

Overvåking av utslipp ved Langøya

Innledende undersøkelser vinteren 2007-2008



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 Overvåking av utslipp ved Langøya - Innledende undersøkelser vinteren 2007-2008	Løpenr. (for bestilling) 5630-2008	Dato 31. mai 2008
	Prosjektnr. Undemr. 27487	Sider Pris 32
Forfatter(e) André Staalstrøm Hans Christer Nilsson Jan Magnusson	Fagområde Oseanografi	Distribusjon
	Geografisk område Breiangen	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) NOAH	Oppdragsreferanse Marit Læg Reid
--------------------------	-------------------------------------

Sammendrag

På oppdrag fra NOAH er det gjort undersøkelser av effekter fra utslippet fra Langøya. Utslippsledningen ble i slutten av oktober 2007 lagt på 38 meters dyp. Vannmassene og bunnforholdene rundt Langøya har blitt undersøkt. Vannmasseundersøkelsene besto av hydrografiske og vannkjemiske målinger, samt sporing av avløpsvannet vha sporstoff. Undersøkelsene viser at utslippet fra NOAH innlagres på 32-40 meters dyp og at primært influensområde er begrenset til østsiden av Langøya. Overkonsentrasjon av ammonium ble observert på innlagringsdypet, men reduseres ved fortynning til bakgrunnsnivået i det primære influensområdet. Overvåking av fosfat, ammonium og nitrat+nitritt i overflatelaget og oksygen i hele vannsøylen i desember til februar viser at tilstanden (bedømt etter miljøklassifiseringssystemet til SFT) var meget god for alle parametre untatt nitrat (mindre god). De forhøye verdier av nitrat skyldtes ikke utslippet til NOAH, men en generell påvirkning i området med nitratrikt vann fra Drammensfjorden. Undersøkelsene av bunnforholdene med sedimentprofil-fotografering viste at tilstanden var god bortsett fra på tre stasjoner, to rett ved utløpet og en 500 meter nord for utløpet, hvor den var mindre god.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Overvåking	1. Monitoring
2. Nitrogen	2. Nitrogen
3. Sporstoff	3. Tracer
4. Bløtbunn	4. Soft bottom communities

André Staalstrøm

André Staalstrøm
Prosjektleder

Dominique Durand

Dominique Durand
Forskningsleder

Jarle Nygard

Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

Overvåking av utslipp ved Langøya

Innledende undersøkelser vinteren 2007-2008

Forord

Denne rapporten er utarbeidet for NOAH og inneholder en vurdering av utslipp fra NOAH sitt renseanlegg på Langøya.

Feltarbeidet vinteren 2007/2008 har blitt utført av André Staalstrøm og Petter Nord fra NOAH.

Feltarbeidet i februar 2008 har blitt utført av André Staalstrøm, Jan Magnusson og Hans Christer Nilsson ved hjelp av Universitetet i Oslo sitt forskningsfartøy F/F Trygve Braarud. En takk rettes til mannskapet om bord; Sindre Holm, Jan Sundøy og Tom Erik Baade.

André Staalstrøm har utført hoveddelen av arbeidet med rapporten. Hans Christer Nilsson har gjennomført og skrevet kapittlet om undersøkelser av bunnforholdene.

Oslo. 6. mai 2008

André Staalstrøm

Innhold

1. Innledning	5
2. Hydrofysikk	8
2.1 Temperatur og salt sjiktning gjennom vinteren 2007/2008	8
2.2 Strømforhold i Breiangen	10
3. Utslipp av sporstoff	11
3.1 Metodikk	11
3.2 Kalibrering	12
3.3 Gjennomføring	13
3.4 Resultater og diskusjon	14
4. Vurderinger	16
4.1 Vannkjemiske analyser	16
5. Undersøkelser av bunnforhold	19
5.1 Prøvetaking	19
5.2 Sedimentprofilfotografering (SPI)	20
5.3 Resultat	21
6. Samlet vurdering	23
Referanser	24
Vedlegg A. Fluorescein profiler	25
Vedlegg B. Vannanalyser	27
Vedlegg C. SPI	32

1. Innledning

NOAH har siden 1985 hatt anlegg for behandling og slutt disponering av farlig avfall på Langøya. De hadde tidligere et utslipp av nitrogenholdig avløpsvann på ca. 14 meters dyp omtrent 80 meter fra land. Avløpsvannet ble innlagret i 8 -12 meters dyp (Magnusson m.fl., 1997). Bedriften hadde en konsesjon på utslipp av 27 tonnN/år, men fikk den midlertidig utvidet til 110 tonnN/år høsten 2007. I tillatelsen var det krav om overvåking av utslippet, samt at avløpsvannet skulle ledes ut dypere slik at restkonsentrasjoner av nitrogen (i hovedsak ammonium som utgjør 90-95 % av totalnitrogenet i utslippsvannet) ikke direkte skulle nå fotosyntesesonen. Videre at utslippet skulle reguleres slik at mesteparten av nitrogenet ble sluppet ut vinterstid. **Figur 1** viser Langøyas plassering i Breiangen i ytre Oslofjord.

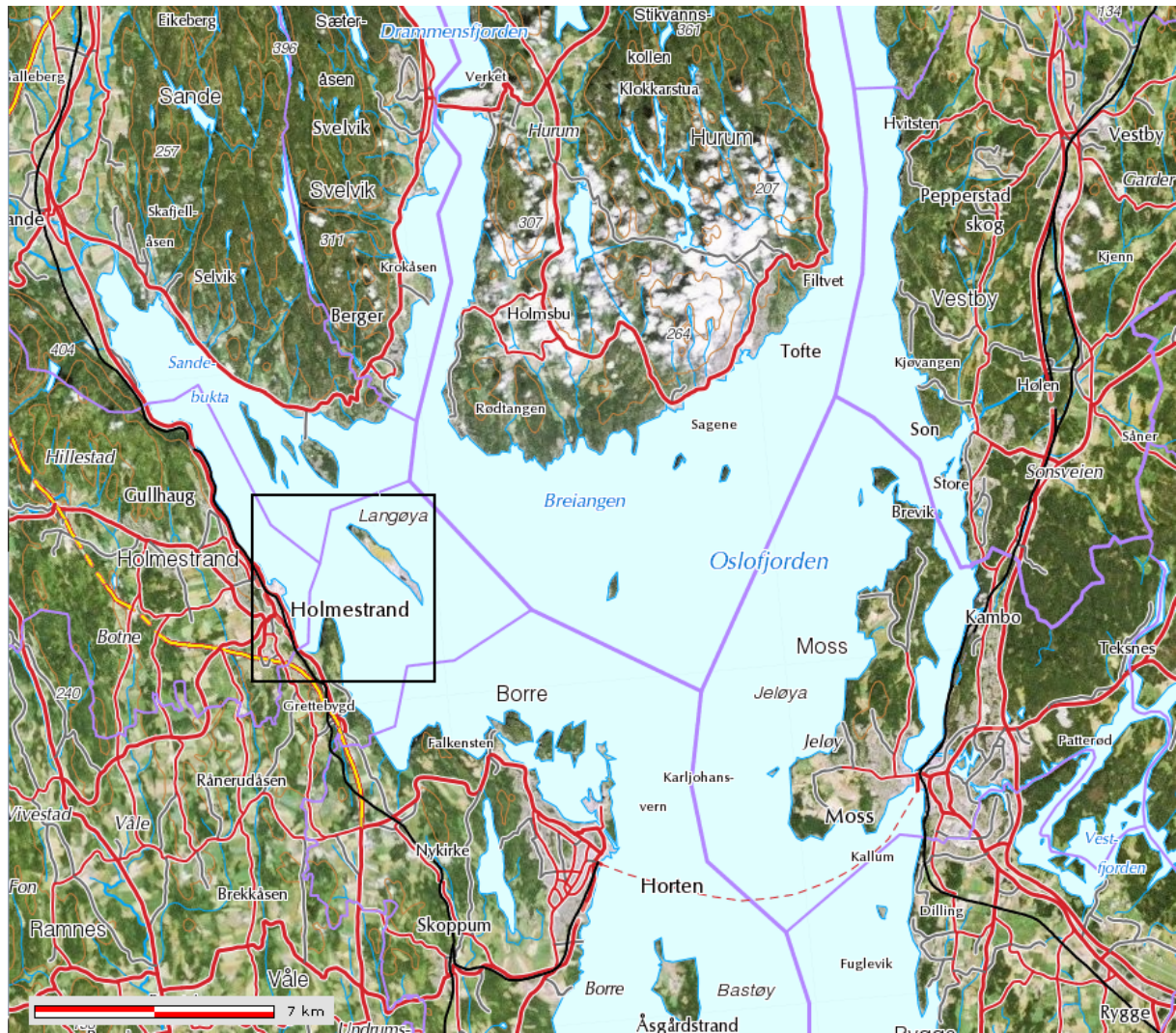
Ved en økning av utslippet til ca. 110 tonnN/år vil det utgjøre ca. 1-2 % av den totale nitrogentilførselen til området (Molvær, 2007). Dette er små andeler, som må sees mot annen tilførsel til området som for eksempel Drammenselva som har en naturlige variasjoner på 800-1000 tonnN/år fra år til år. Sandeelva tilfører fjordens overflatelag betydelig mer enn 110 tonnN/år. Imidlertid vil nitrogenmengden fra NOAH bli mer enn det dobbelte av det som slippes ut med kommunalt avløpsvann fra Holmestrand by.

Utslippledningen ble forlenget i slutten av oktober 2007 og utslippsdypet er nå på ca. 38 meters dyp, dvs. noe dypere enn det som ble antatt i miljøvurderingen av det nye utslippet (Molvær, 2007).

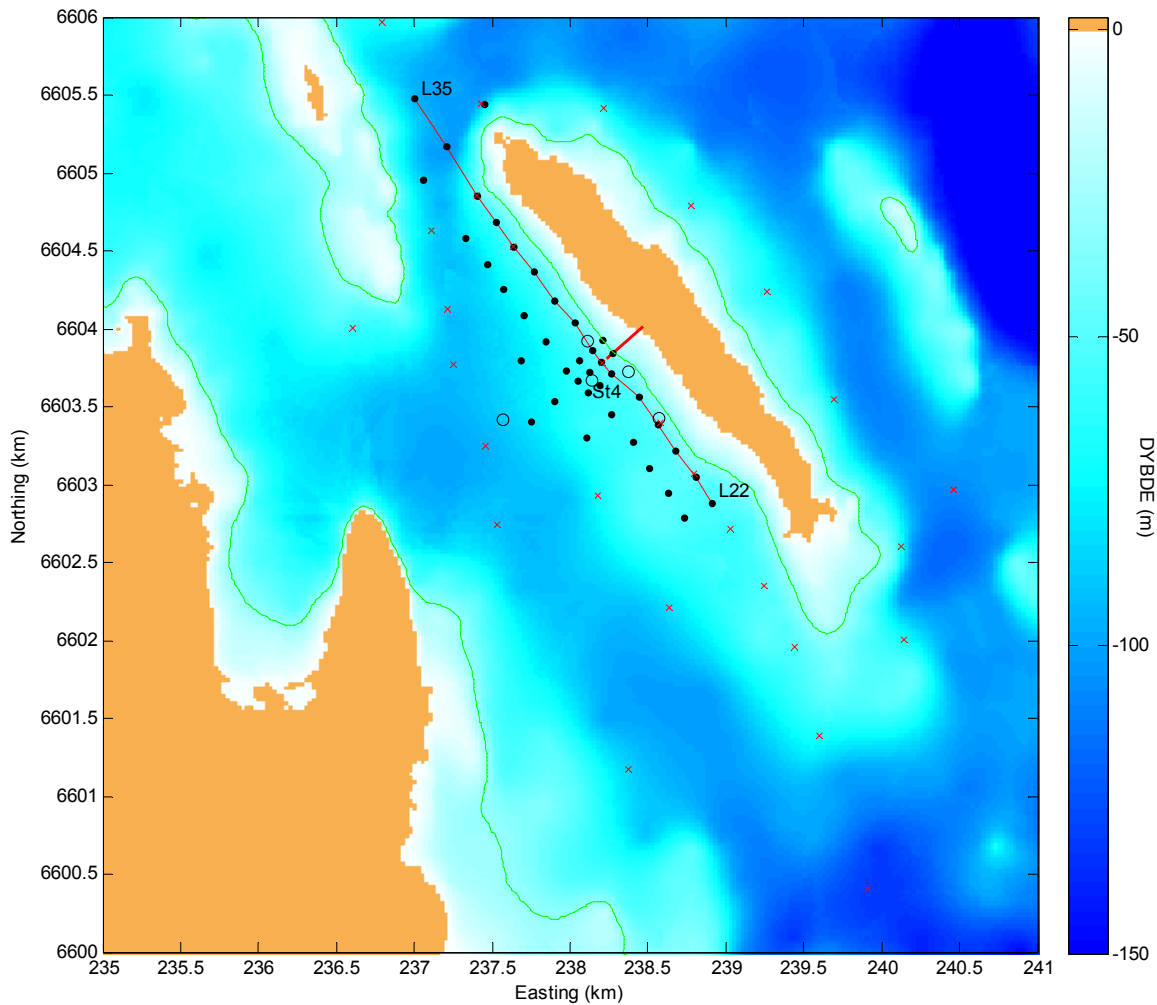
Overvåkingen av det nye utslippet har vært gjennomført ved vannkjemiske analyser på 5 stasjoner i området, samt en studie av hvor stort influensområde utslippet har i området. Videre er det foretatt en undersøkelse av tilstanden i bunnsedimentene.

Det har blitt foretatt prøvetakning i vannmassene i alt fem dager. Den 12. desember 2007 og den 22. januar 2008 ble det gjort CTD-målinger (temperatur, saltholdighet og tetthet) og tatt vannprøver ned til 30 meters dyp ved fem stasjoner utenfor utslippet. Et sporstofforsøk med Fluorescein ble startet mandag 18. februar, med prøvetakning på tirsdag og onsdag. Værfoldene var svært gode med lite vind. Stasjonene er vist i **Figur 2**. Den 21. februar ble det foretatt undersøkelser av bunnforholdene med sedimentprofilfotografering (SPI).

De generelle hydrofysiske forholdene med vertikal sjiktning og strømforhold blir beskrevet i kapittel 2. Sporstofforsøket blir beskrevet i kapittel 3. Undersøkelsene av bunnforholdene blir presentert i kapittel 4. Resultatene fra vannprøvene blir diskutert i lys av de andre undersøkelsene i kapittel 5.



Figur 1. Breianger i ytre Oslofjord. Området som er markert med en svart firkant er vist i detalj i Figur 2.

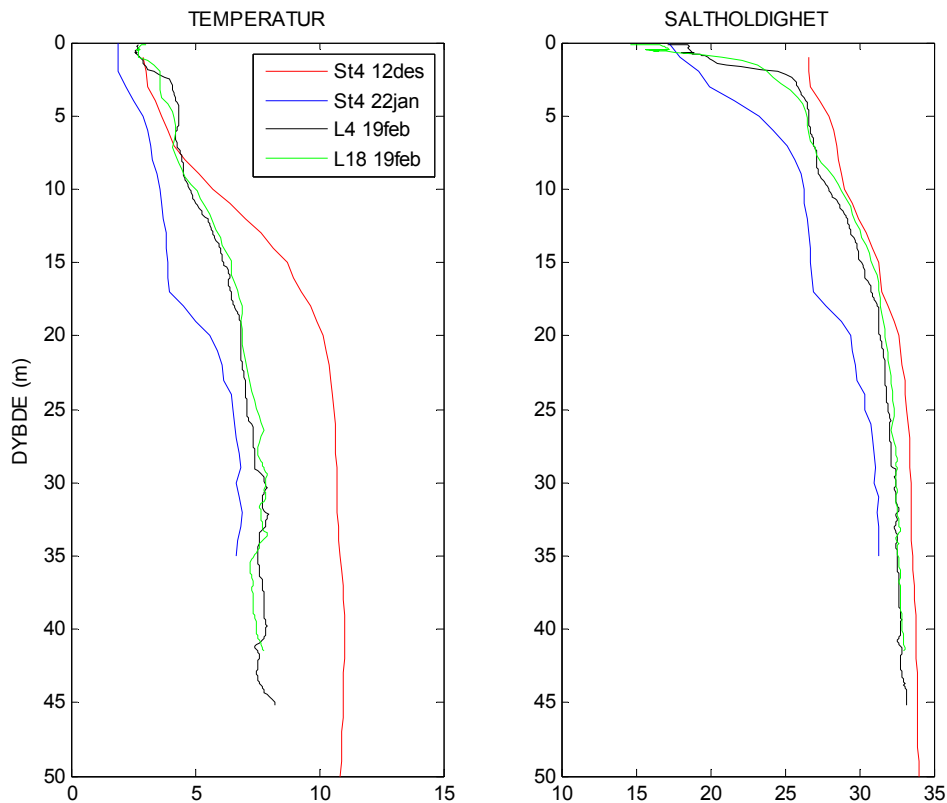


Figur 2. Stasjonskart for prøvetakning i vannmassene. Profiler målt 12. des 2007 og 22. jan 2008 (St1 til St5) er tegnet inn med svarte sirkler. St. 4 er rett utenfor utslippet. Profiler målt 19. feb 2008 er tegnet inn med svarte prikker (L1 til L40). De 16 profilene langs den røde linjen er brukt til å lage et vertikalt snitt. Snittet går fra L35 til L22. Profiler målt 20. februar 2008 er tegnet inn med røde kryss. Omtrentlig posisjon til avløpsrøret er markert med en tykk rød strek. Dybdekonturen for 30 meters dyp er tegnet inn med en grønn linje. Koordinatene på aksene er UTM33 (WGS84).

2. Hydrofysikk

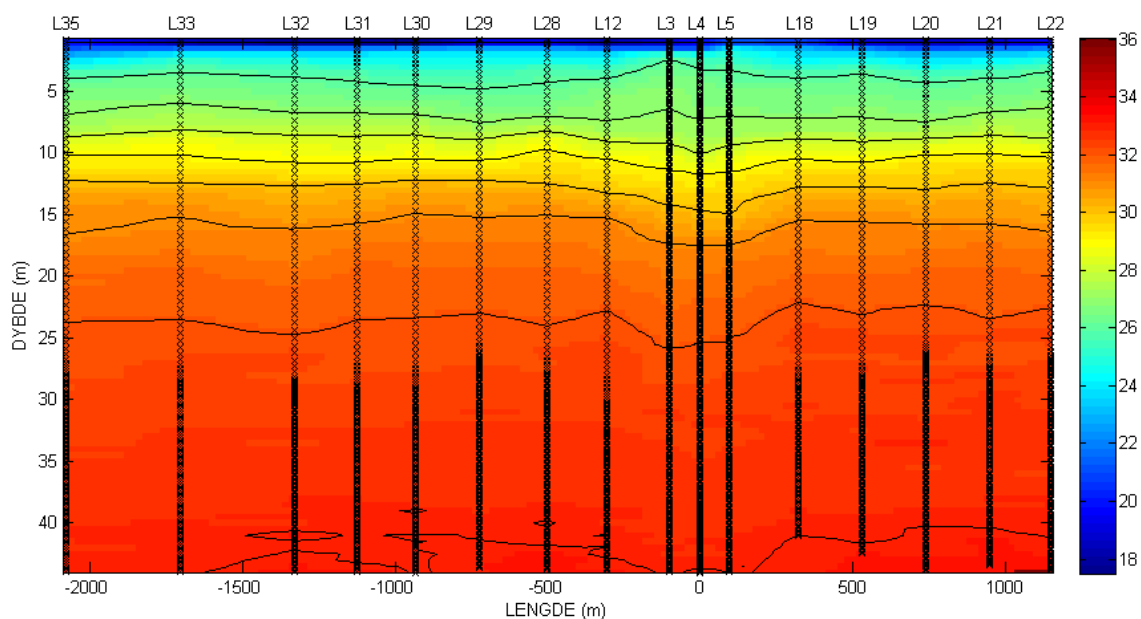
2.1 Temperatur og salt sjiktning gjennom vinteren 2007/2008

Figur 3 viser de vertikale profilene til saltholdighet og temperatur i vannmassene rett utenfor utslippet. Sjiktningen varierer en god del gjennom vinteren. Den 12. desember er det et kraftig sprangsjikt mellom 9 og 12 meter. Den 22. januar hadde vannet blitt kaldere, og det var et sprangsjikt fra 0 til 8 m og et fra 18-21 meter. Den 19. februar var det et kraftig sprangsjikt i overflata og et svakere fra 10-13 meter. De lave overflatesaltholdighetene viser at området er influert av vann fra Drammensfjorden.



Figur 3. Temperatur- og saltholdighesprofiler rett utenfor utslippet gjennom vinteren 2007/2008. Profilene er fra St4 (12. des og 22. jan) og L4 (19. feb).

For å vise den romlige variasjonen i sjiktningen, har saltholdigheten hentet fra data i et snitt langs Langøya målt 19. februar 2008 blitt tegnet opp med konturlinjer i **Figur 4**. Posisjonene som er brukt i snittet er vist i **Figur 2**. Det er tydelig at ferskvann fra utslippet påvirker sjiktningen lokalt (stasjonene L3-L5).

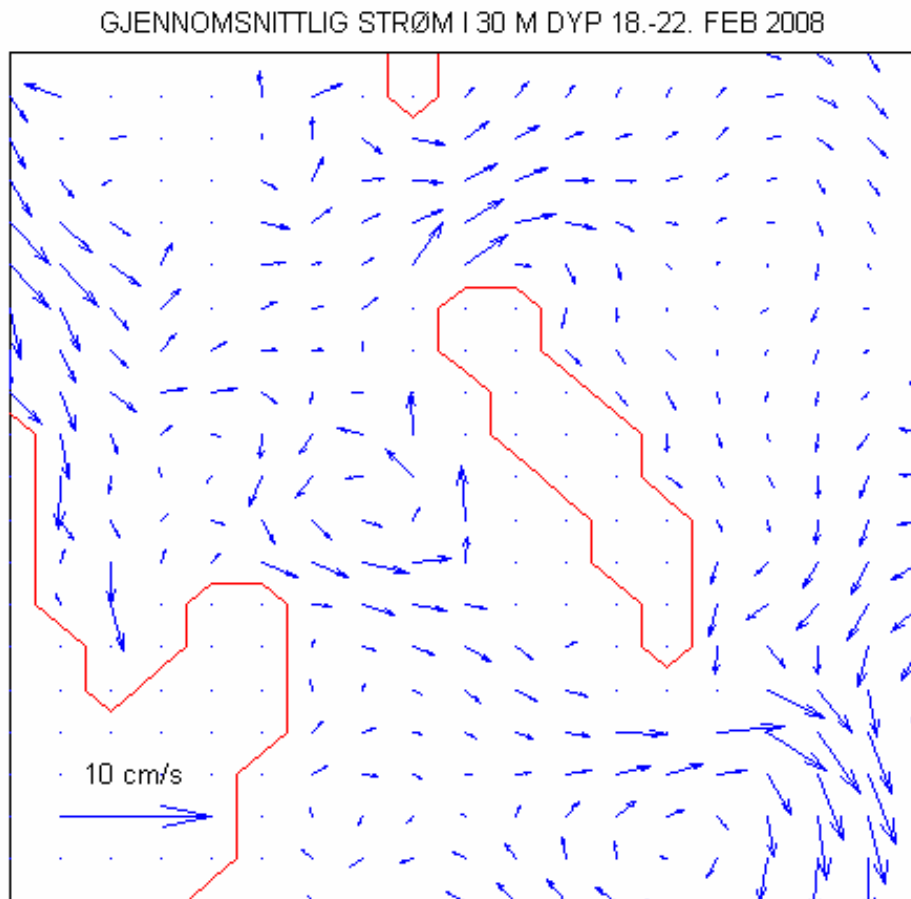


Figur 4. Saltholdigheten i et vertikalt snitt langs Langøya 19. februar 2008. Flater med konstant saltholdighet fra 26 til 33 er tegnet inn med svarte linjer.

2.2 Strømforhold i Breiangen

For å få et bilde av strømforholdene i området er det blitt hentet inn data fra en numerisk modell. Meteorologisk institutt har implementert modellen POM/ECOM3D (Estuarin Circulation Ocean Modell 3D) for Oslofjorden med 300 m oppløsning (Engedal, 1995). Data fra Breiangen er hentet inn fra 18. til 22. februar 2008.

Strømbildet er ikke dominert av strøm som varierer rett fram og tilbake med tidevannet, men derimot virvler som endrer seg med tidevannssyklusen. Ved å ta gjennomsnittet av strømdata for hver time fra 18. til 22. februar så trer det fram et bilde av det rådende strømmønsteret. Tidevannsvariasjonene er da midlet ut, og det man sitter igjen med kan kalles havets "vær". Som været på land, så kan dette bildet endre seg med tiden. **Figur 5** viser gjennomsnittlig strøm rundt Langøya i 30 meters dyp fra 18. til 22. februar. Det ligger en virvel mellom Langøya og Mulodden som fører vann inn mot utslippet. Strømmen går i snitt nordover langs Langøya nord for utslippet, og sørover sør for utslippet. Typisk middels strømstyrke er 2-4 cm/s.



Figur 5. Strøm fra 30 meters dyp hentet fra met.no sin modell over Oslofjorden. Kystlinja i modellen er tegnet inn med rød linje.

3. Utslipp av sporstoff

Som en del av vurderingene av utslippet fra NOAH sitt anlegg på Langøya ble det gjennomført et sporstofforsøk hvor stoffet ble dosert i avløpsvannet fra rensanlegget. Formålet med forsøket var dels å se på utslippets influensområde, samt å undersøke nitrogenvariasjonen og oksygenforholdene i utslippsvannet i området.

3.1 Metodikk

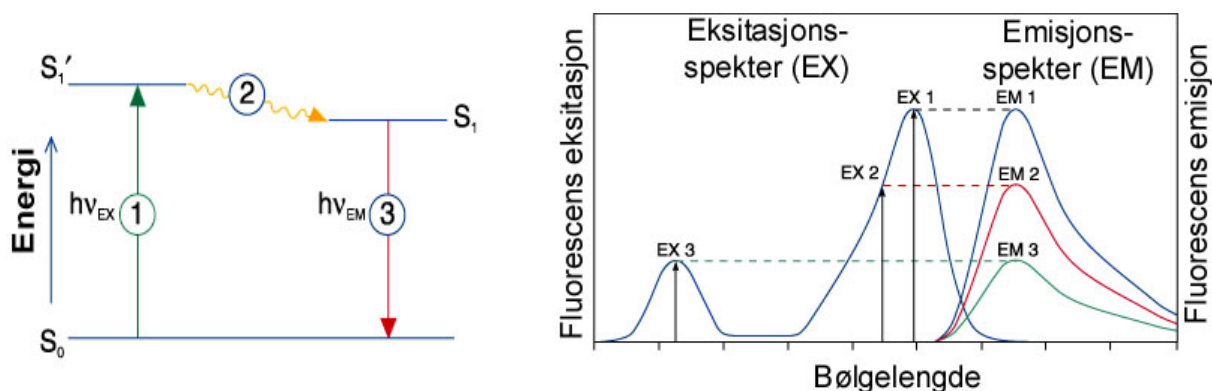
Fargestoffet Fluorescein med produktnavnet MS-200 ble benyttet i forsøket. Fluorescein gir en grønn farge på vannet selv med svært høy fortykning. Stoffet er lenge blitt brukt til sporing av vannlekkasjer, spredning av grunnvann og lignende. Fluorescein er nedbrytbart i sollys og med tiden også i sjøvann. Det har ikke noen skadelige effekter på miljøet i de lave konsentrasjoner som ble brukt i dette forsøket.

På Langøya ble stoffet dosert av NOAH sitt personell inn i avløpsvannet fra rensanlegget og deretter detektert og sporet i sjøen utenfor anlegget. Utslippsskya ble kartlagt med en CTD påmontert en Fluorescein-sensor. Denne sensoren kan måle konsentrasjoner ned mot $0.001 \mu\text{g/ml}$, som tilsvarer en fortykning på 10^{-9} .

Det praktiske opplegget besto i hyppige målinger av profiler fra båt under og etter Fluorescein-doseringa, med sanntids avlesning av konsentrasjonen ombord. Framgangsmåten er lignende den som ble benyttet ved Askøy utenfor Bergen sommeren 2007 (Molvær m.fl, 2007).

Fluorescein er et fluoreserende stoff, i slekt med mange andre tilsvarende stoff slik som Rhodamin og Pyranine. Naturlige stoff, slik som klorofyll i fytoplankton (klorofyll-a) har også fluoreserende egenskaper.

Fluorecensmolekylene er oftest polyaromatiske hydrokarboner med den egenskapen at de tar opp energi i form av lys på en bestemt bølgelengde (eksitasjon) og avgir automatisk energi med litt større bølgelengde (emisjon). Diagrammet under t.v. illustrerer dette (**Figur 6**), der $h\nu_{EX}$ representerer energien fra lyset som eksiterer molekylet til S_1' fasen. Fase 2 er et mellomstadium der noe energi går tapt p.g.a. vibrasjoner m.m. inntil molekylet når en metastabil fase S_1 . Etter kort tid vil så molekylet gå tilbake fra S_1 til normaltstanden S_0 ved å emittere energi $h\nu_{EM}$ i form av lys som representerer ei litt lengre bølgelengde enn $h\nu_{EX}$. Dette lyset kan så detekteres av en egnet sensor (fluorometer) som absorberer energien på den aktuelle bølgelengden. Figuren t.h (**Figur 6**). viser eksempel på spektrene for tre ulike stoff, i dette tilfellet med ulik eksitasjon, men samme emisjonsbølgelengde.



Figur 6. Prinsippet for fluorescerende stoff. Figurkilde: www.iob.uio.no.

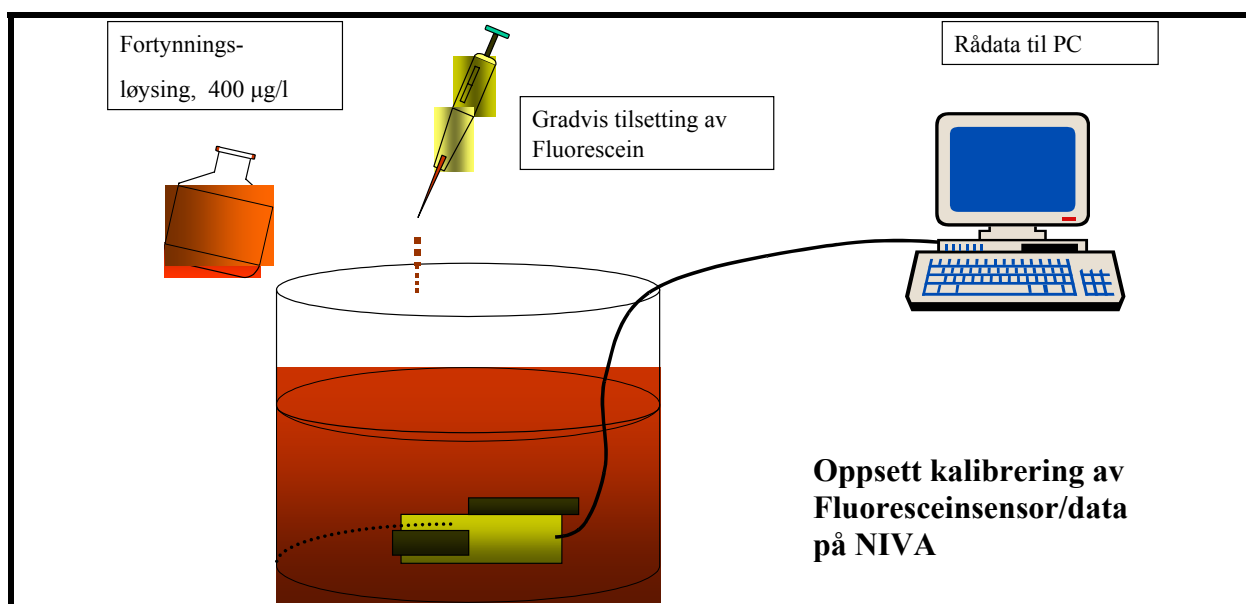
Måleinstrumentets fluorimeter bruker LED lamper for å eksitere sporstoffet. Det mottagne emitterte lyset går så gjennom et filter og blir fanga opp av en silisium fotodiode som genererer en spenning proporsjonal med sporstoff-konsentrasjonen.

3.2 Kalibrering

Den 13. februar 2008 ble det kjørt en test av Fluorescein-sensoren (Seapoint montert på en STD (SAIV) på NIVA sitt laboratorium. Hensikten var å kalibrere sensoren ved å måle kjente konsentrasjoner av sporstoffet.

1 ml Fluorescein (1080 µg) ble tilsatt 2.7 l destillert vann for å få en løsning med konsentrasjon 400 µg/l. Denne løsningen ble gradvis tilsatt i et kar med 20 l destillert vann. Sensoren var lagt ned i karet og logget kontinuerlig via kabel til PC (se **Figur 7**).

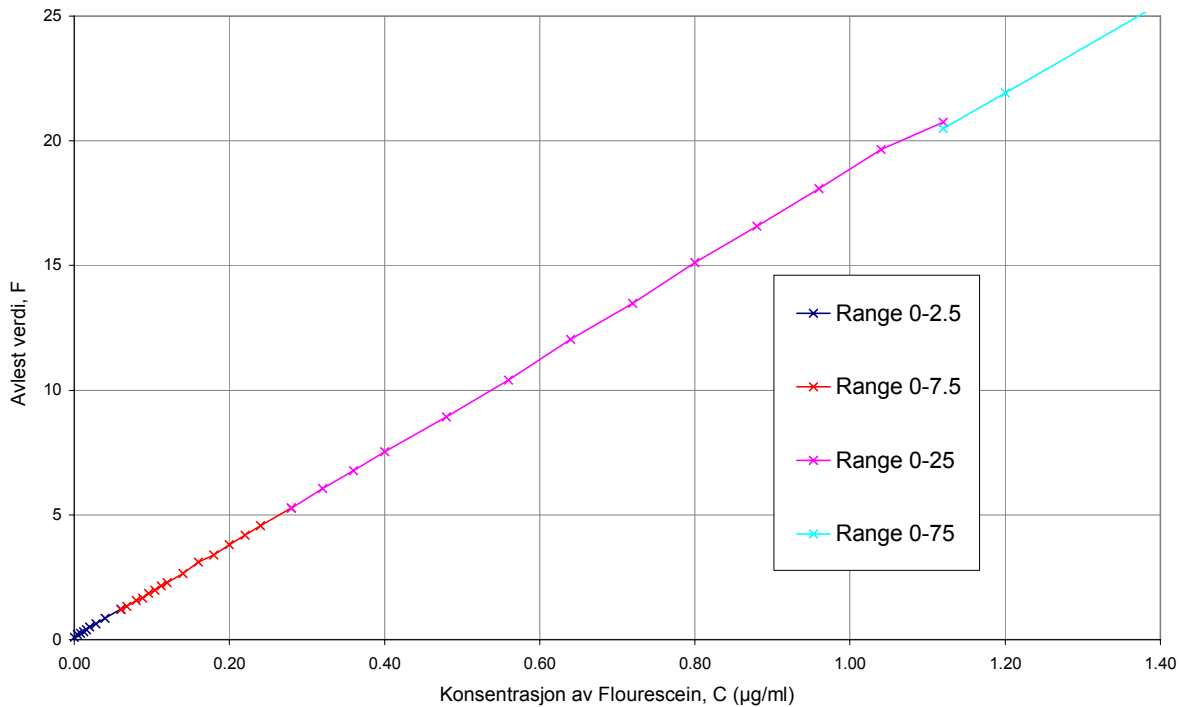
Svært små mengder sporstoff i karet skulle til for å få sonden til å gi utslag. Tilsetning begynte med 0.004 µg tilsatt i 20 l, dette gav 0.20 i avlest verdi. Bakrunnsnivået var 0.10, så enda lavere mengder ville ha blitt detektert.



Figur 7. Oppsett for kalibrering av sporstoff-sensoren.

En kalibreringskurve basert på disse testene er vist i **Figur 8**. Kurven (responsen) er tilnærmet lineær. Følgende formel ble brukt for å beregne konsentrasjon, C , utifra avlest verdi på sensoren, F .

$$C(F) = \frac{0.56}{10.4}(F - 0.1)$$



Figur 8. Kalibreringskurver for Fluorescein-sensoren. Avlest verdi er plottet mot kjent sporstoff konsentrasjon.

3.3 Gjennomføring

Tilsetning av sporstoff i avløpsvannet fra NOAH sitt rensesanlegg på Langøya startet mandag 18. februar kl. 08:40 (lokal tid). Det ble tilsatt 2.5 l pr time eller 0.7 ml/s til avløpsvannet. Vannmengden i avløpet var 28 l/s, så konsentrasjonen før fortykning var omtrent 27 µg/ml. Utpumpingen gikk fint til ca. 13:30, hvor slangen til innsuget hadde vridd seg. Etter omtrent en time startet utpumpingen igjen, og gikk uten problemer til morgenkvisten onsdag. Totalt 100 liter Fluorescein ble pumpet ut.

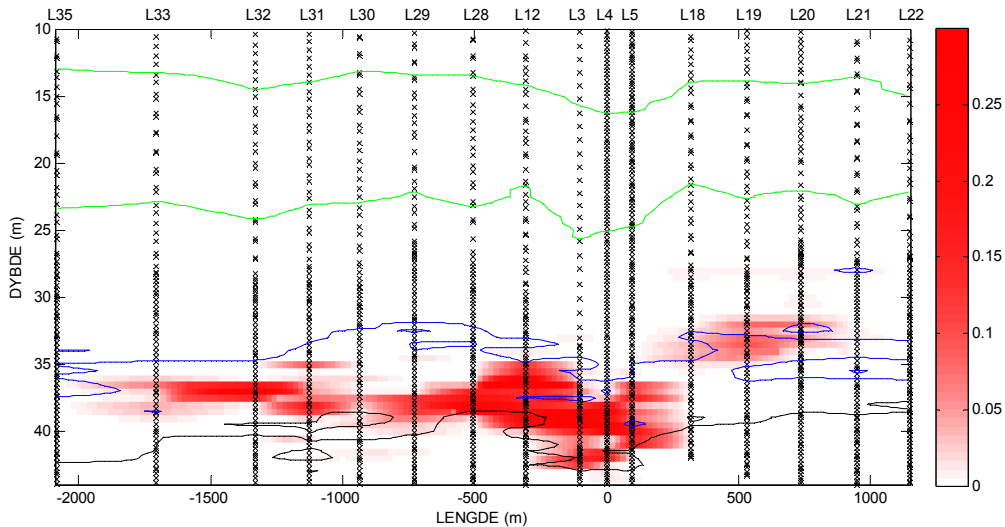
Sporing av Fluorescein ble gjort fra Universitetet i Oslo sitt forskningsfartøy F/F Trygve Braarud. Registreringen startet den 19.2 klokken 09:16, omtrent et døgn etter at tilsetning av sporstoff startet. Det ble tatt 40 stasjoner på sørvestlig side av Langøya den første dagen. Den siste registreringen ble foretatt 16:24, og utbredelsen av skya var da kartlagt.

Den 20. februar startet registreringen 08:07, og Fluorescein ble målt i 30 profiler fram til kl 15:05. Denne andre dagen ble det fokusert på å finne skyas maksimale utbredelse.

3.4 Resultater og diskusjon

Konsentrasjon av sporstoff ble registrert første gang på stasjon L3 kl. 09:47 (LT) den 19. februar. Den siste profilen (L40) ble målt 16:24 (LT). Det ble registrert sporstoff mellom 27,4 og 45,9 meters dyp. Den høyeste konsentrasjonen ble målt omtrent 300 m unna utslippet nordover langs Langøya (L12). Verdien var $1,06 \text{ g/m}^3$. Maksimal tykkelse på skya var 14 meter. Alle sporstoffprofilene er plottet i vedlegg A.

Innlagringsdypet på den delen av skya som bredte seg nordover lå mellom 35 og 40 m, og den strakk seg omtrent 2000 m av gårde. Den delen av skya som bredte seg sørover lå innlagret høyere oppe i vannmassen (32-35 m), og strakk seg omtrent 900 m av gårde, **Figur 9**.



Figur 9. Konsentrasjon av sporstoff sammen med tetthetsflatene i et vertikalt snitt som gikk gjennom makskonsentrasjonen langs Langøya 19. februar 2008. Konsentrasjonen på den røde fargeskalaen er angitt i $\mu\text{g/ml}$ eller g/m^3 . Flatene hvor tettheten ($\sigma\text{-t}$) er 24 og 25 er tegnet inn med grønne linjer. Flatene hvor tettheten er 25,45 og 25,65 er tegnet inn med henholdsvis blå og svart linje.

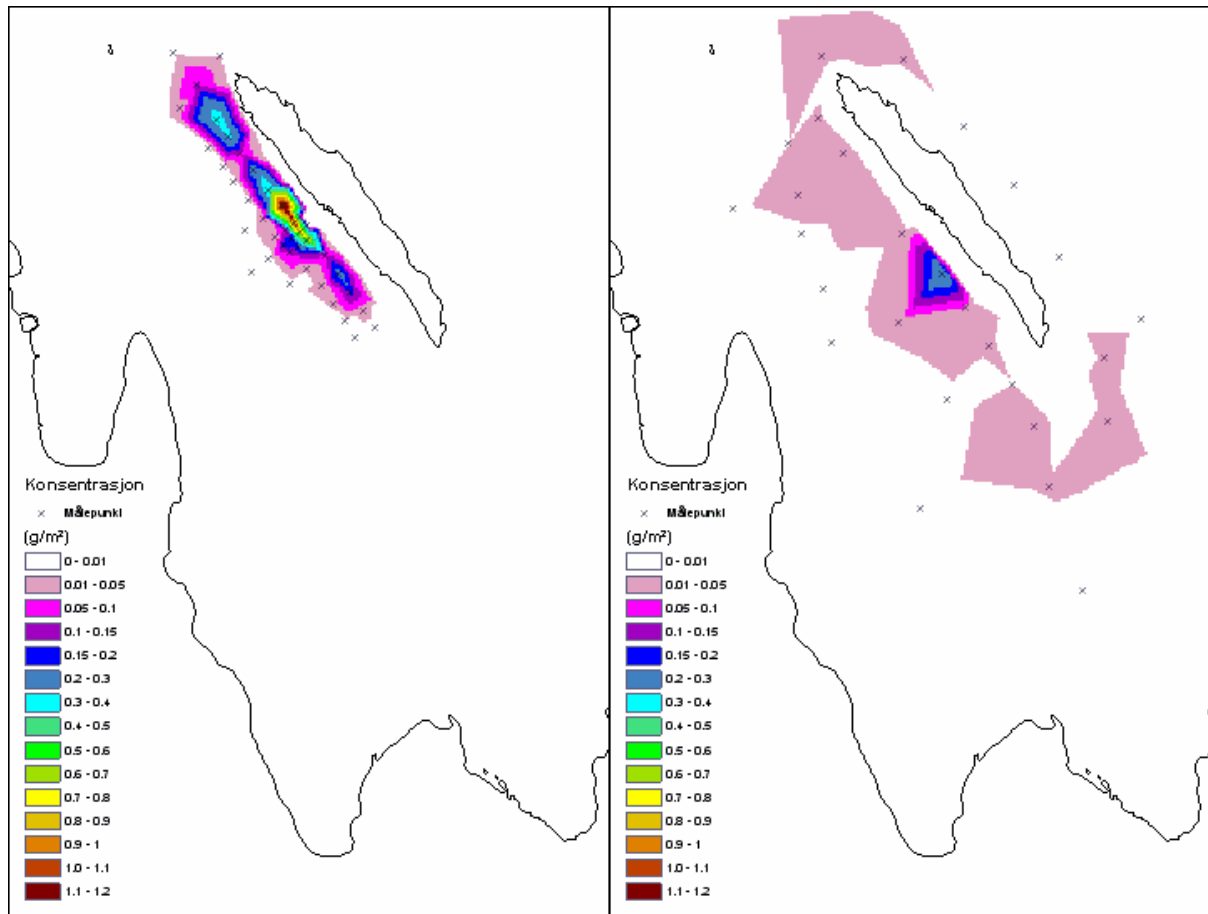
Figur 10 viser den horisontale utbredelsen av utslippet. Konsentrasjonen er summert opp i hvert dyp, så enheten blir g/m^2 , og deretter interpolert med lineær interpolasjon for hver 20ende meter. Punkter med null konsentrasjon er lagt inn langs 30 m isobaten rundt Langøya for å unngå konsentrasjon av sporstoff på land. For å få et anslag på hvor mye sporstoff som fins i vannet, kan antall gram sporstoff summeres opp og divideres på tettheten til Fluorescein. Summeres sporstoffet opp på denne måten for 19. februar, så får man et anslag på 124 liter. Det var på slutten av denne dagen sluppet ut omtrent 75 liter sporstoff i sjøen. Anslaget er av samme størrelsesorden, og dette sannsynliggjør at **Figur 10** (venstre side) gir et riktig bilde av den horisontale utbredelsen, men at interpoleringen muligens gir områder med høyere konsentrasjoner enn i virkeligheten.

På høyre side av **Figur 10** vises utbredelsen av sporstoffet den 20. februar når tilsetning av Fluorescein til avløpsvannet var avsluttet. Totalt 100 liter var da sluppet ut i sjøen. Gjøres den samme summeringen fås det et anslag på 79 liter, som sannsynliggjør at den viste horisontale spredningen gir et riktig bilde, men at utbredelsen av sporstoffet muligens er noe større enn vist på figuren.

Sporstoffet spredde seg langs 30 m konturlinjen rundt Langøya. Nordover så kom sporstoffet rundt nordenden av øya. Det ble målt en makskonsentrasjon på $0,007 \text{ g/m}^2$ 49 timer etter at utslippet startet ved L46. Dette er langs 30 m konturen omtrent 2500 m fra utslippet. Dette gir en middels strømhastighet på $1,4 \text{ cm/s}$.

Ved L62, 500 m rett øst for sydspissen av Langøya, ble det målt en maks-konsentrasjon på 0,015 g/m² 53 timer etter at utslippet startet. Løngs 30 m konturen er dette omtrent 3100 m fra utslippet. Dette gir en middels strømhastighet på 1,6 cm/s. I strømdataene fra met.no sin modell (**Figur 5**) er den maksimale midlede strømhastigheten utenfor utslippet 3,6 cm/s. Størrelsesordenen på strømstyrken fra modellberegningene stemmer godt med disse anslagene.

Det er tydelig at sporstoffet breder seg rundt nordenden av Langøya og videre sørover. Om sporstoffet også vil bre seg rundt sørenden av øya og møte den andre enden av skya gir ikke målingene noe klart svar på. Utifra **Figur 5** skulle man ikke forvente dette. Utslippsskya vil med tiden bre seg rundt hele Langøya, i hvert fall via nordenden. Fortynningen vil da typisk ligge mellom 10⁻⁸ og 10⁻⁹.



Figur 10. Dybdeintegrert konsentrasjon av Fluorescein rundt Langøya 19. (til venstre) og 20. februar 2008 (til høyre). Konsentrasjonen er angitt i g/m².

4. Vurderinger

4.1 Vannkjemiske analyser

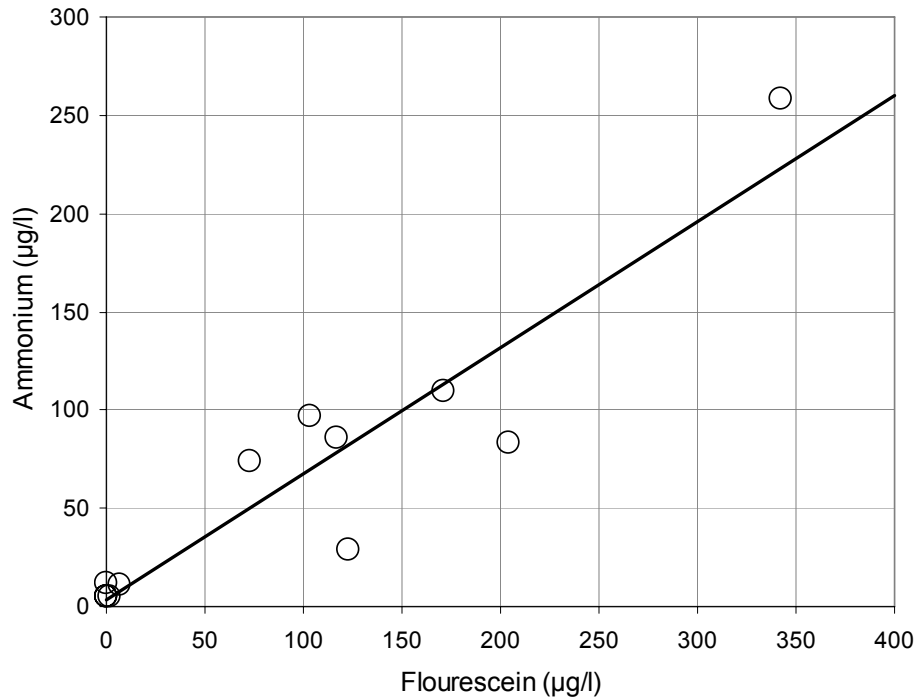
Vannprøvene som ble tatt 12. desember og 22. januar viste ingen forhøyede verdier av verken nitrat, fosfat eller ammonium. Oksygenforholdene var like gode på alle fem stasjonene. Det ble tatt prøver bare ned til 30 m nær utslippet. Valget av prøvetakingsdyp baserte seg på at utslippet skulle ha vært høyere opp enn det faktisk er. Sporstofforsøket har vist at innlagingsdypet til avløpsvannet ligger dypere enn dette, som følge av at utslippet ligger på ca. 38 meters dyp. Resultatene fra alle vannprøvene er presentert i **vedlegg B**.

Tabell 1 viser resultatene fra vannprøver tatt i samme dybdesjikt som der avløpsvannet innlagret seg. Noen av prøvene er tatt inni skya og noen utenfor. Det er ingen forhøyede verdier av nitrat eller fosfat i utslippsskya. Nivåene ligger på bakgrunnsnivået. Det er derimot god korrelasjon mellom innhold av ammonium i vannet og konsentrasjon av sporstoff. **Figur 11** viser fluorescein på x-aksen og ammonium på y-aksen. Korrelasjonskoeffisienten er 0.928.

Reduksjonen av ammoniumkonsentrasjonene skjer dels ved fortynning av det innlagrede avløpsvannet, dels ved at ammonium oksideres til nitrat. **Figur 11** viser at for avløpsvannet fra NOAH er fortynningen til største del bestemmende for ammoniumkonsentrasjonen og at konsentrasjonen når bakgrunnsnivå ved lave fluoresceinverdier. Oksygenkonsentrasjonen i samme posisjoner og dyp (**Tabell 1**) viser omtrent samme verdier i hele området, med en forskjell på 0.24 ml/l. Teoretisk ville en nitrifikasjon av ca 160 µg/l ammonium (til nitrat) kunne gi en oksygenforskjell på ca 0.5 ml/l, dvs klart større enn det som er observert i området. Utslippvannet fra NOAH har således ikke noen effekt på oksygenforholdene på innlagingsdyp, og ammonium fortynnes til bakgrunnsnivåer i selve nærområdet.

Tabell 1. Vannprøver tatt i innlagingsdypet til utslippsskya.

Stasjon	Dyp (m)	Oksygen (mlO ₂ /l)	Fosfat (µgPO ₄ /l)	Nitrat (µgNO ₃ /l)	Ammonium (µgNH ₄ /l)	Sporstoff (µgF/l)
L3	41.0	5.89	18	112	83	204
L5	38.5	5.91	18	122	110	171
L6	40.5	5.89	18	112	86	117
L7	40.0	5.88	18	112	29	123
L8	38.0	5.87	18	112	74	73
L15	37.0	5.68	18	108	<5	2
L20	33.0	5.89	18	122	97	103
L28	37.5	5.92	18	134	258	342
L42	42.0		18	200	12	0
L46	41.0		18	112	11	7
L49	41.0		19	122	<5	0
L70	39.0		18	122	<5	0



Figur 11. Korrelasjon mellom ammonium og konsentrasjon av sporstoff.

Tabell 2 viser vinterverdiene av næringssalter i overflatevannet i området. Sammenlignet med SFT's klassifiseringssystem for vannkvalitet (**Tabell 3**) er tilstanden meget god bedømt etter fosfat og ammonium, men mindre god for nitrat. Årsaken til de forhøyede nitratverdiene er sannsynligvis tilførsler fra Drammensfjorden.

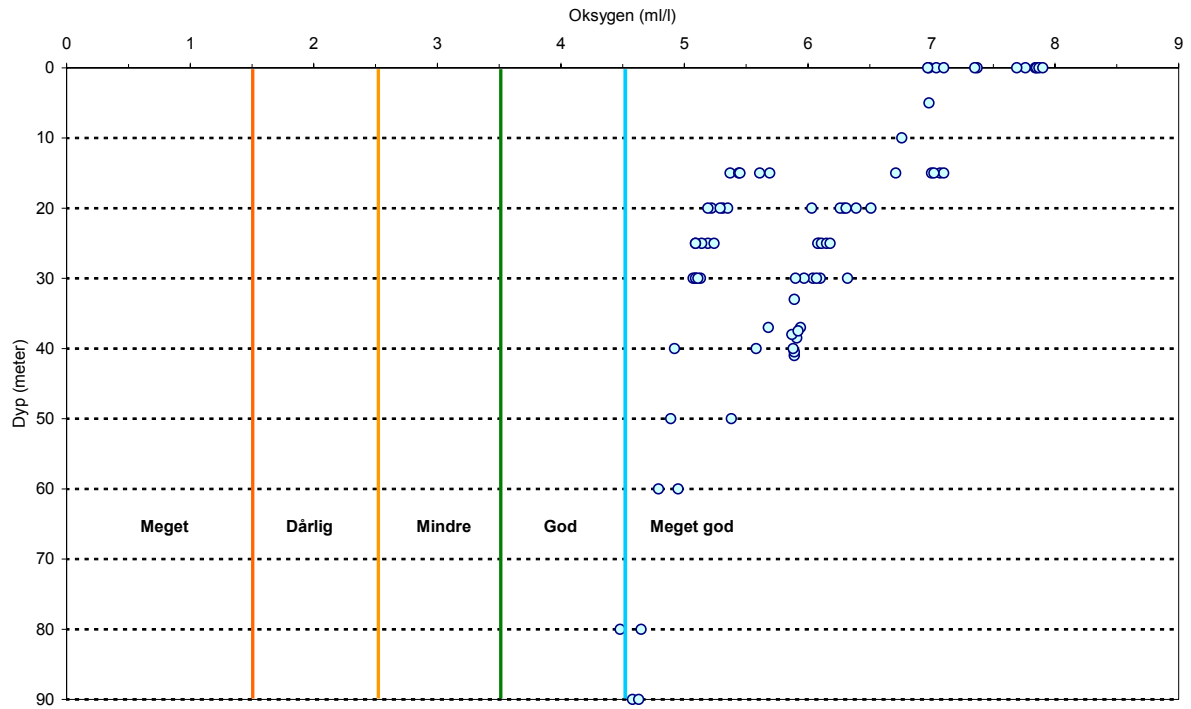
Oksygenforholdene vinterstid (desember 2007 til februar 2008) var meget gode bedømt etter SFT's klassifiseringssystem for vannkvalitet (**Figur 12**). Nå er imidlertid oksygenkonsentrasjonene vanligvis gode i området vinterstid som følge av vannfornyelse.

Tabell 2. Overflatekonsentrasjoner (0-5 meters dyp) desember til februar av næringssalter sammenlignet med SFT's klassifiseringssystem for vannkvalitet. Se **Tabell 3** for forklaring av farger.

Parameter (µg/l)	N	Middelverdi	Minimum	Maksimum
NH ₄ -N	21	13.6	<5	25
NO ₃ -NO ₂ -N	21	197	112	245
PO ₄ -P	21	14.1	9	21

Tabell 3. Skala for klassifisering vinterstid for saltholdighet over 20 (Molvær m.fl., 1997).

Variabel	Meget god	God	Mindre god	Dårlig	Meget dårlig
PO ₄ -P	<16	16-21	21-34	34-50	>50
NO ₃ +NO ₂ -N	<90	90-125	125-225	225-350	>350
NH ₄ -N	<33	33-75	75-155	155-325	>325

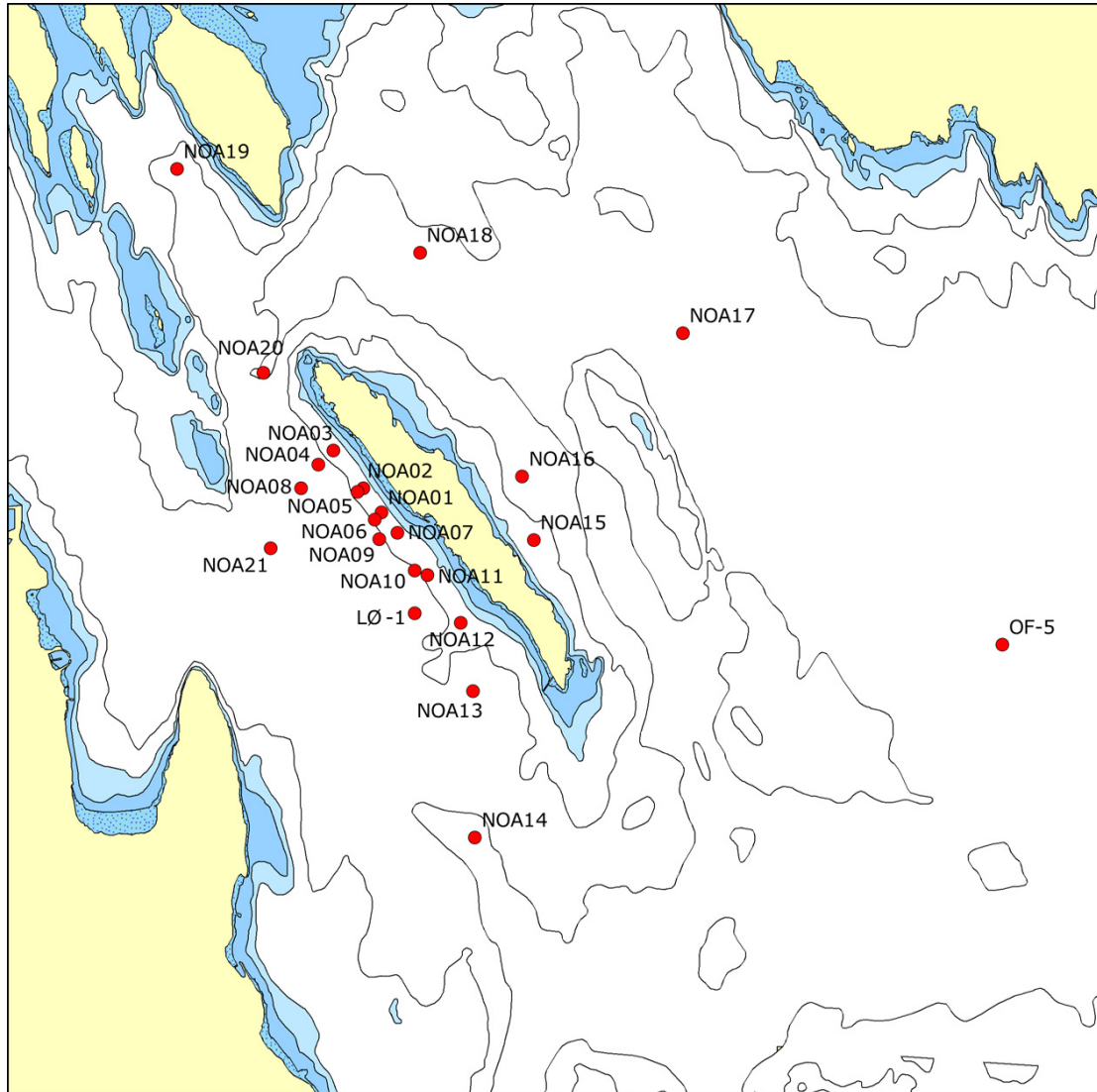


Figur 12. *Oksygenkonsentrasjoner vinteren 2007/2008 på ulike dyp og stasjoner. Tilstandsgrenser for SFT's klassifiseringssystem for vannkvalitet er markert.*

5. Undersøkelser av bunnforhold

5.1 Prøvetaking

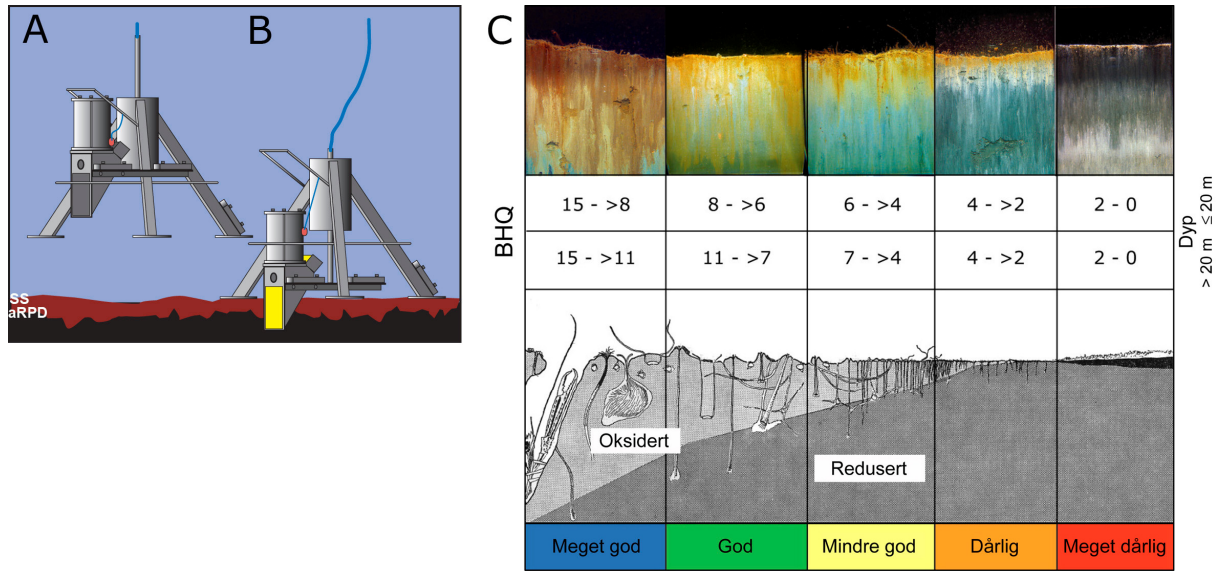
Feltarbeidet ble gjennomført 21. februar 2008 fra F/F Trygve Braarud tilhørende Universitetet i Oslo. Stasjonsplasseringen er vist i **Figur 13**.



Figur 13. Stasjonsplassering for SPI. OF-5 er hydrografistasjon og LØ-1 er faunastasjon for overvåkningsprogrammet for Ytre Oslofjord.

5.2 Sedimentprofilfotografering (SPI)

Sedimentprofilfotografering (SPI) er en rask metode for visuell kartlegging og klassifisering av sediment og bløtbunnfauna. Teknikken kan sammenlignes med et omvendt periskop som ser horisontalt inn i de øverste dm av sedimentet. Bildet som blir 17,3 cm bredt og 26 cm høyt, tas nede i sedimentet uten å forstyrre strukturer i sedimentet. Et digitalt kamera med blits er montert i et vanntett hus på en rigg med tre ben, **Figur 14**. Denne senkes ned til sedimentoverflaten slik at en vertikal glassplate presses ca. 20 cm ned i sedimentet. Bildet tas gjennom glassplaten via et skråstilt speil hvilket til sammen utgjør prismet. Resultatet er digitale fotografier med detaljer både av strukturer og farger av overflatesedimentet.



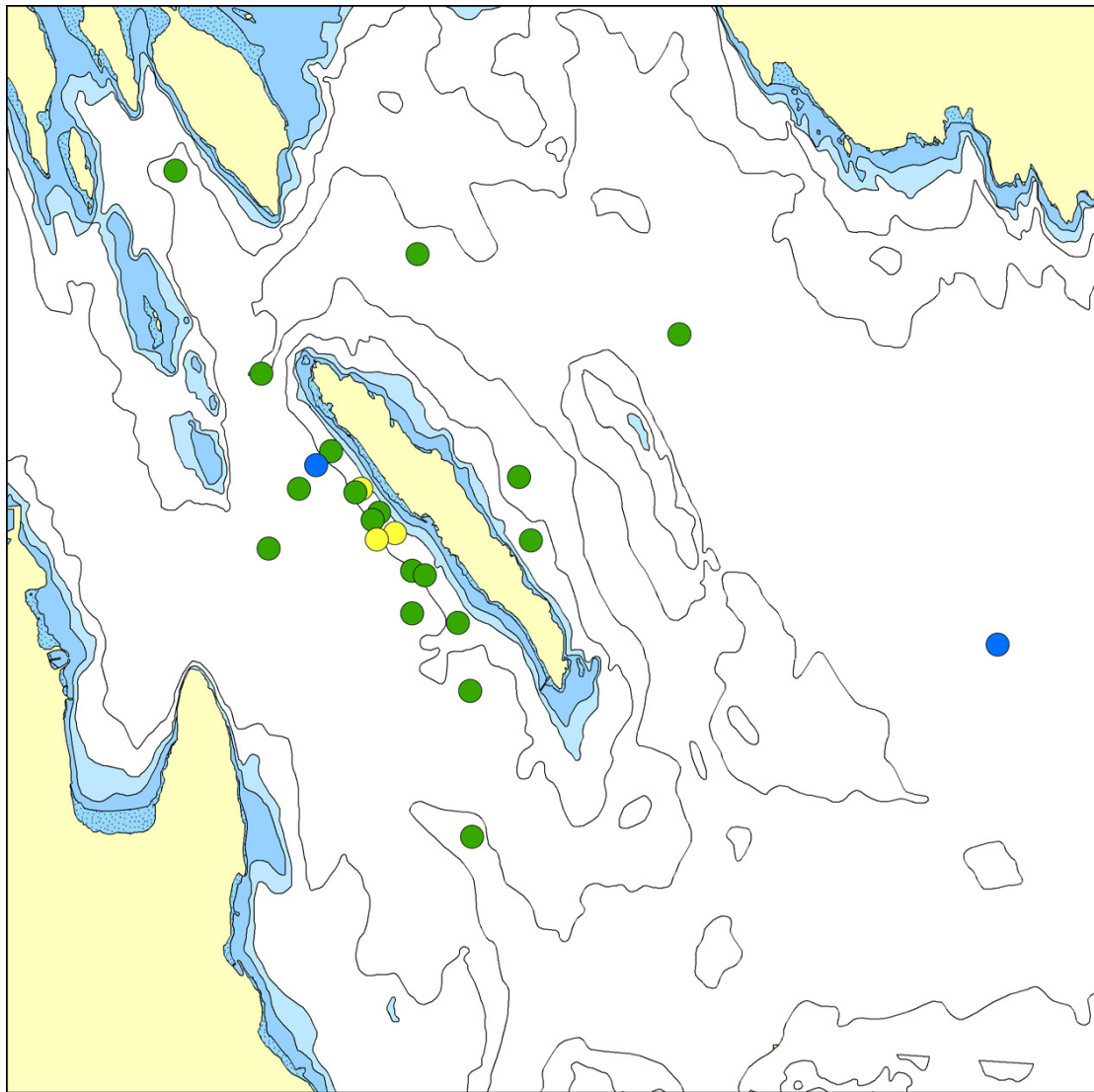
Figur 14. Prinsippskisse for SPI-kamera og bildeanalyse. (A) Kamera og rigg over bunnen (SS = sediment overflate og aRPD = grense mellom det bioturberte oksiderte sediment lagret og reduserende sediment [apparent redox potential discontinuity]). (B) Kamera med prismet som har trengt ned i sedimentet og bildet eksponeres. (C) Figuren over viser en modell av endringer i faunatype fra upåvirkede bunnsedimenter med en rik, dyptgravende fauna (Meget god) til en grunnlevende, fattig fauna i påvirkede områder (Meget dårlig). Sedimentprofilbildet er vist i toppen av figuren, der brunt farget sediment indikerer oksidert bioturbert sediment og sorte reduserte forhold. BHQ-miljøkvalitets indeks for vanddyb ≤ 20 meter og > 20 m er i henhold til EUs vanddirektiv for marine sedimenter (Pearson & Rosenberg 1978, Nilsson & Rosenberg 1997, Rosenberg m. fl. 2004, Nilsson & Rosenberg 2006).

Fra bildene kan en beregne en miljøindeks (Benthic Habitat Quality index; BHQ-indeks) ut fra strukturer i sedimentoverflaten (rør av børstemark, fødegrop og ekskrementhaug) og strukturer under sedimentoverflaten (bløtbunnsfauna, faunagang og oksiderte tomrom i sedimentet) samt redox-forhold i sedimentet. Indeksen varierer på en skala mellom 0 og 15. Denne indeksen kan siden sammenlignes med Pearson og Rosenbergs klassiske modell for faunaens suksessjon. Fra denne modellen klassifiseres bunnmiljøet i henhold til retningslinjer i EUs vannrammedirektiv (Rosenberg m. fl. 2004).

5.3 Resultat

Analysen av sedimentprofilbilder i henhold til BHQ-indeksen er vist i **Figur 15**. Generelt var bunnforhold i de åpne delene av fjorden gode (Tilstandsklasse I og II). Dårligere forhold (Tilstandsklasse III) ble observert, nær utslippet og ved en stasjon nordvest for utslippet. De tre stasjonene som havnet i kategorien ”mindre god” er ikke mye dårligere enn de øvrige stasjonene. Et eksempel på gode forhold (stasjon NOA12) og mindre gode forhold (stasjon NOA07) er vist i **vedlegg C**.

SPI stasjonene skal undersøkes på ny i juni 2008 og det vil da gjøres en grundigere vurdering av resultatene fra både februar og juni.



Figur 15. Tilstandsklasser av bløtbunnfauna i henhold til BHQ-indeksen (**Figur 12**, Rosenberg m.fl., 2004).

Tabell 4. SPI stasjonene.

Stasjon	Bredde-grad	Lengde-grad	Dyp (m)	RPD	BHQ indeks	TK SPI	middels TK SPI	Penet. dyp (cm)	Substrat
LØ-1	59.48611	10.37822	66	3.1	9.3	2	2	10.2	Siltig leire
NOA08	59.49424	10.36154	88	4.9	10.0	2	2	13.0	Siltig leire
NOA01	59.49295	10.37272	38	2.2	7.7	2	2	8.8	Siltig leire
NOA02	59.49455	10.37003	40	2.1	6.3	3	3	9.7	Siltig leire
NOA03	59.49701	10.36558	35	2.5	7.7	2	2	11.0	Siltig leire
NOA04	59.49595	10.36367	76	5.3	12.0	1	1	13.8	Siltig leire
NOA05	59.49426	10.36928	48	2.8	8.7	2	2	12.0	Siltig leire
NOA06	59.49243	10.37186	48	2.4	9.5	2	2	9.3	Siltig leire
NOA07	59.49162	10.37512	29	1.7	6.7	3	3	8.0	Siltig leire
NOA09	59.49110	10.37268	50	1.4	7.5	2	3	7.8	Sandig, siltig leire
NOA10	59.48909	10.37779	56	2.4	8.0	2	2	6.7	Sandig, siltig leire
NOA11	59.48882	10.37962	45	3.2	10.0	2	2	11.5	Siltig leire
NOA12	59.48568	10.38460	46	2.9	8.3	2	2	14.7	Leire
NOA13	59.48100	10.38690	66	3.6	10.3	2	2	11.2	Siltig leire
NOA14	59.47085	10.38856	100	4.1	11.7	1	2	17.0	Leire
OF-5	59.48677	10.45867	198	6.1	11.7	1	1	17.5	Leire
NOA15	59.49177	10.39376	45	2.5	9.7	2	2	10.7	Siltig leire
NOA16	59.49612	10.39158	69	2.8	9.3	2	2	10.5	Siltig leire
NOA17	59.50683	10.41217	178	5.0	9.0	2	2	16.0	Leire
NOA18	59.51114	10.37553	115	3.8	10.0	2	2	12.8	Siltig leire
NOA19	59.51576	10.34157	54	2.1	7.7	2	2	11.5	Siltig leire
NOA20	59.50207	10.35530	100	3.4	9.0	2	2	14.7	Leire
NOA21	59.48993	10.35795	93	4.2	12.5	1	2	11.5	Siltig leire

6. Samlet vurdering

Undersøkelsene viser at utslippet fra NOAH innlagres mellom 32 – 40 meters dyp. Sjiktningen nede i vannmassene er viktigere for innlagringsdypet enn sjiktningen nær overflata i dette tilfellet. Sjiktningen for profilen fra desember og fra februar er ganske lik fra 15 meters dyp og nedover, dvs at saltholdigheten øker jevnt nedover med dypet. Innlagringsdypet vil derfor bli tilsvarende den som er målt i sporstofforsøket, også i desember når sjiktningen i overflata er svakere. Profilen fra januar hadde en sterkere sjiktning nede i vannmassene.

Primært influensområde er begrenset til østsiden av Langøya. Med primært influensområde menes her det området hvor det kan finnes spor av avløpsvannet med forhøyede ammoniumkonsentrasjoner. Dette bildet kan endre seg hvis det gjennomsnittlige strømbildet endrer seg, noe som ikke er kartlagt.

Overkonsentrasjoner av ammonium ble observert på innlagringsdypet i området men reduseres med fortyningen av det innlagrede avløpsvannet og avtar til bakgrunnsnivå i det primære influensområdet. Det ble ikke observert noen effekter på oksygenforholdene på innlagringsdyp, og fosfat og nitratkonsentrasjonen skilte seg ikke fra det normale, unntatt nitratkonsentrasjonen på en stasjon inntil utslippet som var forhøyet. Vinterkonsentrasjonen av næringssalter i overflatelaget var i SFT's tilstandsklasse meget god for ammonium og fosfat samt mindre god for nitrat. Utslippet fra NOAH kunne ikke spores i nærområdets overflate og den dårligere tilstandsklassen for nitrat skyldtes sannsynligvis vannmasser fra Drammensfjorden. Oksygenforholdene i innlagringsdyp og i de dypere vannlag i området var meget gode.

Undersøkelsene av bunnforholdene med sedimentprofilografering viser at tilstanden er "mindre god" på tre stasjoner (BHQ-indeksen), to rett ved utløpet og en stasjon 500 meter nord for utløpet. Dette korrelerer med konsentrasjonen av sporstoff målt den første dagen etter utslippet. Dette kan imidlertid ikke være forårsaket av det nye dype utslippet, da det bare har eksistert i tre måneder. Derimot er det sannsynlig at situasjonen skyldes det opprinnelige utslippet, i og med at det ikke finnes andre utslipp i nærområdet. Det er derfor viktig å overvåke effektene av utslippet på bunnforholdene.

Resultatene fra sporstofforsøket og de kjemiske analysene av vannmassene viser at en tradisjonell overvåking av næringssalter i området har liten hensikt. Utslippets primære influensområde er kartlagt og utslippsdyp og innlagringsdyp vil i hovedsak ligge under fotosyntesesonen, og noen direkte effekter kan ikke forventes. Det anbefales at overvåkingen av utslippet fokuserer på effektene av næringsaltene i utslippet og ikke på innhold av næringssalter generelt i vannmassene. Program for biologisk effektovervåking er beskrevet i programforslaget og vil bli gjennomført som planlagt.

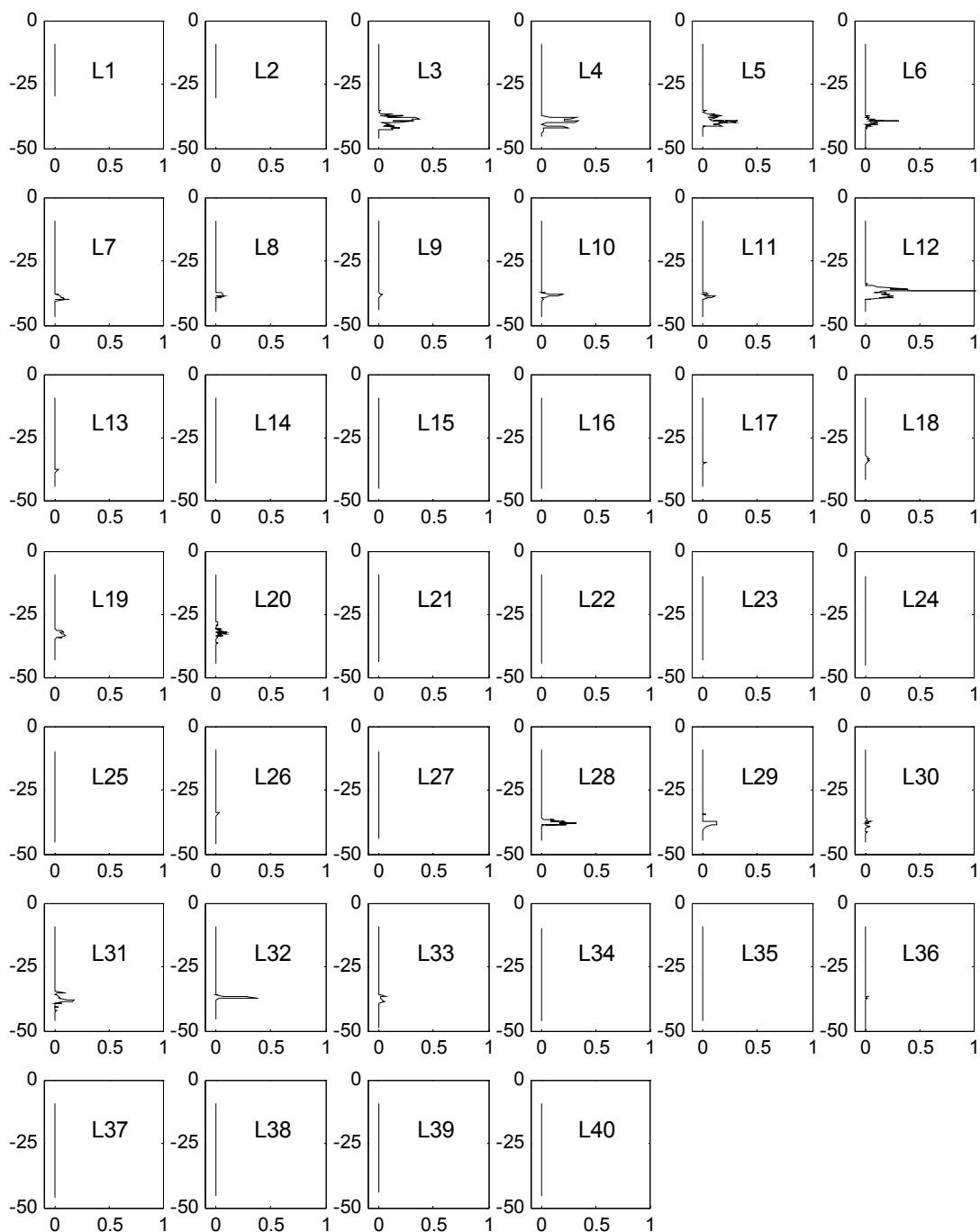
Utslippet av NOAH bør i fortsettelsen behandles på linje med andre utslipp til Breiangen hvor det er en del av den totale belastningen på området.

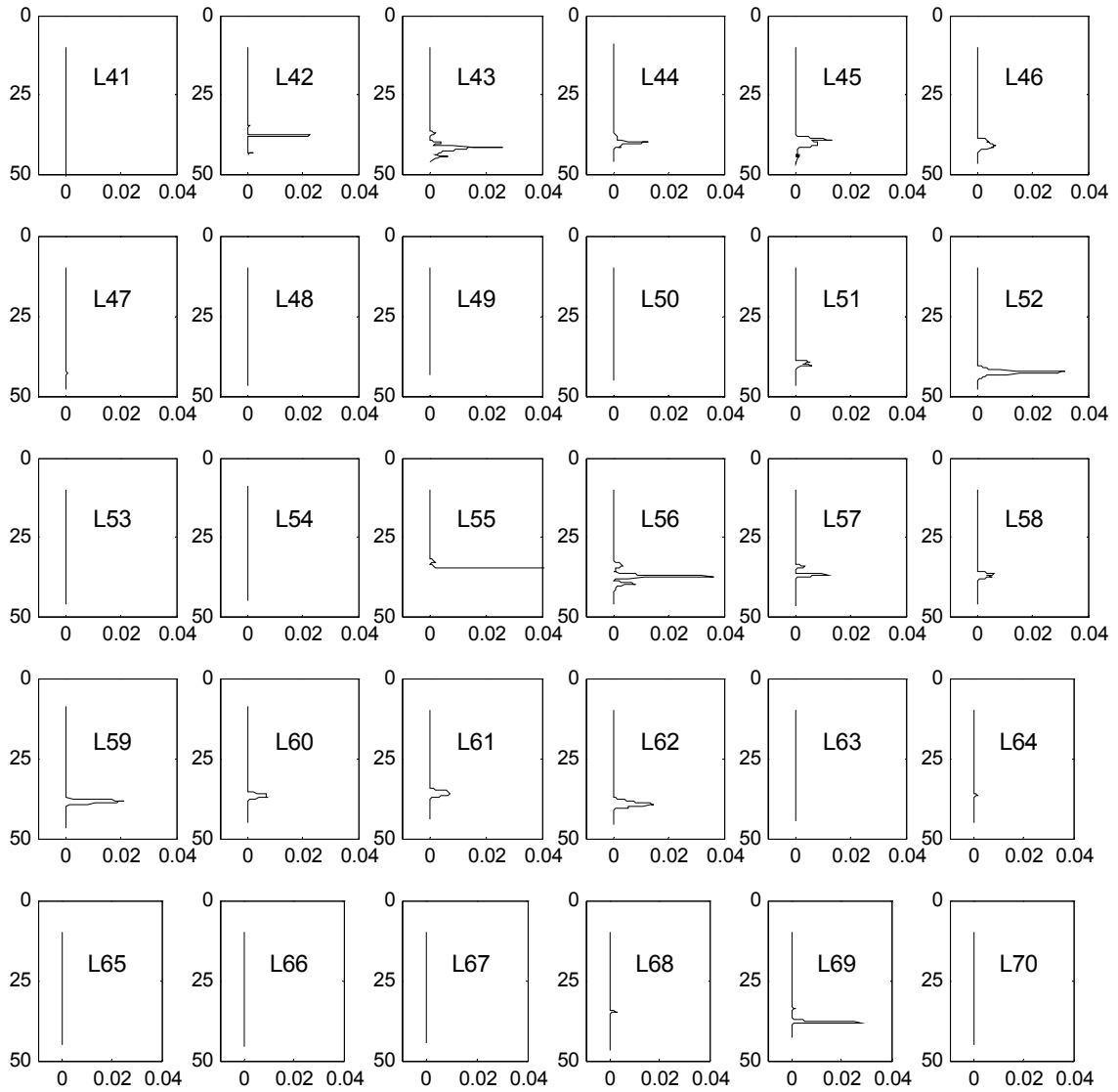
Referanser

- Engedahl, Harald (1995) *Implementation of the Princeton Ocean Model (POM/ECOM3D) at the Norwegian Meteorological Institute*. Research Report No.5, Norwegian meteorological Institute, 40pp.
- Magnusson J., Hackett B. & Ø. Sætra (1997) *Vurdering av utslippsforholdene ved Langøya, Breianger*. NIVA-rapport nr. 3657-1997. 23 sider.
- Molvær, J, Knutzen, J, Magnusson, J, Rygg, B og Sørensen, J (1997) *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Statens forurensningstilsyn*. Veiledning 97:03.
- Molvær, J. (2007) *Miljøvurdering av utslipp av nitrogen fra NOAH, Langøya, til Holmestrandsfjorden*. Niva-notat 18.10.2007.
- Molvær J, Golmen L G, Jaccard P og Staalstrøm A (2007) *Utslipp av kommunalt avløpsvann fra Askøy kommune – Vurdering av virkning og inndeling av resipienter*. NIVA rapport nr. 5505-2007.
- Nilsson HC, Rosenberg R (1997) *Benthic habitat quality assessment of an oxygen stressed fjord by surface and sediment profile images*. Journal of Marine Systems 11:249-264
- Nilsson HC, Rosenberg R (2006) *Collection and interpretation of Sediment Profile Images (SPI) using the Benthic Habitat Quality (BHQ) index and successional models*. NIVA Report No. 5200-2006, Sidor 26
- Pearson TH, Rosenberg R (1978) *Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment*. Oceanogr Mar Biol Ann Rev 16:229-311
- Rosenberg R, Blomqvist M, Nilsson HC, Cederwall H, Dimming A (2004) *Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive*. Marine Pollution Bulletin 49:728-739

Vedlegg A. Fluorescein profiler

Resultatene fra alle stasjonene målt 19. og 20. februar 2008 er vist her. Dybden er angitt i meter på y-aksen, mens sporstoffkonsentrasjonen er angitt i $\mu\text{g/l}$.





Vedlegg B. Vannanalyser

I dette vedlegget blir resultatene fra alle vannprøvene presentert sammen med detaljerte stasjonskart.

Tabell 5. *Vannprøver 12. desember 2007.*

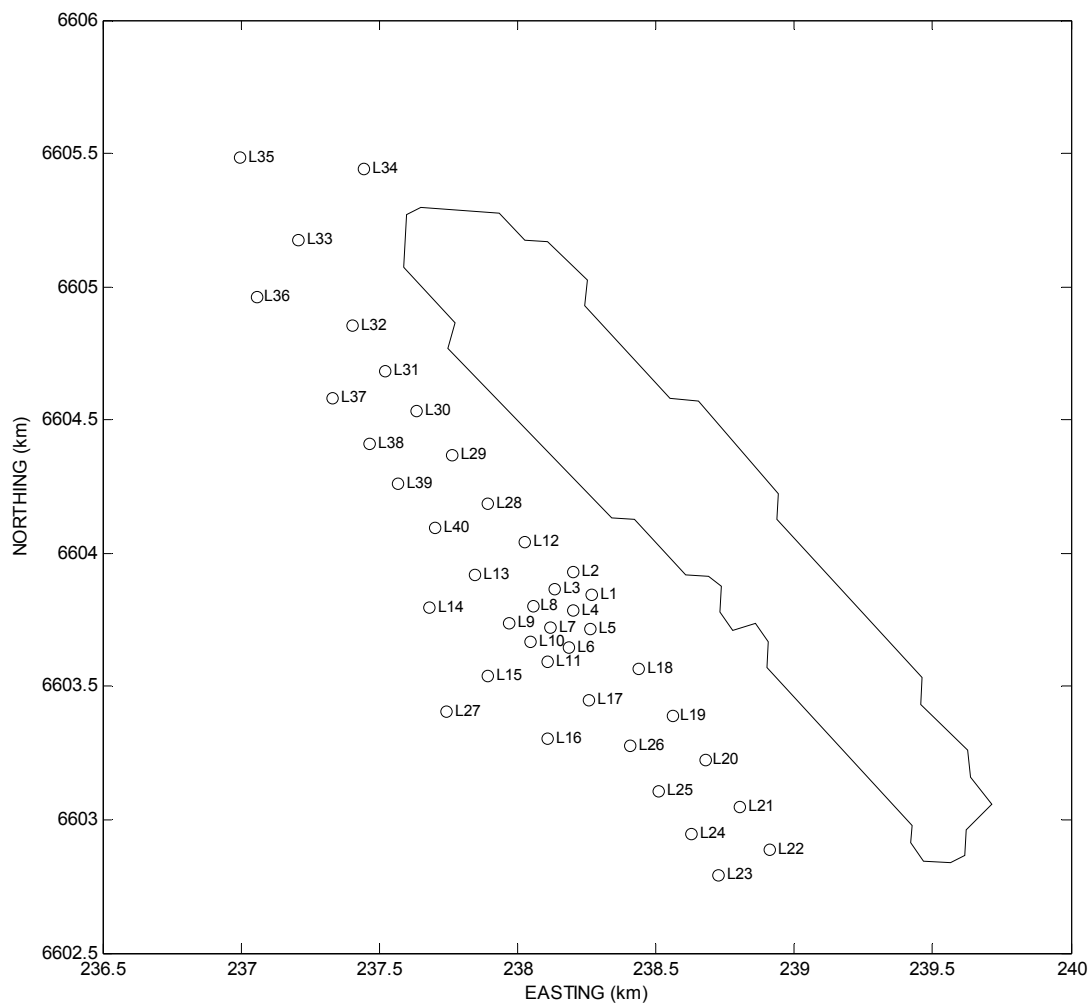
Stasjon	Dyp (m)	Oksygen (mlO ₂ / l)	Fosfat (µgPO ₄ / l)	Nitrat (µgNO ₃ / l)	Ammonium (µgNH ₄ / l)
St 1	0	6.98	14	170	15
	15	5.37	13	94	<5
	20	5.22	14	81	<5
	25	5.19	14	75	<5
	30	5.09	15	78	<5
St 2	0	7.04	13	170	7
	15	5.44	14	94	<5
	20	5.19	14	86	<5
	25	5.14	14	76	<5
	30	5.07	15	79	<5
St 3	0	6.97	16	170	7
	15	5.69	13	102	<5
	20	5.31	14	85	<5
	25	5.09	14	79	<5
	30	5.09	15	76	<5
St 4	0	7.10	13	170	7
	15	5.61	13	97	<5
	20	5.35	14	83	<5
	25	5.24	14	83	<5
	30	5.13	14	77	<5
St 5	0	7.37	13	200	9
	15	5.45	13	104	<5
	20	5.29	14	99	<5
	25	5.09	15	86	<5
	30	5.11	14	74	<5
	40	4.92			
	50	4.89			
	60	4.79			
	80	4.48			
90	4.58				

Tabell 6. *Vannprøver 22. januar 2008.*

Stasjon	Dyp (m)	Oksygen (mlO_2/l)	Fosfat ($\mu gPO_4/l$)	Nitrat ($\mu gNO_3/l$)	Ammonium ($\mu gNH_4/l$)
St 1	0	7.84	15	190	21
	15	7.07	16	113	12
	20	6.29	16	122	<5
	25	6.09	17	116	<5
	30	6.04	17	104	6
St 2	0	7.85	15	195	20
	15	7.00	15	116	11
	20	6.51	17	124	<5
	25	6.08	16	117	<5
	30	6.10	17	108	5
St 3	0	7.87	15	200	20
	15	7.10	16	117	12
	20	6.26	17	125	<5
	25	6.11	17	119	<5
	30	5.97	17	113	6
St 4	0	7.76	15	190	20
	15	7.02	16	112	11
	20	6.39	16	124	<5
	25	6.15	17	118	<5
	30	6.07	17	106	5
St 5	0	7.90	15	205	21
	15	6.71	16	124	6
	20	6.31	17	123	<5
	25	6.18	17	104	5
	30	6.32	18	97	7

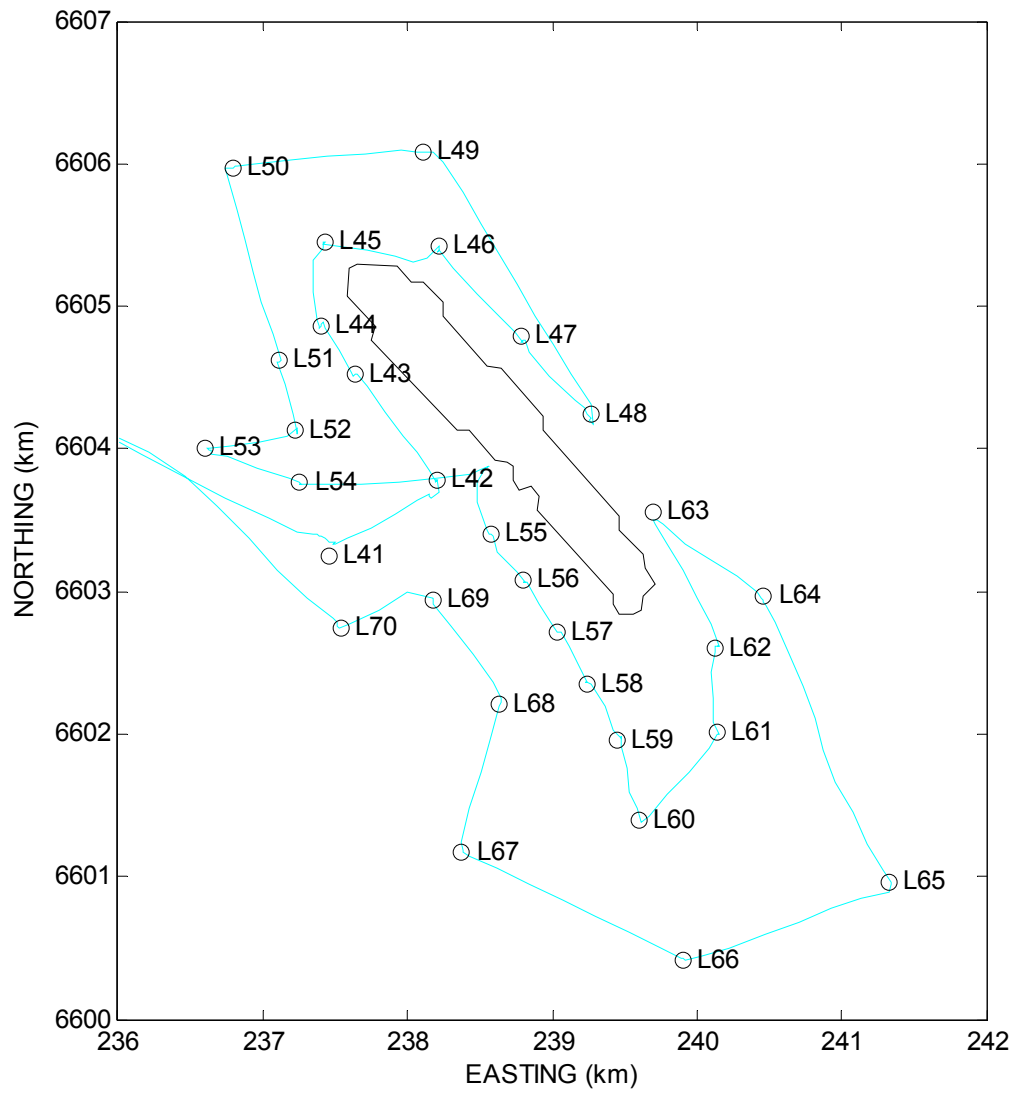
Tabell 7. *Vannprøver 19. februar 2008.*

Stasjon	Dyp (m)	Oksygen (mlO_2/l)	Fosfat ($\mu gPO_4/l$)	Nitrat ($\mu gNO_3/l$)	Ammonium ($\mu gNH_4/l$)
L3	0.0	7.69	14	210	12
	37.0	5.94	18	112	13
	41.0	5.89	18	112	83
L5	38.5	5.91	18	122	110
L6	40.5	5.89	18	112	86
L7	40.0	5.88	18	112	29
L8	38.0	5.87	18	112	74
L15	37.0	5.68	18	108	<5
L20	33.0	5.89	18	122	97
L28	37.5	5.92	18	134	258

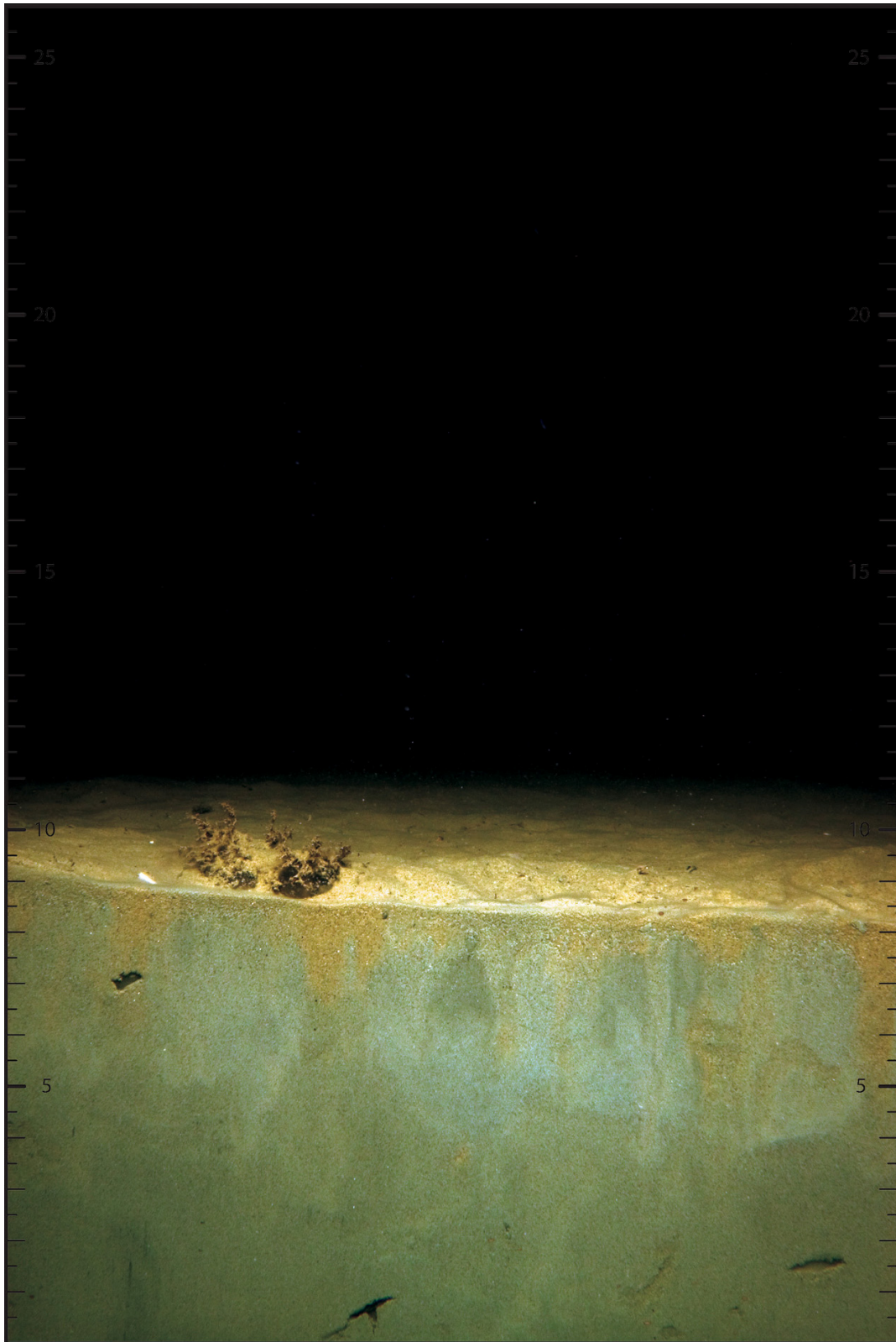


Tabell 8. *Vannprøver 20. februar 2008.*

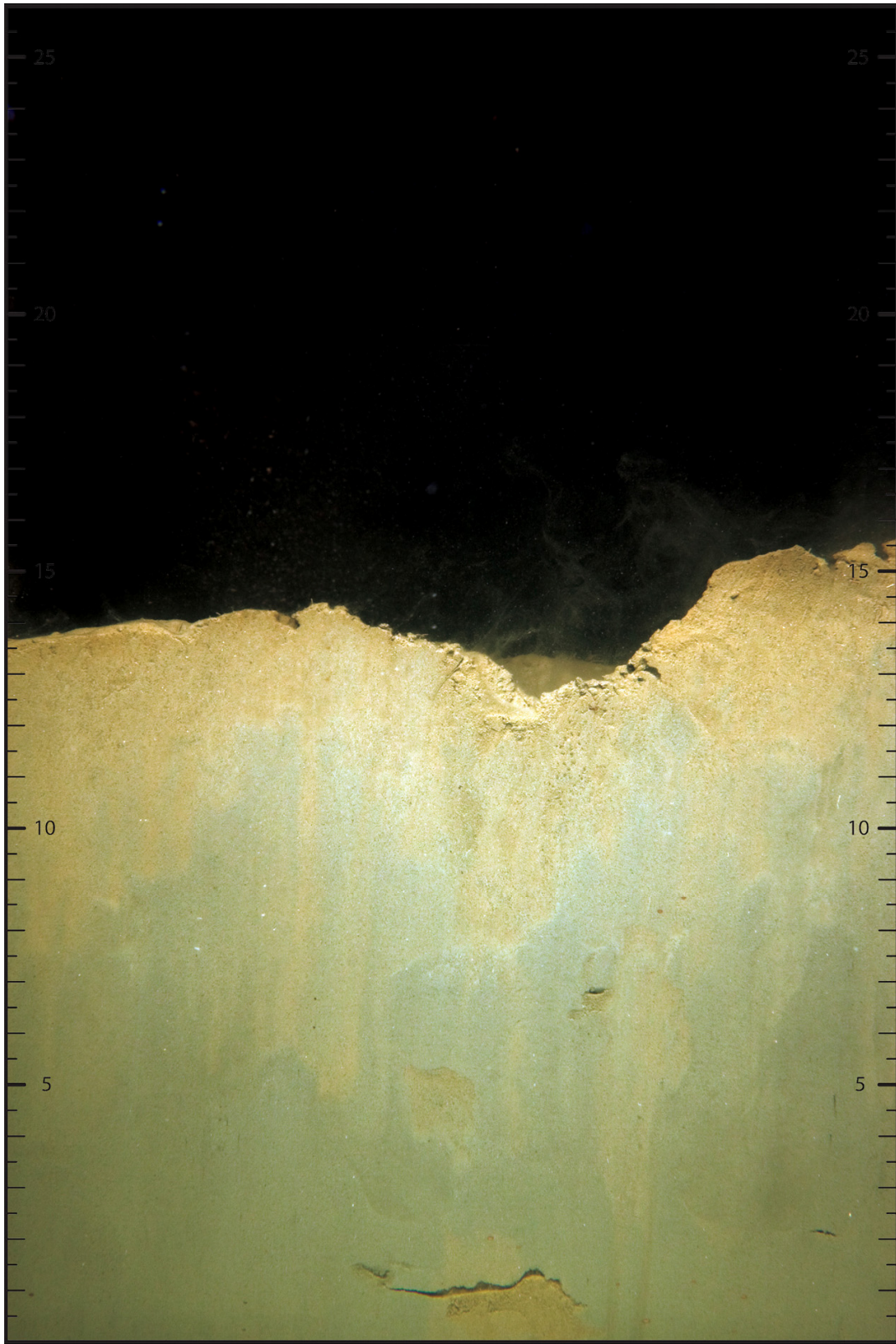
Stasjon	Dyp (m)	Oksygen (mlO_2/l)	Fosfat ($\mu gPO_4/l$)	Nitrat ($\mu gNO_3/l$)	Ammonium ($\mu gNH_4/l$)
L41	0	7,35	15	200	10
	5	6,98	17	185	6
	10	6,76	17	170	5
	20	6,03	18	132	<5
	30	5,90	18	122	<5
	40	5,58	18	108	<5
	50	5,38	19	104	<5
	60	4,95	23	108	<5
	80	4,65	33	122	<5
	90	4,63	28	122	<5
L42	0		14	112	7
	31		16	112	9
	37		21	122	5
	42		18	200	12
L43	0		21	210	13
L44	0		16	195	9
L46	0		11	235	25
	41		18	112	11
L49	0		9	245	15
	41		19	122	<5
L54	0		10	235	15
L56	0		13	225	14
L70	0		13	225	14
	39		18	122	<5



Vedlegg C. SPI



Figur 16. *Stasjon NOA07. BHQ indeks mindre god.*



Figur 17. Stasjon NOA12. BHQ indeks god.

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