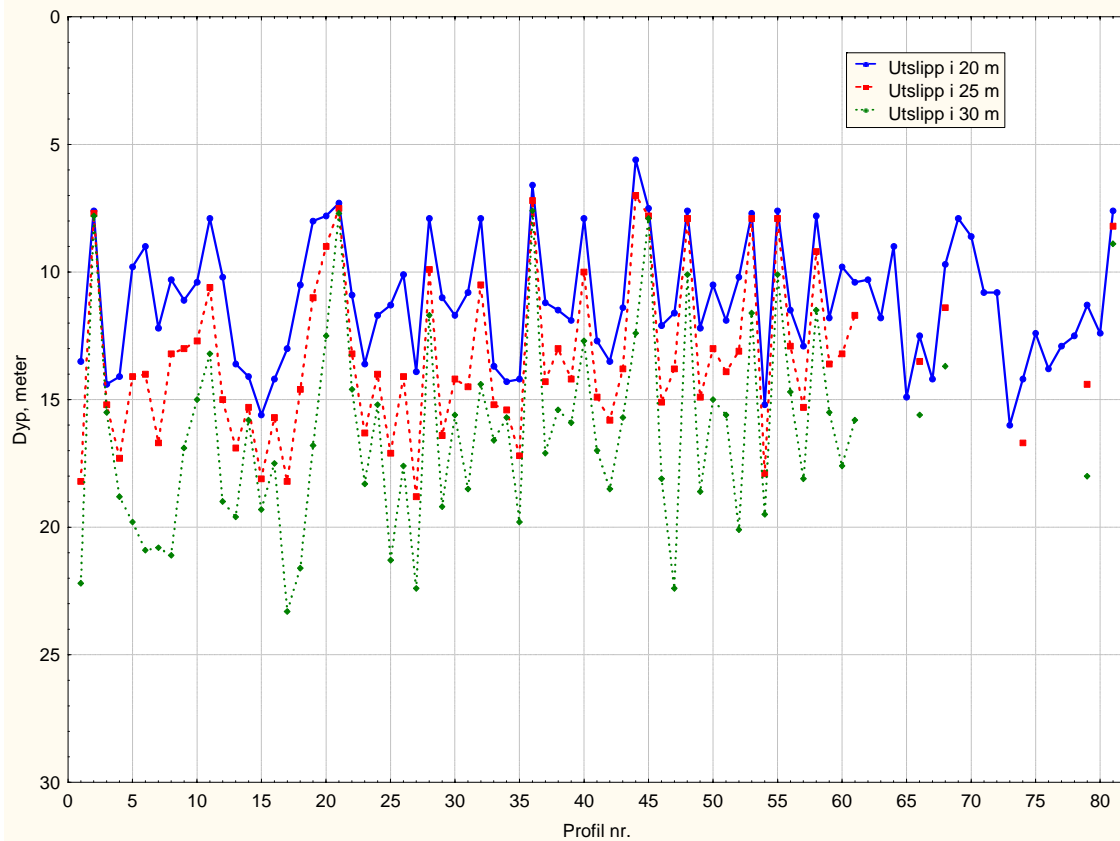
For et utslipp i 25 m dyp vil gjennomsnittlig primærfortynning blir 16-17x og lav fortynning vil være ca. 8x. Ved 16x fortynning vil et utslipp av 190 l/s umiddelbart fortynnes med ca. 3000 l sjøvann der oksygenkonsentrasjonen vanligvis er ca. 5-8 mg O₂/l². Avløpsvannet er beregnet til å ha en typisk KOF-konsentrasjon på ca. 73 mg O₂/l. Nedbrytningen av det organiske materialet i avløpsvannet går langsomt og 1-3 % (et forbruk av størrelsesorden 1-2 mg O₂/l) nedbrytes det første døgnet. Samme beregningsmetode som i foregående kapittel gir at avløpsvannet (her regnet 0,19 m³/s) umiddelbart innblandes i en vannmasse som inneholder 15000-20000 mgO₂. I løpet av et døgn forbruker disse 190 liter med avløpsvann ca. 400 mgO₂ (2-3 % av tilgjengelig oksygen). Ved utslipp av maksimalt døgngjennomsnitt (KOF-konsentrasjon på 121 mg O₂/l) blir døgnetforbruket ca. 660 mg O₂ (3-5 % av tilgjengelig oksygen). I samme tidsrom øker fortynningen (dvs. videre innblanding av sjøvann) vesentlig og fjordens mellomlag får kontinuerlig tilført oksygenrikt sjøvann fra Langesundsfjorden gjennom tidevannsutskiftning og den inngående sjøvannsstrømmen i mellomlaget. Oksygenforbruket fra avløpsvannet har i denne sammenheng liten betydning.

¹ Primærfortynning: fortynningen i det avløpsvannet innlagres. Deretter fortynnes avløpsvannet gradvis ettersom det fortløpende blandes med omkringliggende vannmasser (sekundærfortynningen).

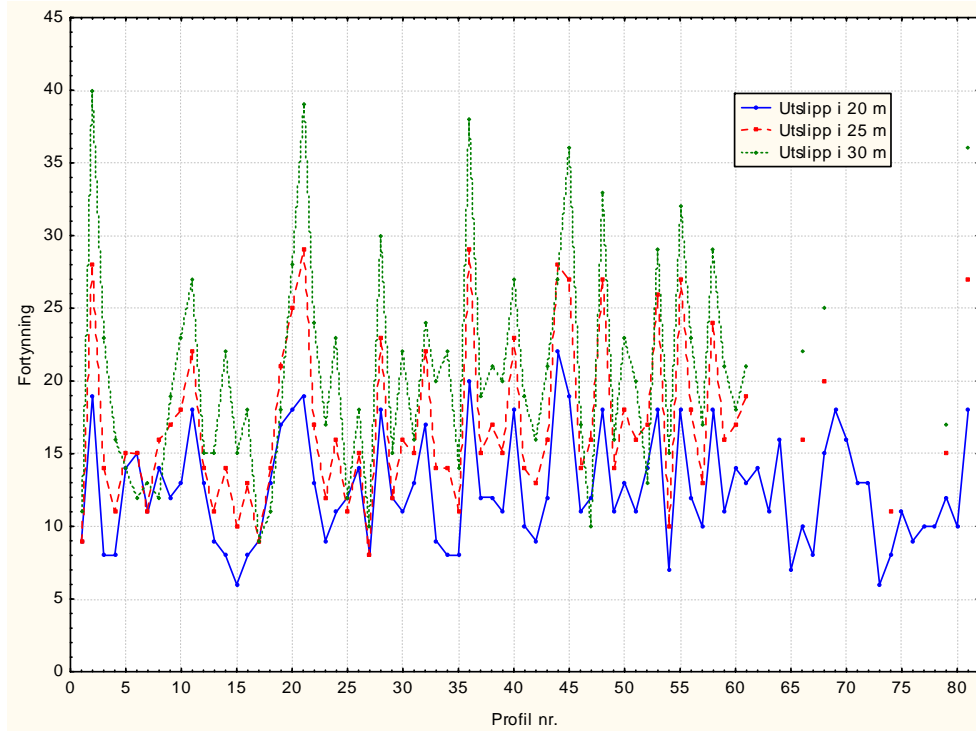
² Omregningsfaktoren fra mlO₂/l til mgO₂/l er 1,42

Man kan også se et slikt utslipp som et av flere utslipp av organisk stoff til Frierfjordens mellomlag og vurdere det i forhold til dette. Fra Herøya har REC Scanwafer utslipp av 630 kg KOF/døgn. Avløpsvannet slippes ut i ca. 25 m dyp og innlagres oftest i 15-20 m dyp (Molvær, 2004). Fra Rafnes har Ineos Porsgrunn utslipp 550 kg KOF/døgn. Avløpsvannet slippes ut gjennom diffusor i 20-25 m dyp og innlagres vanligvis i 12-22 m dyp (Molvær et al., 2005). Isolert sett har ingen av disse tre utslippene noen større betydning for oksygenbudsjettet i Frierfjordens mellomlag, men vurdert samlet kan man ikke uten videre helt se bort fra merkbart lavere oksygenkonsentrasjoner i situasjoner – eller i områder – med nedsatt vannutskiftning (= nedsatt oksygentilførsel fra områdene utenfor Brevikterskelen). Overvåkingsprogrammet for ytre Oslofjord (herunder Grenlandsfjordene) gir noe informasjon om dette (**Figur 12**), og man ser den vanlige tidsutviklingen der konsentrasjonen i mellomlaget avtar i tidsrommet august-oktober. Deretter er det vanlig at den øker igjen.

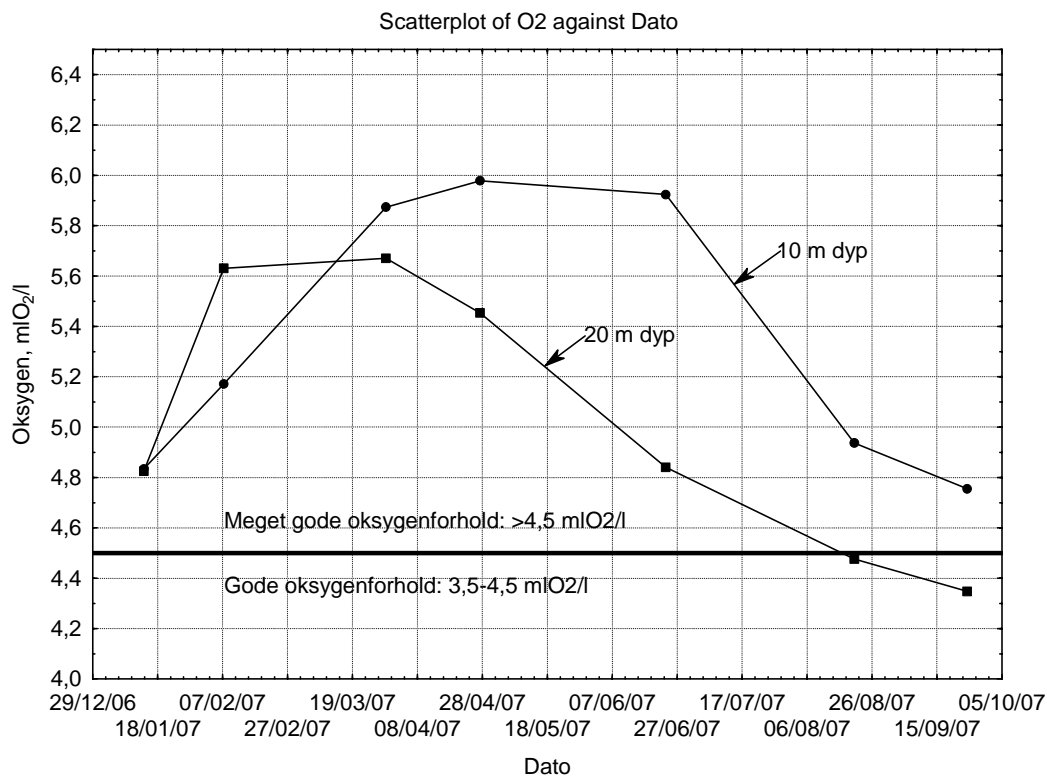
Det vil være de store trekkene i fjordens oksygenbalanse ved de hydrofysisk og meteorologisk bestemte vannfornyelsene, som vil avgjøre oksygenforholdene i vannmassene i 8-20 m dyp utenfor Herøya og i Frierfjorden. Imidlertid er det grunn til forsiktighet fordi utslippene fra REC og Ineos også innlagres i mellomlaget, og avløpsvannet fra et dyputslipp fra SiC bør helst innlagres i mellomlagets øvre del der vannutskiftning/oksygentilførsel er størst. Det tilsier utslipp i omkring 20 m dyp.



Figur 10. Innlagring ved utslipp i 20 – 25 – 30 m dyp. Tidspunktene som profilnr. representerer er vist i Vedlegg A.



Figur 11. Fortynning ved utslipp i 20 – 25 – 30 m dyp. Tidspunktene som profilnr. representerer er vist i Vedlegg A.



Figur 12. Oksygenmålinger i 10 m og 20 m dyp i Frierfjorden i 2007 under overvåkingsprogrammet for ytre Oslofjord (kilde: Havforskningsinstituttet)

4. Sammenfattende vurdering

Bedriften søker om konsesjon for utslipp av 250 kgSS/d og organisk stoff tilsvarende 1200 kg KOF/d. Disse mengdene er lagt til grunn for vurderingene. I kap. 3.1 er virkningene på fjorden vurdert gitt at det slippes ut i kanal F17 sammen med kjølevann fra annen virksomhet på Herøya. Avløpsvannet blandes direkte inn i fjordens overflatelag.

Vurderingene konkluderer med at utslippet av SS vil sees tydelig fordi det består av en stor mengde små og mørke partikler, men at dette bildet vil forsvinne raskt ettersom avløpsvannet fortynnes med det omkringliggende brakkvannet samtidig som større partikler synker. I forhold til Frierfjordens samlede tilførsel av suspendert materiale utgjør dagens utslipp 0,5-1 %. Under vanlige driftsforhold vil dette gi en lokal effekt på vannkvaliteten og noe ekstra nedslamming av bunnen rett utenfor utslippspunktet. Utenfor en avstand på noen 10-talls meter vil konsentrasjonen være så lav at det ikke gir virkninger på fisk eller plankton.

Det organiske stoffet i avløpsvannet nedbrytes forholdsvis langsomt (langsomt forbruk) og beregninger viser at avløpsvannet ikke vil forårsake noen merkbar endring i oksygenkonsentrasjonen i overflatelaget.

Ved et dyputslipp fjernes avløpsvannet fra overflatelaget, men man mister samtidig effekten av fortynning (ca. 3x) med kjølevann før utslipp til Frierfjorden og avløpsvannet innlagres i en vannmasse som er mer sårbar for økt oksygenforbruk enn tilfellet er for overflatelaget. Det er gjort beregninger for utslipp i 20 m, 25 m og 30 m dyp og utslipp omkring 20 m dyp synes å gi den beste kombinasjonen av innlagring og fortynning. Med normal drift og utslippsmengder kan da ikke forventes at nedbrytningen av organisk stoff i avløpsvannet medfører oksygenproblemer eller at suspendert materiale medfører miljøproblemer. Man vil uansett fortsatt se de typiske sesongvariasjonene der oksygenkonsentrasjonen avtar om høsten for deretter å øke utover vinteren.

Hvis et dyputslipp etableres foreslås imidlertid at det gjøres en nærmere vurdering av det samlede oksygenforbruket av flere eksisterende dyputslipp til Frierfjorden.

5. Litteratur

- Alabaster J.S. and Lloyd, R., 1982. Water quality criteria for freshwater fish. Butterwords publ., London.
- Bjerkeng, B. og Lesjø, Å., 1973: Mixing of a jet into a stratified environment. PRA. 5.7. NIVA-rapport O-126/73. Oslo.
- Borgvang, S.A., Stålnacke, P.G., Skarbøvik, E., Beldring, S., Selvik, J.R., Tjomsland, T., and Harsten, S., 2006. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2004. Norwegian Pollution Control Authority TA-2147/2006; NIVA Report 5135-2006. 159 pp.
- Borgvang, S.A., Stålnacke, P.G., Johansen, S.W., Skarbøvik, E., Beldring, S., Selvik, J.R., Tjomsland, T., and Harsten, S., 2007. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2005. Norwegian Pollution Control Authority TA-2245/2007; NIVA Report 5380/2007. 152 pp.
- Frick, W.E., Roberts, P.J.W., Davis, L.R., Keyes, J. Baumgartner, D.J. and George, K.P., 2001. Dilution Models for Effluent Discharges, 4th Edition (Visual Plumes). Environmental Research Division, U.S. Environmental Protection Agency, Athens Georgia, USA.
- Hessen, D.A., 1992. Uorganiske partikler i vann; effekter på fisk og dyreplankton. NIVA-rapport 2787. 42 sider.
- Holtan, G., D. Berge, H. Holtan and T. Hopen, 1998. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1997. A. Principles, results and discussion. B. Data report. SFT-report 750/98. NIVA-report 3952-98. 139 sider.
- Holtan, G., Berge, D., and Hopen, T., 1999. Oslo and Paris Commissions (OSPAR). Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1998. A. Principles, results and discussions. B. Data Report. SFT report TA 780/99. Oslo.
- Hovind, H., 1990. Bestemmelse av organisk stoff i avløpsvann. NIVA-rapport nr.2386. 86 sider.
- Liseth, P. og Haslerud, B., 1976. Utslipp av avløpsvann fra MgCl₂-lutanlegg og SO₂-gassvaskeanlegg på Herøya. I/S Miljøplan. Oslo. 38 sider + vedlegg.
- Molvær, J., 2004. Miljømessig vurdering av framtidige utslipp til Frierfjorden fra ScanWafer ASA, Porsgrunn. NIVA-rapport nr. 4908-2004. Oslo. 20 sider.
- Molvær, J., Bakke, T., Olsgaard, F. og Tobiesen, A., 2005. Miljømessig vurdering av utslipp av natriumklorat til Frierfjorden fra Hydro Polymers AS, Bamble. NIVA-rapport nr. 5094-2005. Oslo. 48 sider.
- Skarbøvik, E., Stålnacke, P.G., Kaste, Ø., Selvik, J.R., Borgvang, S.A., Tjomsland, T., Høgåsen, T., and Beldring, S. 2007. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2006, OSPAR Comission. Norwegian Pollution Control Authority TA-2327/2007; NIVA Report 5511/2007, 142 pp + Appendix.
- Weideborg, M., Vik, E.A., Thoresen, H., Stang, P., Kelley, A. og Nedland, K.T., 2001a. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 1999. OSPAR Commission. A: Principles, results and discussions. SFT report TA-1793/2001. Oslo.

Weideborg, M., Vik, E.A., Stang, P. og Storhaug, R., 2001b. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2000. OSPAR Commission. A: Principles, results and discussions. SFT report TA-1852/2001. Oslo.

Weideborg, M., Vik, E.A., Stang, P. og Lyngstad, E., 2002. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2001. OSPAR Commission. A: Principles, results and discussions. SFT report TA-1914/2003. Oslo.

Weideborg, M., Vik, E.A., og Lyngstad, E., 2003. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2002. OSPAR Commission. A: Principles, results and discussions. SFT report TA-1998/2004. Oslo.

Weideborg, M., Vik, E.A., og Lyngstad, E., 2004. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2003. OSPAR Commission. A: Principles, results and discussions. SFT report TA-2069/2004. Oslo.

Vedlegg A. Profiler for innlagringsberegninger

PROFILE	STATION	REGTIME	NO. OF DEPTHS	
1	BC1	740312	12	8
2	BC1	740424	12	8
3	BC1	740521	12	7
4	BC1	740620	12	7
5	BC1	740718	12	7
6	BC1	740815	12	7
7	BC1	740924	12	7
8	BC1	741022	12	7
9	BC1	741120	12	7
10	BC1	741210	12	7
11	BC1	750114	12	7
12	BC1	750213	12	7
13	BC1	750317	12	7
14	BC1	750423	12	7
15	BC1	750514	12	7
16	BC1	750610	12	7
17	BC1	750730	12	7
18	BC1	750916	12	8
19	BC1	751029	12	8
20	BC1	751216	12	8
21	BC1	760203	12	8
22	BC1	760316	12	7
23	BC1	760428	12	8
24	BC1	760609	12	8
25	BC1	760728	12	7
26	BC1	760908	12	8
27	BC1	761020	12	8
28	BC1	761207	12	8
29	BC1	770216	12	8
30	BC1	770509	12	8
31	BC1	770728	12	8
32	BC1	771130	12	8
33	BC1	780307	12	8
34	BC1	780530	12	8
35	BC1	780809	12	8
36	BC1	781122	12	8
37	BC1	790313	12	8
38	BC1	790620	12	8
39	BC1	790822	12	8
40	BC1	791128	12	8
41	BC1	800320	12	8
42	BC1	800529	12	8
43	BC1	800826	12	8
44	BC1	801118	12	8
45	BC1	810212	12	8
46	BC1	810304	12	8
47	BC1	810818	12	8
48	BC1	811215	12	8
49	BC1	820324	12	8
50	BC1	820511	12	8
51	BC1	820826	12	8
52	BC1	821102	12	8
53	BC1	821207	12	8

54	BC1	830502	12	8
55	BC1	831128	12	8
56	BC1	840504	12	8
57	BC1	841119	12	8
58	BC1	861021	12	8
59	BC1	871012	12	7
60	BC1	871201	12	7
61	BC1	880324	12	15
62	BC1	880422	12	14
63	BC1	880423	12	16
64	BC1	880504	12	16
65	BC1	880510	12	16
66	BC1	880526	12	18
67	BC1	880601	12	16
68	BC1	880615	12	15
69	BC1	880620	12	16
70	BC1	880623	12	16
71	BC1	880629	12	16
72	BC1	880704	12	16
73	BC1	880707	12	16
74	BC1	880714	12	17
75	BC1	880719	12	16
76	BC1	880721	12	16
77	BC1	880801	12	16
78	BC1	880804	12	16
79	BC1	880810	12	15
80	BC1	880824	12	16
81	BC1	881007	12	17

Vedlegg B. Forholdstall mellom COD og TOC i avløpsvann.

Nedenfor vises en tabell hentet fra Hovind (1990).

Tabell 1. Forholdstallet a i ligningen $y = a.x$, beregnet mellom de ulike analysevariable i de undersøkte prøvene. Forholdstallene kan brukes som en rettesnor ved omregning av analyseresultater mellom forskjellige analysevariable for tilsvarende type prøver.

Ufiltrerte prøver:

	Innløp	Utløp ¹	Utløp ²	Slakteri	Meieri
COD-Cr/TOC	4.6	3.0	4.1	3.9	4.1
BOD/TOC	1.9	1.2	0.7	2.1	2.3
COD-Cr/BOD	2.1	2.3	5.9	1.9	1.8
COD-Cr/DOC+NDOC	2.6	2.6	3.1	3.4	2.6

Filtrerte prøver:

COD-Cr/TOC	2.8	2.6	3.2	3.8	3.1
BOD/TOC	1.3	1.1	0.6	2.0	1.7
COD-Cr/BOD	2.0	2.1	4.9	1.9	1.8

¹ kjemiske renseanlegg, ² biologisk renseanlegg.

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