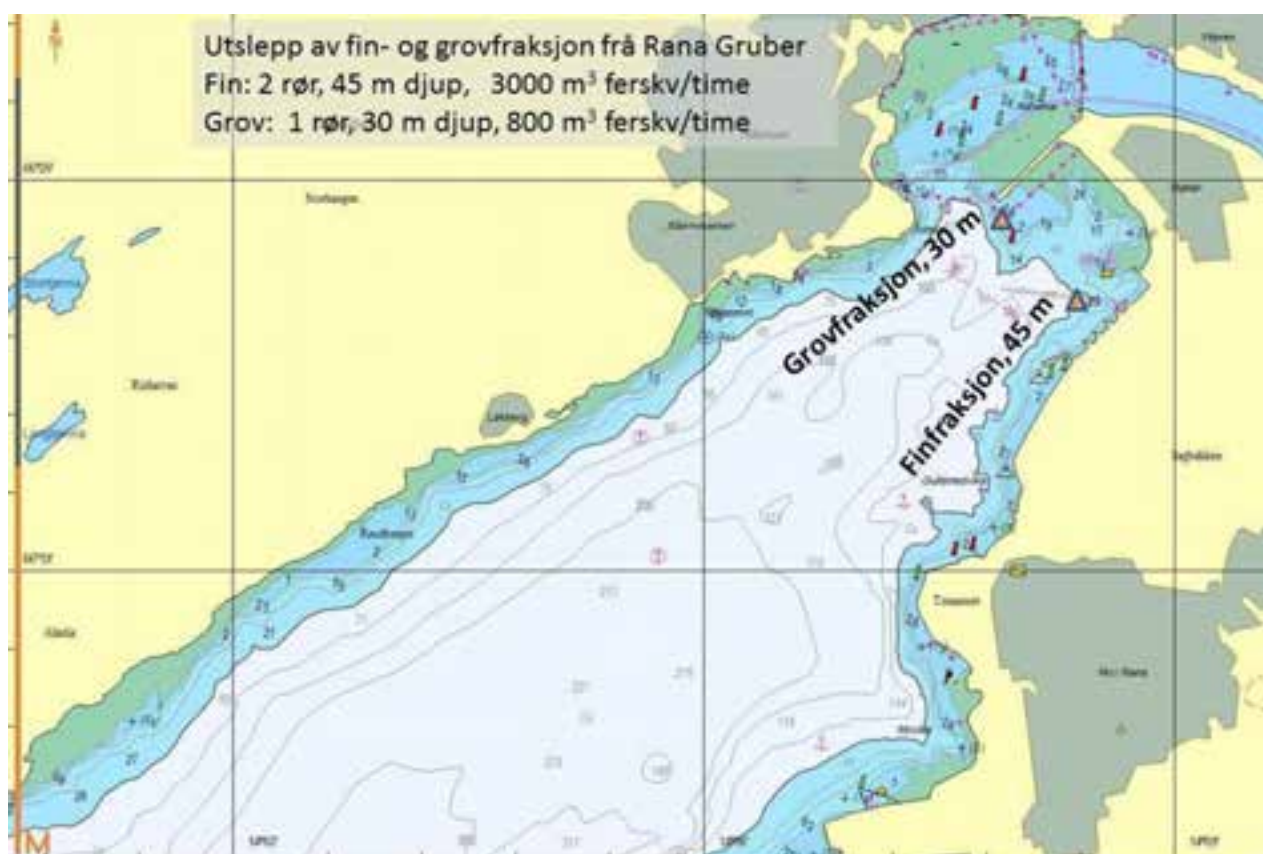


Sporstoff-forsøk i Ranfjorden 2012-2013



RAPPORT

Hovedkontor

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

NIVA Region Sør

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

NIVA Region Innlandet

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

NIVA Region Vest

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

NIVA Region Midt-Norge

Høgskoleringen 9
7034 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

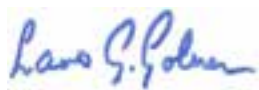
Tittel Sporstoff-forsøk i Ranfjorden 2012-2013	Løpenr. (for bestilling) 6576-2013	Dato November 2013
	Prosjektnr. Udemnr. 12165	Sider Pris 33?
Forfatter(e) Lars G. Golmen Marit Norli	Fagområde Oseanografi	Distribusjon Open
	Geografisk område Rana	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Rana Gruber AS	Oppdragsreferanse G. Moe, N. Schreiner
------------------------------------	---

Sammendrag

Rapporten omhandler resultat av sporstoff-forsøk gjennomført av NIVA i Ranfjorden i 2012 og 2013, i samband med vurderingar for spreininga av fin- og grovfraksjon avgangen frå malmoppredninga ved Rana Gruber. Eksisterande avgangsløysing med utslepp på 45 m (finfraksjon) og 30 m (grovfraksjon) har medført nedslamming av botnen i indre deler av fjorden, og spreining av finstoffet i sjøen rundt. Sporstoff-forsøka vart gjennomført for å verifisere denne spreininga. Finstoffet når i hovudsak ikkje grunnare enn 8 m djup for finfraksjon, og 25 m djup for grov. Det var sporadisk utslag for sporstoff nær overflata som kan vere assosiert med den finaste delen av finfraksjonen.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Ranfjorden	1. Ranfjord
2. Sporstoff	2. Dye tracer
3. Gruveavgang	3. Mining disposal
4. Partiklar	4. Particles



Lars G Golmen
Prosjektleiar



Kai Sørensen
Forskingsleiar



Kristoffer Næs
Forskingsdirektor

Sporstoff-forsøk i Ranfjorden 2012-2013

Føreord

Prosjektet kom i gang i 2012, med første sporstoff-forsøket i oktober, og oppfølging sommaren 2013. Bakgrunnen for prosjektet er Rana Grubers malmoppredning på land og utsleppet av avgang til Ranfjorden,. Det er behov for dokumentasjon av korleis avgangen spreier seg i fjorden.

Hos Rana Gruber var KHMS sjef Nancy Schreiner NIVAs kontaktperson. Petter Jørgensen bistod med tilrettelegging og under tokt. Helgeland Plast stilte med båt til sporinga på fjorden, med båtførarane Svein Lind og Elias Dreyer.

Hos NIVA bidrog Marit Norli med tilrettelegging, og ved dosering og måling i felt, samt rapportering. Emanuele Reggiani klargjorde måleinstrumentet.

Svetlana Tjervåg ved Runde miljøseniter hjelpte til med sensorkalibrering.

Takk til alle involverte.

Bergen/Oslo, november 2013

Lars G. Golmen

Innhold

Samandrag	5
Summary	6
1. Bakgrunn	7
1.1 Ranfjorden	8
1.2 Sporstoffet	10
2. Metodikk	11
2.1 Måleprinsipp	12
2.2 Målesonden	12
2.3 Kalibrering av sensoren	13
3. Feltaktivitet og måleresultat	15
3.1 Finfraksjon 10. oktober 2012	15
3.1.1 Resultat	16
3.2 Grovfraksjon 11. oktober 2012	18
3.3 Finfraksjon 17-18 juli 2013	21
3.4 Grovfraksjon 26-27 august 2013	26
4. Diskusjon og oppsummering	31
5. Litteratur	33
Vedlegg A. Kommunale avlaup	34

Samandrag

Utsleppa frå malmoppredninga hos Rana Gruber AS i Mo i Rana går til fjorden i to ulike punkt - eitt for grovfraksjonen på 30 m djup og eitt for fin- og mellomfraksjonen på 45 m djup. Avgangen blir fortyntna med ferskvatn frå Ranaelva. Avgangsmengdene er ca. 1100 m³/time for grov, og vel 2100 m³/time for finfraksjonen. Partiklar frå utsleppa spreier seg i sjøen og akkumulerer på botnen i indre Ranfjorden.

Norsk institutt for vannforskning, NIVA, fekk i oppdrag frå Rana Gruber å utføre forsøk med sporstoff dosert i avgangen. Formålet med forsøka var feltmessig verifisering av fordelinga av avgangen i sjøen, særleg i nærområdet til dei to utsleppa. Forsøk vart utført i tre omgongar; i oktober 2012 for fin- og grovfraksjon, i juli 2013 for finfraksjon og i august 2013 for grovfraksjon.

Det vart ved kvart høve dosert inn 20 liter konsentrert sporstoff (Fluorescein) inn i avgangen frå finfraksjonen og 10 liter i grovfraksjonen. Etter doseringa på land vart det utført målingar frå båt i fjorden med nedsenkbar målesonde påmontert sporstoff-sensor. Det vart oppnådd til saman 186 måleprofilar i løpet av dei seks forsøka, og sporstoff vart detektert i fjorden ved alle forsøka.

Sporstoff i finfraksjonen nådde opp til 8-10 m djup i oktober 2012, og til ca. 28 m djup i juli 2013 med konsentrasjon i eit tynt sjikt i oktober og eit tjukkare sjikt i juli.

For grovfraksjon var tilhøva ved dei to tokta meir konsistente med djup innlagring og spreing djupare enn 25 m djup ved alle målingar, og maksimumsverdiar i rundt 30 m djup.

Det var indikasjon av sporadisk påverknad frå finfraksjonen nær sjøoverflata i juli 2013. Dette harmonerer også med førebels resultat frå køyring av GEMSS-modellen. Hovedinntrykket er imidlertid liten/svak påverknad i overflata, og djup innlagring for begge utsleppa.

Avstanden frå utsleppet av grovfraksjon ut til det nye avlaupet frå Mjølnan renseanlegg er såpass stor at det neppe er fysisk interaksjon av betydning mellom dei to utsleppsskyene, men det kommunale avlaupet vil kunne bli utsett for nedslamming over tid.

Metodisk fungerte måleprosjektet bra. Avgrensingane ligg i tida det tar å ta ein måleprofil, og så forflytte seg til neste målepunkt. Målingane vert difor ikkje synoptiske (samtidige), slik at utbreiingskarta gjev eit akseptabelt, men ikkje fullverdig bilete av situasjonen.

Summary

Title: Dye tracing of the mine tailings disposal to the Rana fjord, Norway

Year: 2013

Author: Lars G. Golmen and Marit Norli

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-6311-4

The mining company Rana Gruber AS in Mo i Rana, Norway, has two outfalls of tailings from the ore processing, one for fine grained material at 45 m depth, and another for the coarser fraction, at 30 m depth in the Rana fjord. The tailing material is mixed with fresh water from the Rana river, before discharging: the water flux is about 2200 m³/hr for the fine fraction and 1100 m³/hr for the coarse fraction. The coarse fraction carries most of the total particle mass.

The Norwegian institute for water research, NIVA, was contracted by Rana Gruber to perform dye tracer studies on the two discharges. The purpose of the studies was to assess the spatial distribution of discharge water and tailing particles in the water masses of the fjord. Studies were performed for each discharge at two instances, in October 2012 (both), and in July (fine) and August (coarse), 2013.

For each experiment, 20 litres of fluorescent dye, Fluorescein MS-200, were added to the fine fraction discharge over one hour, followed by sensor probe measurements in the fjord. Similarly, 10 litres were added to the coarse fraction, but with a time separation between the experiments to avoid cross-contamination. Measurements in the fjord were made with a SAIV STD probe with a Seapoint Fluorescein sensor, and a turbidity sensor. A total of 186 STD-profiles were acquired during the study. Dye was measured in the fjord water by the STD in all of the six individual experiments.

The fine fraction was detected to a minimum depth of 8 metres in October, and significantly deeper, below 28 m depth, in July. The difference in vertical distribution or plume trapping depth may, partly at least, be due to stronger stratification on the fjord in July. The coarse fraction was detected at 25 m and below at both instances.

There were some sporadic measurements of dye near the surface (at the fine fraction experiments, in July 2013). This is partly in harmony with some preliminary theoretical 3D-model simulations on the discharges, performed by NIVA with the GEMSS model.

A new municipal discharge from Mo i Rana is located in the same area as the coarse fraction discharge, but deeper, at 70 m depth. There is probably little direct interaction between the two discharge plumes, but the bottom at the municipal outfall nozzle site may possibly be affected by sedimentation of particles over time.

It is concluded that the dye experiments were technically successful. There are certain intrinsic limitations in the methodology, especially related to the necessary time to make each vertical profile, make an instant evaluation of the results and steam to the next measurement position. The distribution maps will thus not be fully synoptic.

1. Bakgrunn

Fleire verksemdar har i mange år brukt indre del av Ranfjorden som resipient for sine avlaup. Det gjeld mellom anna Jernverket, Koksverket, Bergverkselskapet Nord-Norge og Rana Gruber A/S samt nye bedrifter i Mo industripark.

Rana Gruber etablerte sine avløp til indre deler av fjorden på 1960-talet. Utsleppa skjer i to ulike punkt - eit for grovfraksjonen og eit for finfraksjonen frå malmoppredninga. Finfraksjonsutsleppet ligg på ca. 45 m djup litt nord for Koksverkkaja, fordelt i 2 rør, mens grovfraksjonen går ut på ca. 30 m i eitt rør, sør for enden av jetéen. Utsleppspunkta er synt i kartet i **Feil! Fant ikke referanseikilden..**

Avgangen etter oppredning og utfelling m.m på land er sterkt fortynna med ferskvatn. Avgangsmengdene er ca. 1100 m³/time for grov, og 2200 m³/time for finfraksjonen. Forsidefiguren illustrerer korleis avgangen kan spreie seg; den viser kun ein illustrasjon, men med basis i kunnskap om strømførhølda i fjorden.

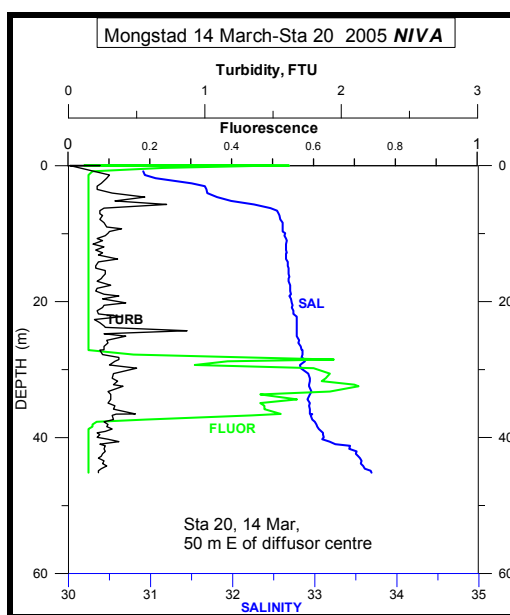


Figur 1. Kart over indre del av Ranfjorden med utsleppspunkta for grov- og finfraksjon frå Rana Gruber. I tillegg er kommunens bobleanlegg og kraftverket Langvatn inntegna.

Rana Gruber AS ga i 2012 Norsk institutt for vannforskning, NIVA, oppdrag med å foreta kartlegging av spreining og utbreiing av utsleppa av avgangen til Ranfjorden. Målet med prosjektet var å få verifisert spreinga av avgang i sjøen i dag, og samtidig få ein basis for samanlikning med ny situasjon ved evt. flytting av utsleppspunkta. Oppdraget var del av ein større oppdragspakke for Ranfjorden som NIVA førebudde i 2011 og arbeidde med i 2012 og 2013.

Etter dialog med bedrifta kom ein fram til å bruke det fluorescerande sporstoffet Fluorescein, MS-200 til forsøka. Dette kraftige fargestoffet har NIVA brukt ved fleire tilfelle tidlegare, og etter godkjenning frå Klif, sjå eksempel i Figur 2.

Sporstoffet Fluorescein (Fluorescein Dye, DYMO MS-200) blir lett nedbrote i naturen (av sollys m.m.) og er ikkje rekna som giftig. Nedre deteksjonsgrense til sensoren for dette stoffet er oppgitt til ca. 10⁻⁹ i konsentrasjon (kg/kg) i vatn.

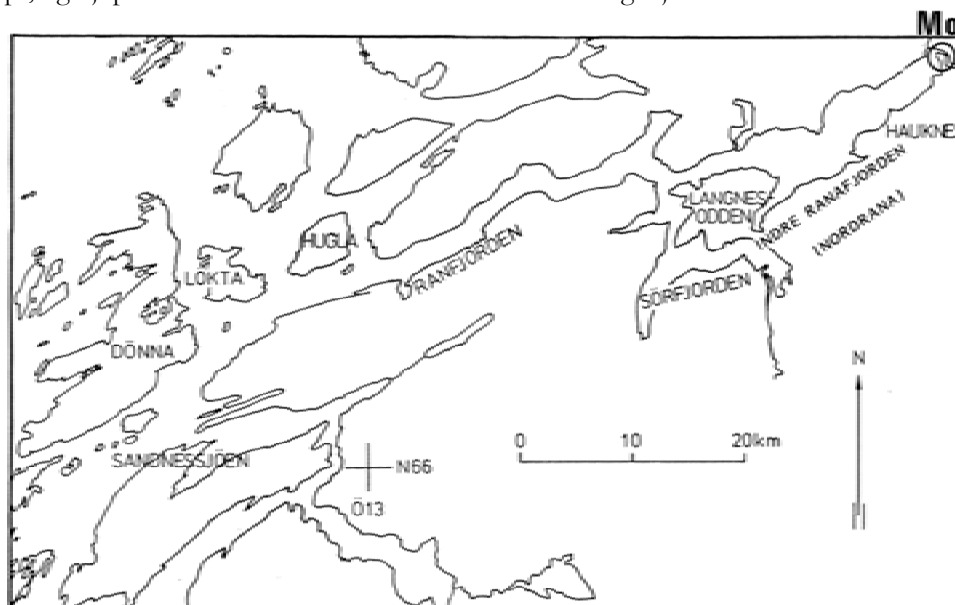


Figur 2. Eksempel på målt sporstoff (grøn kurve med utslag 28-38 m djup) i sjøen, etter dosering i avløp fra land (fra Fensfjorden ved Mongstad).

Ein arbeidshypotese for bruk av denne metodikken i Ranfjorden er at sporstoffet følger finfraksjonen og deler av grovfraksjonen, (sjå forsideillustrasjonen) saman med utsleppsvatnet. Primært vil det følgje ferskvatnet i utsleppet. Partiklar vil også bli ”farga” av sporstoffet i avgangsledningen og dra med seg stoffet mens dei søkk ned, slik at det også kan detekterast som ei sekundær (djupare) sky.

1.1 Ranfjorden

Mo i Rana ligg ved munningen av Ranaelva, i enden av Ranfjorden, i den delen av fjordsystemet som kallast Nordrana eller Indre Ranfjorden (Figur 3). I området ved Bustneset i Indre Ranfjorden er det over 500 m djupt, og djupner over 400 m finst fleire stader utover langs fjorden.



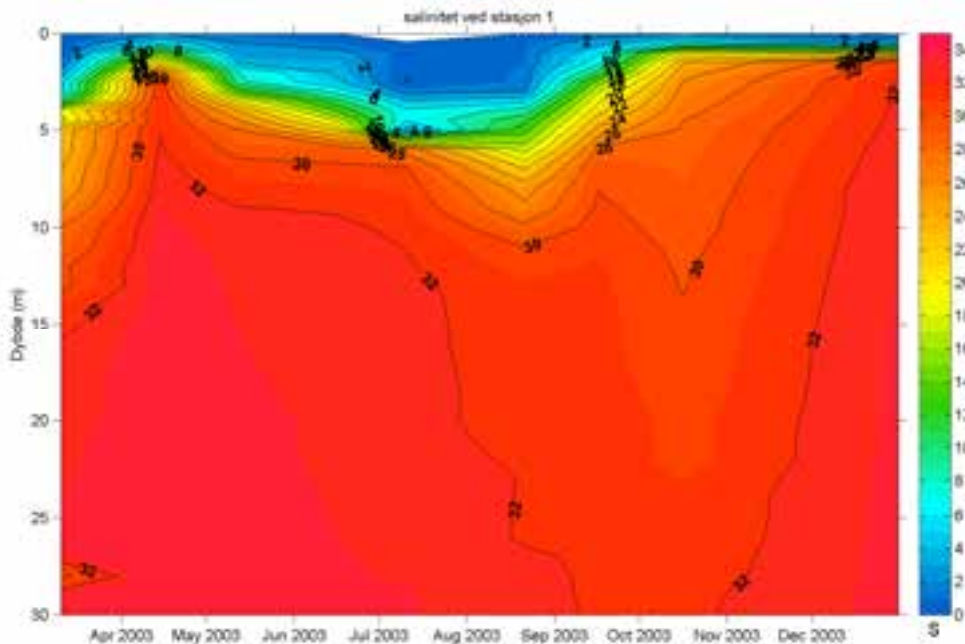
Figur 3. Kart over ytre og indre deler av Ranfjorden (Ranafjorden).

Sjøbotnen i indre del skrår gradvis oppover frå over 200 m djup til rundt 20 m på ei flate inn mot Mjølnan (Figur 4). Utsleppa (Figur 1) ligg i "bakken" opp mot den flata.



Figur 4. Kopi av sjøkart Nr 60 med indre del av Ranfjorden, med innplotta posisjon for avlaup for fin- og grovfraksjon samt det nye kommunale avlaupet frå Mjølnan RA, etablert i 2011. Sjå også Vedlegg A.

Sjøvatnet i indre del av fjorden er sterkt påverka av tilførsleane frå Ranaelva, både med ferskvatnet som skaper eit øvre brakkvass-sjikt og sprangsjikt under, særlig om våren og sommaren (Figur 5), og partiklar frå smeltande brevatn. Utsleppa frå industrien kjem i tillegg til dette, men utgjer i kvantum kun ein liten brøkdel av dei naturlege tilførsleane av partikulært materiale. Utsleppa frå Rana Gruber vil også fordele seg annleis i vassøyla, men høgst konsentrasjon i djupare sjikt, og truleg liten innblanding i overflatelaget.



Figur 5. Salinitetsfordeling i indre Ranfjorden ned til 30 m djup gjennom året 2003.

Det er kort avstand frå munningen av Ranaelva ut til utleppspunkta. Elvemunningar har gjerne markert lagdeling, og eit sirkulasjonsmønster med utgåande strøm i overflata, og ein inngåande kompensasjonsstrøm under. Dersom utleppsvatnet stig opp og innlagrar seg i dette ”kompensasjons-sjiktet” så kan det medføre inn-transport og påverknad i området ved elvemunningen til Ranaelva. Dette er illustrert i Figur 6. I forsøka med sporstoff vart det difor lagt opp til måling også inne i elvemunningen.



Figur 6. Skisse som viser eit utslepp nær ei elvemunning med ferskvasskile, og korleis utleppsvatn kan bli transportert i retning inn mot denne.

I 2009 blei det foretatt strømmåling i to posisjonar h.h.v. søraust for Åneset og i nærleiken av dagens utslepp av finfraksjon (Leikvin, 2009). Ved Åneset, 26 m djup, var det ganske sterk strøm (gjennomsnitt 6,4 cm/s) med variabel retning, nettostrømmen hadde retning mot elvemunningen. I 47 m djup var det også god strøm (gjennomsnitt 5,1 cm/s), med netto strømrøtning bort frå elvemunningen. Generelt viste målingane svak strøm i austlege del av indre fjord, og svak strøm i djupare sjikt. Strømrøtninga veksle med djupet, med både inn- og utgåande strøm, med dominans av utgåande strøm i overflata og djupare enn 40 m. I området ved finfraksjon utsleppet synes det vere dominans av inngåande strøm (mot nord), noko som også vart funne under målingar av NIVA i 1995 (Johnsen m. fl. 2004).

1.2 Sporstoffet

Fluorescein (DYMO MS-200) blei levert på 25 liters kanner i plast, med 10-30% konsentrasjon. Stoffet er brunt/oransje, og går over til grønt og så gult ved aukande fortytning. Densiteten er oppgitt til 1.08 kg/l ved 25 °C, og pH verdi rundt 8-10. Densiteten er litt høgare enn for sjøvatn (sjøvatn: ca. 1.025 kg/l), men med dei låge konsentrasjonane (sterk fortytning) så var ikkje dette rekna å ville influere nemneverdig på densiteten av utløpsvatnet (ikkje endre spreivingsvilkåra).

2. Metodikk

Sporstoffet MS200 (sjå kap. 2.1 for måleprinsipp) blei dosert ut i utløpskummen/sumpen for aktuell fraksjon over ca. 1 time om morgonen på måledagen. Figur 8 viser korleis doseringa i finfraksjonen vart utført. Ved bruk av ei batteridreven pumpe vart ei fortynta (10%) løysing dosert (omtrent 5 l/min), slik at det totalt vart dosert inn 20 l sporstoff i finfraksjonen og 10 l i grov. Dette ga ein utgangskonsentrasjon på rundt 10^{-5} , utrekna på basis av informasjon om vassfluks frå Rana Gruber.

Etter doseringa pågjekk sondemåling og kartlegging av sporstoffet i fjorden frå båt. Påfølgjande dag vart det utført ein sjekk på om det framleis var rest av sporstoffet i fjorden. Målingane frå båt vart gjort ved hjelp av nedsenkbar målesonde (kap.2.2) av type SAIV SD204, med påmontert Seapoint fluorescein sensor (Figur 8) kalibrert mot kjente konsentrasjonar av sportsoffet (omtalt i kap. 2.3). Det vart teke 30-40 målestasjonar pr dag.



Figur 7. Dosering av sporstoffet (fortynna til 1:10) frå 50 liters stamp gjennom slange.

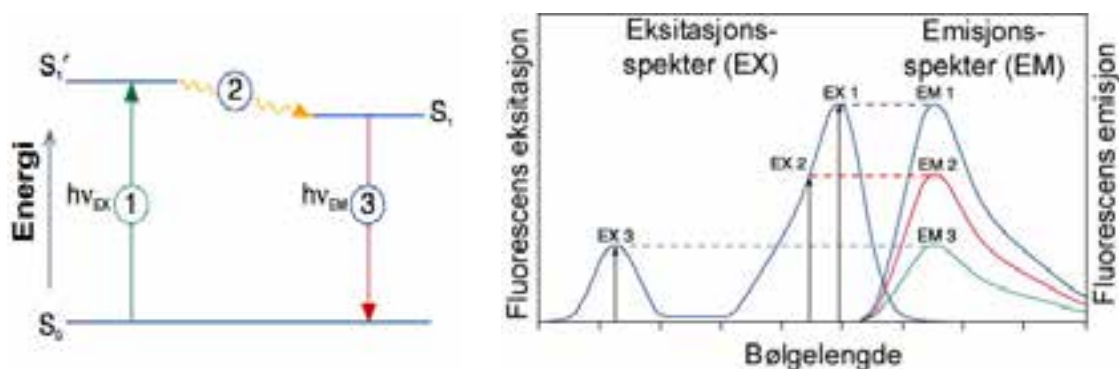


Figur 8. Vinsjoperatør om bord i båten, med elektrisk vinsj og SAIV sonden hengande i daviten, klar for nedsenking.

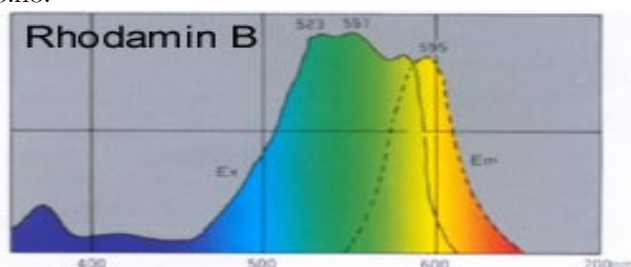
2.1 Måleprinsipp

MS200 er eit fluorescerande stoff (fluorokrom), i slekt med mange andre tilsvarende syntetiske stoff (både organiske og uorganiske) slik som Rhodamin og Pyranine. Naturlige stoff, slik som klorofyll i planteplankton (klorofyll-a) i sjøen har også fluorescerande eigenskapar. Difor er det naudsynt å bruke ein sensor som er spesielt tilpassa MS200 sine spektral-eigenskapar.

Fluorescensmolekyla er oftast polyaromatiske hydrokarbonar med den eigenskap at dei opptar energi i form av lys av i bestemt bølgjelengd (eksitasjon) og avgir automatisk energi med litt lenger bølgjelengd (emisjon). Diagrammet under t.v. (for Rhodamin) illustrerer dette, der $h\nu_{EX}$ representerer energien frå lyset som eksisterer molekylet til S_1' fasen. Fase 2 er mellomtids og der noko energi går tapt p.g.a. vibrasjonar m.m. inntil molekylet når ein metastabil fase S_1 . Etter kort tid vil så molekylet gå tilbake frå S_1 til normaltstanden S_0 ved å emittere energi $h\nu_{EM}$ i form av lys som representerer ei litt lengre bølgjelengd enn $h\nu_{EX}$. Dette lyset kan så detekterast av ein eigna sensor (fluorometer) som absorberer energien på den aktuelle bølgjelengda. Figuren t.h. viser eksempel på spektra for tre ulike stoff, i dette tilfellet med ulik eksitasjon, men same emisjonsbølgjelengd (Kilde).



Figurkjelde: www.iob.uio.no.



Spekteret over, som er for Rhodamin B, syner at eksitasjonen ikkje nødvendigvis er svært tydelig definert. For deteksjon krevst eit smalt filter som fangar opp toppen på 595 nm i dette tilfellet. MS200 har liknande spekter, med eksitasjon maksimum på 475 nm og emisjon maksimum på 530 nm.

Måleinstrumentets sensor (fluorometer) nyttar LED lampar for å eksitere sporstoffet. Det emitterte lyset går så gjennom eit filter og blir fanga opp av ei silisium fotodiode som genererer ei spenning proporsjonal til sporstoff-konsentrasjonen.

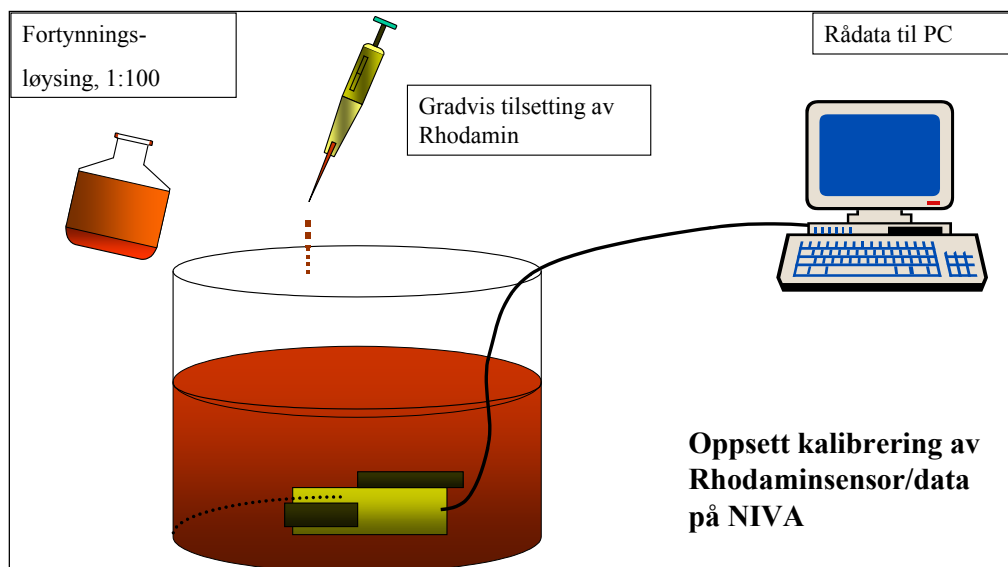
2.2 Målesonden

Til sporinga brukte vi medbrakt nedsenkbar SAIV STD instrumentpakke med Seapoint fluorescenssonde (sjå faktaboks) samt temperatur-, partikkel, salinitets- og trykkmålar. Fluorescens-sensoren kan måle konsentrasjonar ned mot 10^{-9} . Datakabel mellom sonden og PC om bord gjorde at observatøren var on-line og kunne følgje med målingane nedover i sjøen. Ved å ta vertikale profilar i eit nett av stasjonar i nærområdet og det sannsynlege influensområdet til utsleppspunktet kunne vi danne oss eit bilete av

fordelinga og uttynninga av avgangen i ulike avstandar. Måling av turbiditet (partikar) representerte ein god støtteparameter.

2.3 Kalibrering av sensoren

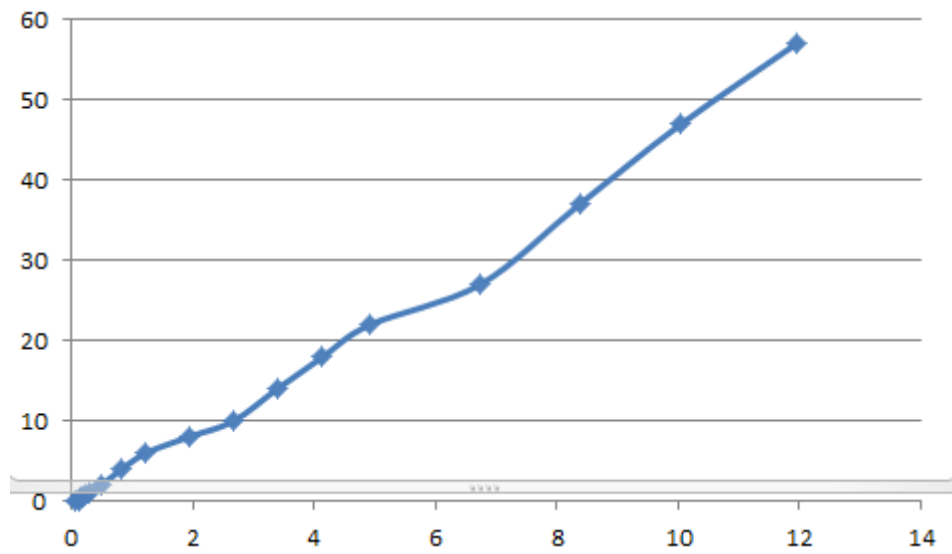
Test/kalibrering av sensoren vart gjort i basseng mot kjent konsentrasjon av sporstoff. Kjent mengde sporstoff vart dosert ut med pipette i 50 l sjøvatt, slik at konsentrasjonen gradvis auka, frå null. Sonden låg i sjøvattnet med logging via kabel til PC (Figur 9). Resultata blei ei kalibreringskurve med sensorverdi versus kjent konsentrasjon sporstoff. Før oppstart av kalibreringa vart det gjort måling med SAIV sonden også i sjøen for å sjekke bakgrunnsverdien (null-verdien) som synte seg å ligge rundt 0.06 (avlest - "µg/l").



Figur 9. Kalibrering av målesensoren før/etter forsøka (her for Rhodamin).

Faktaboks med informasjon om Seapoint sensoren for Fluorescein. Seapoint Fluorescein sensor

The Seapoint Fluorescein Fluorometer (SFF) is a high-performance, low power instrument for *in situ* measurements of fluorescein dye. Its small size, very low power consumption, high sensitivity, wide dynamic range, 6000 meter depth capability, and open or pumpthrough sample volume options provide the power and flexibility to measure fluorescein in a wide variety of conditions. The SFF uses modulated LED lamps and excitation filter to excite fluorescein present in water. The fluorescent light emitted by the fluorescein passes through an emission filter and is detected by a silicon photodiode. The low level signal is then processed using synchronous demodulation circuitry which generates an output voltage proportional to fluorescein concentration. The SFF may be operated with or without a pump. The sensing volume may be left open to the surrounding water, or, with the use of the supplied cap, can have water pumped through it. Two control lines allow the user to set the sensitivity to one of four options. These lines may be hardwired or microprocessor controlled to provide a suitable range and resolution for a given application. The sensor is easily interfaced with data acquisition packages; a 5 ft. pigtail is supplied. Custom configurations are available.



Figur 10,. Kalibreringskurve for sporstoff-sensoren, målt sensorverdi (X-aksen) og faktisk konsentrasjon på Y-aksen (10^{-6} evt mg/l)

3. Feltaktivitet og måleresultat

Det feltmessige programmet var oppdelt i tre bolkar. Med fire doseringar og seks dags-tokt i alt:

- 10. oktober (Fin) og 11. oktober (Grov), 2012
- 17. juli og 18. juli 2013 (Fin)
- 26. og 27. august 2013 (Grov)

Finfraksjon er egentleg sum av fin-og mellomfraksjon.

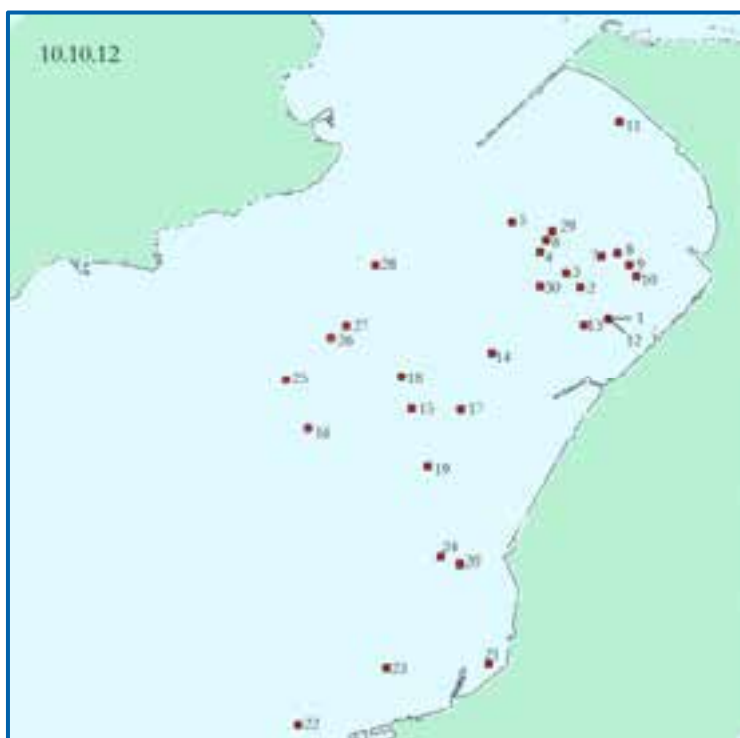
Dagen før oppstart av forsøka vart brukt til reise og tilrigging.

I 2012 kjørte vi forsøk på finfraksjon på dag 1 og grovfraksjon på dag 2. I 2013 valde vi på bakgrunn av kunnskap frå målingane i 2012 å separere forsøka for å ha betre tid for kvart fraksjon, og for å vere sikre på at alt sporstoff frå første dosering var borte ved oppstart av andre dosering. I 2013 tok vi oss såleis betre tid til å måle på dag 2.

I juli 2013 bistod vi også Rana Gruber med å få planlagt sporstoffdosering oppe i gruva ved Storforshei, for å detektere kjelder til vatnet inne i gruva.

3.1 Finfraksjon 10. oktober 2012

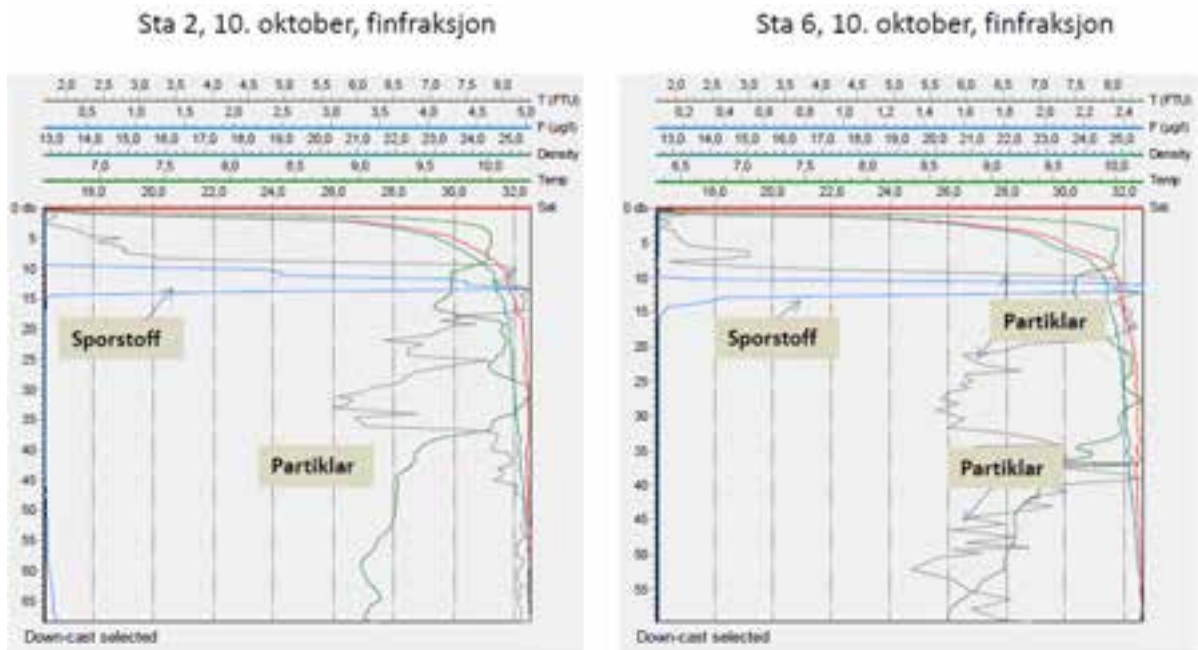
Dosering av 20 liter sporstoff skjedde mellom kl. 09 og 10. Første vertikalprofil (målestasjon) i fjorden blei tatt kl. 10:50, Stasjon 1. Vi oppnådde 30 målestasjonar denne dagen (stasjonskart i Figur 11). Dei fleste ga utslag på sporstoffet. I situasjonar då sporstoffet var vanskelegare å detektere gjennom profileringa, kombinerte vi innimellom med å taue sonden i konstant djup eit kvarters tid eller så, for å leite etter sporstoff.



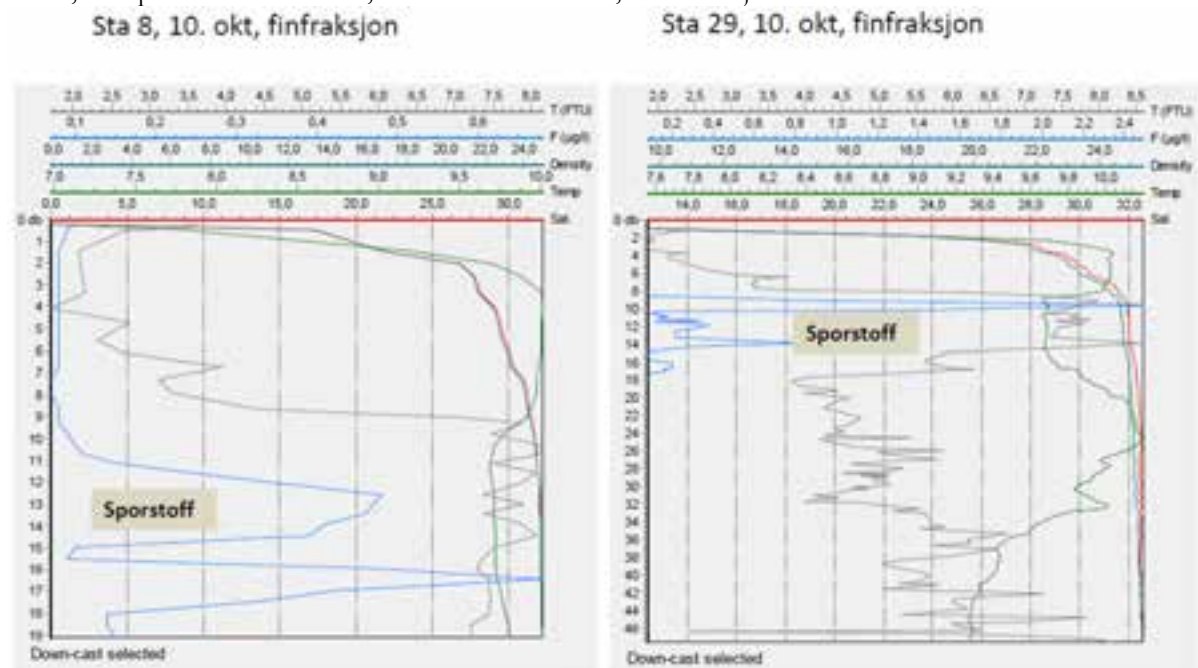
Figur 11: Stasjonskart frå 10. oktober 2012, for finfraksjon.

3.1.1 Resultat

Dei hydrografiske tilhøva denne dagen var karakterisert av eit tynt (2m tjukt) brakt og kaldt øvre lag, og eit overgangslag frå 2 til 8 m djup (sjå profilane i Figur 13).



Figur 12. Målte profilar 10. oktober, stasjon 2 (t.v.) og Sta. 6. Sporstoff: Blå kurve, Partiklar/turb.: Svart kurve, Temperatur: Grøn kurve, Salinitet: Raud kurve, Densitet sjøvattn: Grøn kurve.



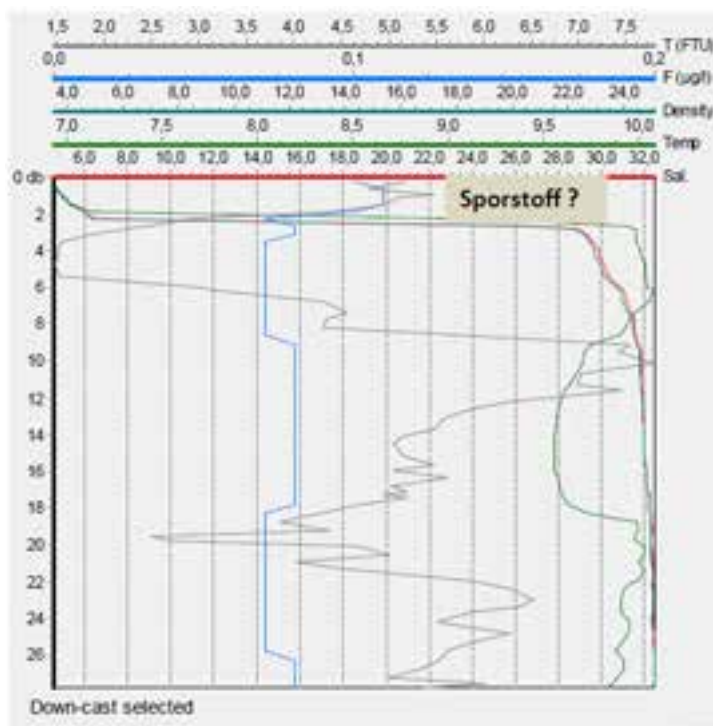
Figur 13. Målte profilar 10. oktober, stasjon 8 (t.v.) og Sta. 29. Sporstoff: Blå kurve, Partiklar/turb.: Svart kurve, Temperatur: Grøn kurve, Salinitet: Raud kurve, Densitet sjøvattn: Grøn kurve.

Det var utslag for sporstoff på dei fleste stasjonane denne dagen, med max-verdiar frå 2.5 opp til 5 på sporstoffsensoren (motsvarande 10-20 mg/l sporstoff), mens bakgrunnsverdien låg under 0.1. Stasjon 1 og 2 nær utsleppspunktet ga tydeleg utslag med max-verdi på 5.0 i 14 m djup. Sporstoffet fordelte seg på

dei første stasjonane i eit tydeleg sjikt mellom 10 og 15 m djup. Dette var tendensen for stasjonane der vi registrerte sporstoff denne dagen. Sjøkket blei litt tjukkare etterkvart, mest stoff opp til 8 m djup som det grunnaste målte (Sta. 29).

Måledata frå fire stasjonar er synt i Figur 12 og Figur 13. Dette var alle stasjonar med tydelege utslag i sporstoff. Utvalet er fokusert om stasjonar nær utsleppspunktet, fordelt tidleg og seint på dagen, og i høve til botndjup; grunn- og djupare.

Figur 14 syner målingane på Stasjon 11, inne ved land ved Mjølnan. Det var eit lite utslag nær overflata, elles ingen utslag. Målingane i overflata (alle parametrar) hadde ofte støy i seg, som ikkje hadde årsak i høgre verdiar/konsentrasjonar.

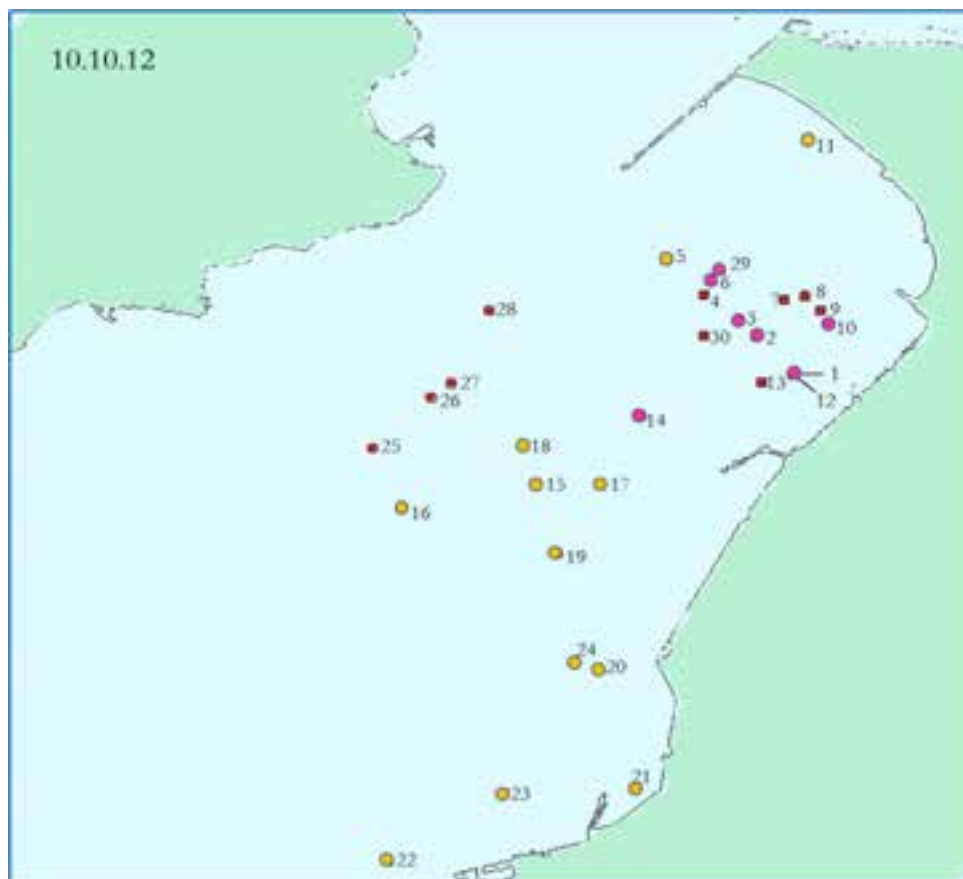


Figur 14. Målingar i elveosen 10. oktober, sta 11. Sporstoff: Blå kurve, Partiklar/turb.: Svart kurve, Temperatur: Grøn kurve, Salinitet: Raud kurve, Densitet sjøvatt: Grøn kurve.

Vi har presentert målingane denne dagen i kartet, Figur 15, der stasjonane med sterkast utslag (høgste 10%) er markert med rosa farge, og dei med svakt eller null utslag, er markert med gult.

Det framgår, naturleg nok, tydeleg samling av sporstoff i nærleiken av utsleppspunktet (ved Sta. 1). Stasjonane med svakt utslag fordelte seg sørvest for utsleppet og inn mot land på sørsida av fjorden. Det var heller ikkje utslag inne på grunna, ved Mjølnan.

Tydeleg utslag på Sta 14 vest for Koksverk-kaia samt tydelege utslag på stasjonane 25-28 i vest indikerer at sporstoffet breier seg utover midtjords evt. langs landet på nordsida. Stasjonsdekninga er for liten til å gje eit 100% dekkande bilete av tilstanden. Det må også takast omsyn til at dei høgare stasjonsnummera er tekne ut på dagen, fleire timar etter doseringa.



Figur 15. Markering av stasjonar med sterke/tydelege utslag på sporstoff (rosa punkt) og stasjonar med lite/ingen utslag (gule punkt). Dei andre stasjonane hadde moderate utslag.

3.2 Grovfraksjon 11. oktober 2012

Dosering av 10 liter sporstoff skjedde frå klokka 09 til klokka 10. Før dette, tok vi seks kontrollstasjonar på morgonen, for å sjå om der fortsatt fantes sporstoff frå dagen før. 37 stasjonar blei målt denne dagen. Figur 16 syner stasjons plasseringane.

Måling på rest frå dagen før

Fleire av kontrollstasjonane på morgonen synte svakt utslag for sporstoff, mange tynne sjikt med utslag litt over bakgrunn (målt verdi 0.1-0.15) frå 8-10 m ned til ca. 30 m djup. Mest tydeleg var det på Stasjon 5, med 0.17 som max verdi, i 11 m djup (Figur 17).

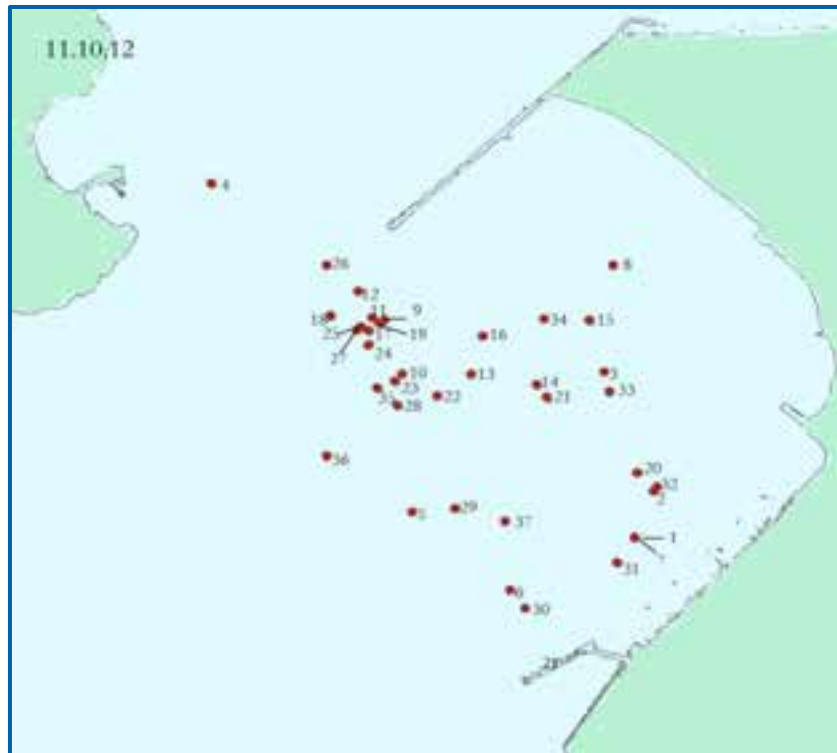
Desse utslaga må representere restar av sporstoff frå dagen før, doseringa i finfraksjonen. Det kan enten vere rest av stoff som alt var i sjøen dagen før, eller det kan representere diffus utvasking av sporstoff som sette seg på innsida av rørleidningen under/etter doseringa. Nivåa var så låge at det ikkje ville påverke etterfølgjande deteksjon av sporstoff frå grovfraksjonen.

Etter doseringa, byrja målingane opp att kl. 11. Sporstoff over 0.2 i utslag vart detektert med det same. Mønsteret denne dagen var deteksjon av sporstoff frå 24 m djup og nedover, i varierende grad frå stasjon til stasjon. Svake utslag på fleire stasjonar i 10-15 m djup er tolka som rest av finfraksjon sporstoff frå dagen før. Fasongen på sporstoff-profilen varierte, frå massivt innslag av stoff under 24 m, til meir lagvis

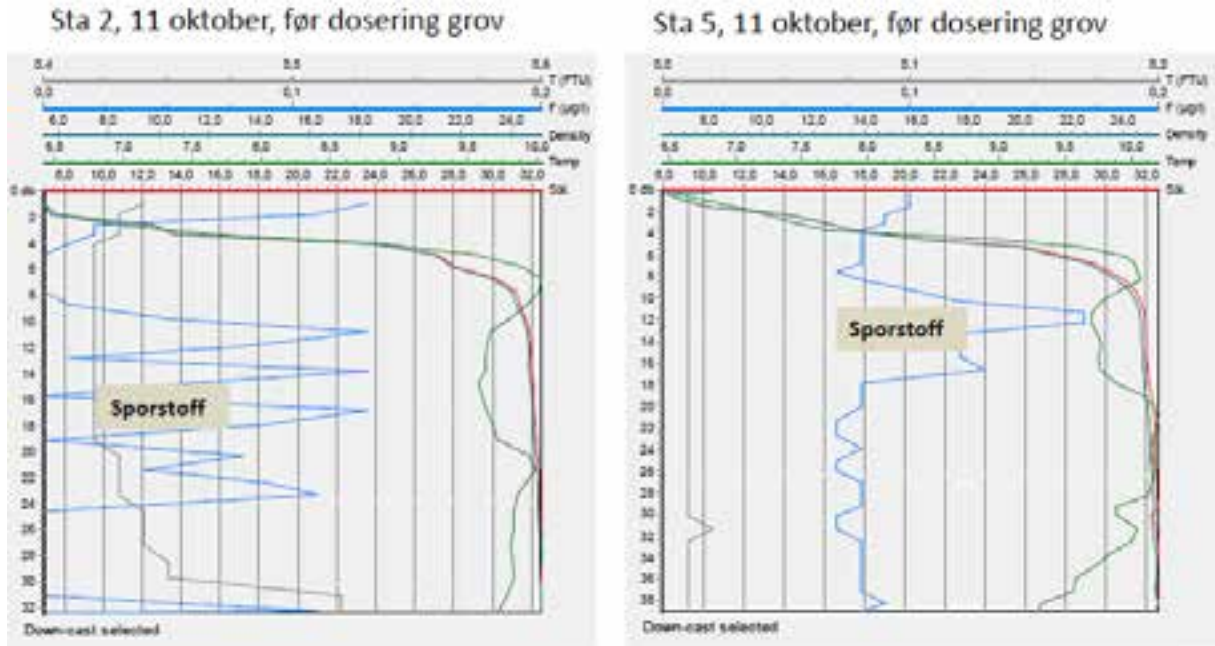
forekomst. Figur 18 syner to profilar med tydeleg overgang rundt 24 m djup, men med ulik struktur under.

Vi målte til 65 m djup der det var djupt nok, og detekterte tidvis sporstoff heilt ned i området ved utsleppspunktet.

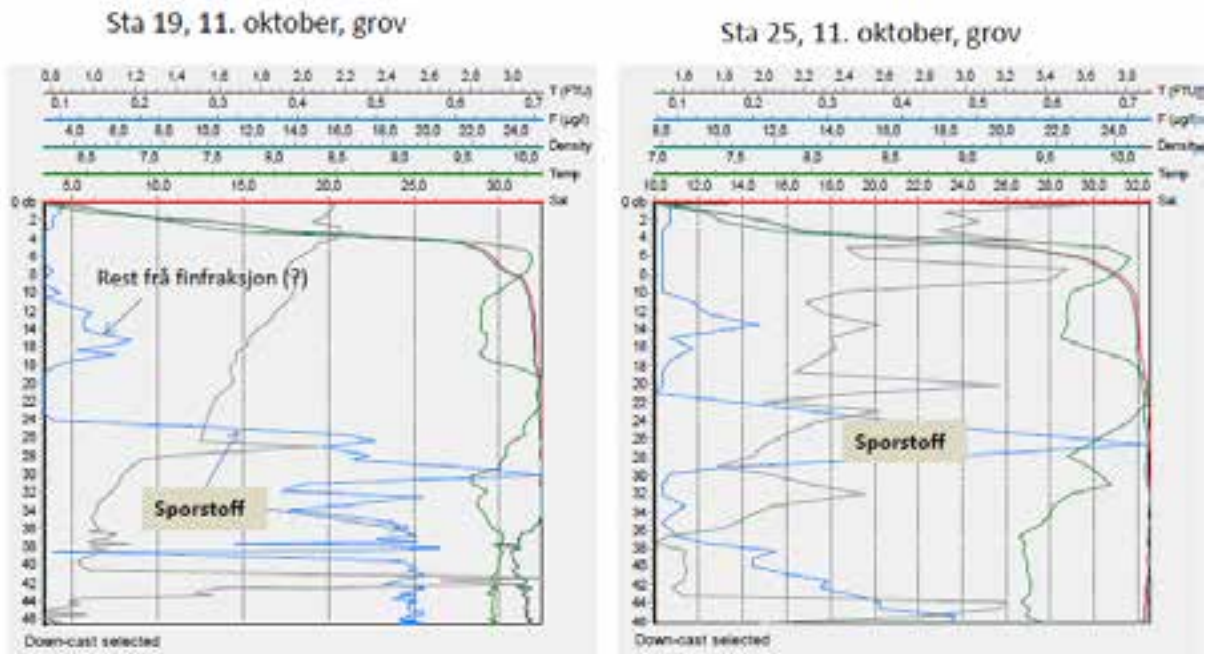
Figur 19 markerer stasjonar med h.h.v. sterke og svake utslag for sporstoff denne dagen. Sterke utslag fordelte seg i nærområdet til utsleppspunktet, mens dei svakaste registreringane var lokalisert i retning sør og inn mot Mjølnan.



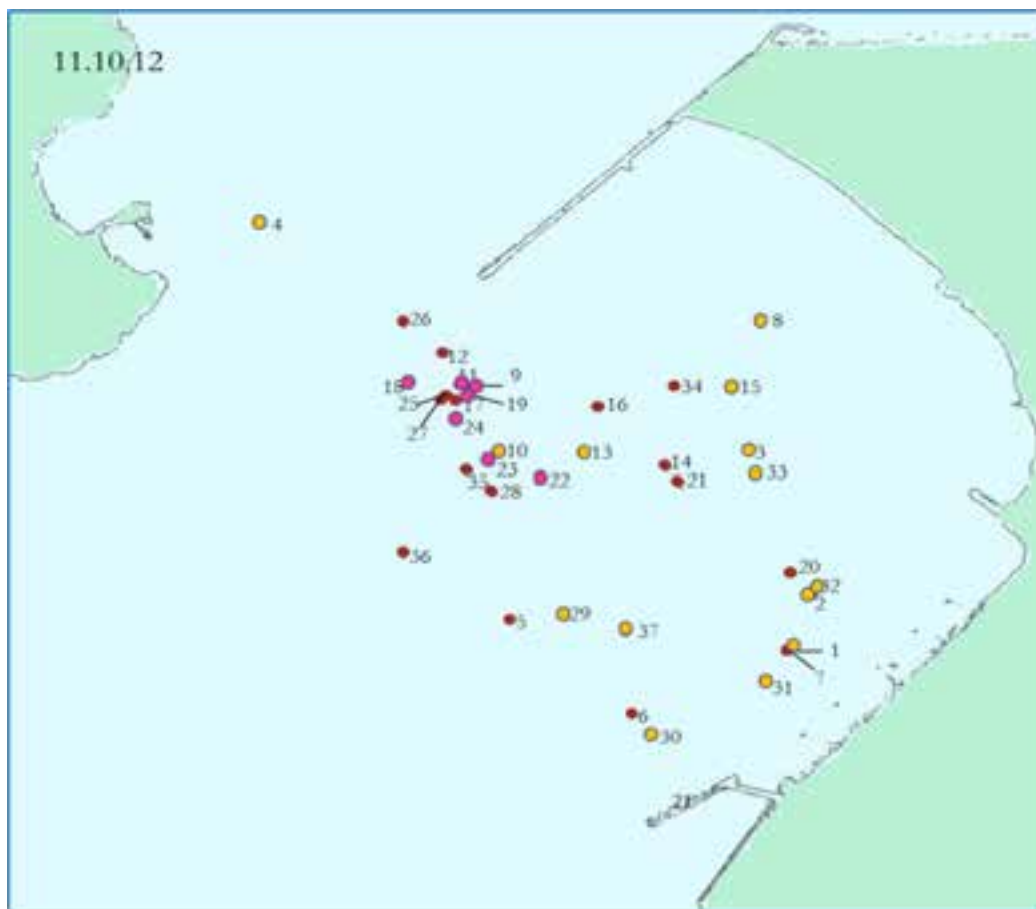
Figur 16. Stasjonskart frå 11. oktober 2012.



Figur 17. Målte profiler på morgonen den 11. oktober, stasjon 2 og 5. Sporstoff: Blå kurve, Partiklar/turb.: Svart kurve, Temperatur: Grøn kurve, Salinitet: Raud kurve, Densitet sjøvann: grøn kurve.



Figur 18. Målte profiler 11. oktober 2012, stasjon 19 og 25. Sporstoff: Blå kurve, Partiklar/turb.: Svart kurve, Temperatur: Grøn kurve, Salinitet: Raud kurve, Densitet sjøvann: Grøn kurve.



Figur 19. Markering av stasjonar med sterke/tydelege utslag på sporstoff (rosa punkt) og stasjonar med lite/ingen utslag (gule punkt) den 11. oktober. Dei andre stasjonane hadde moderate utslag.

3.3 Finfraksjon 17-18 juli 2013

Denne gongen tok vi kun finfraksjon, med måling over to dagar. For så å ta grovfraksjonen seinare, i august. Doseringa pågjekk frå kl. 09 til 10 den 17. juli. 20 liter sporstoff vart dosert ut i løpet av denne timen. Målingane i fjorden tok til rundt kl. 11. Det vart tatt 46 stasjonar 17. juli, og 23 stasjonar 18. juli. Sjå Figur 20 og Figur 21 for stasjonsplassering.

Dei hydrografiske tilhøva desse dagane var karakterisert av eit 3 m tjukt, nesten heilt ferskt overflatelag, eit kraftig tynt sprangsjikt under dette, og så gradvis slakkare gradient i sjiktinga nedover. Det var imidlertid tydeleg sjikting heilt ned til 60 m djup, tydelegare enn i oktober 2012. Dette vil kunne bidra til å bremse oppstiging av avgangsvatn.

Sporstoff vart detektert allereie på stasjon 1, 17. juli, i nærleiken av utsleppspunktet. Stoffet var fordelt i intervallet 28 m – 50 m djup på dei to første stasjonane. Stasjon 3-7 hadde kun svake utslag, før stasjon 8 med tydeleg utslag. Figur 22 syner profil for denne stasjonen, samt stasjon 11 og 20, alle med tydelege utslag i intervallet frå 30 m og nedover. Stasjon 37 representerer målingar med lite utslag.

Stasjon 11, 20 og 37 er døme på nokre få stasjonar i juli der det var utslag for sporstoff nær overflata, 0-5 m djup. Oktober-målingane synte ingen slik forekomst. Det var ingen kontinuerleg fordeling av sporstoff vidare nedover i desse tilfella, noko som kan tyde på at sporstoffet representerer vassfasen i utsleppet, evt assosiert med dei finaste partiklane.

Fordelinga av stasjonar med tydeleg utslag på sporstoff, og dei med lite eller null utslag, er synt i Figur 23. Sporstoffet vart generelt observert nær utsleppspunktet, mens det lenger ute i fjorden var svak eller null deteksjon. Inne i elvemunningen var det ikkje observert sporstoff.

Målingar 18. juli

Stasjonskart er synt i

Figur 21. Målingane var meint som kontrollmålingar i forhold til dagen før. Sporstoff hang fortsatt igjen i fjorden denne dagen. Det kan kome av at sporstoff har festa seg på innsida av røyrleidningen og så blitt gradvis utvaska, og/eller at det er stoff frå dagen før som blir resirkulert i indre del av fjorden.

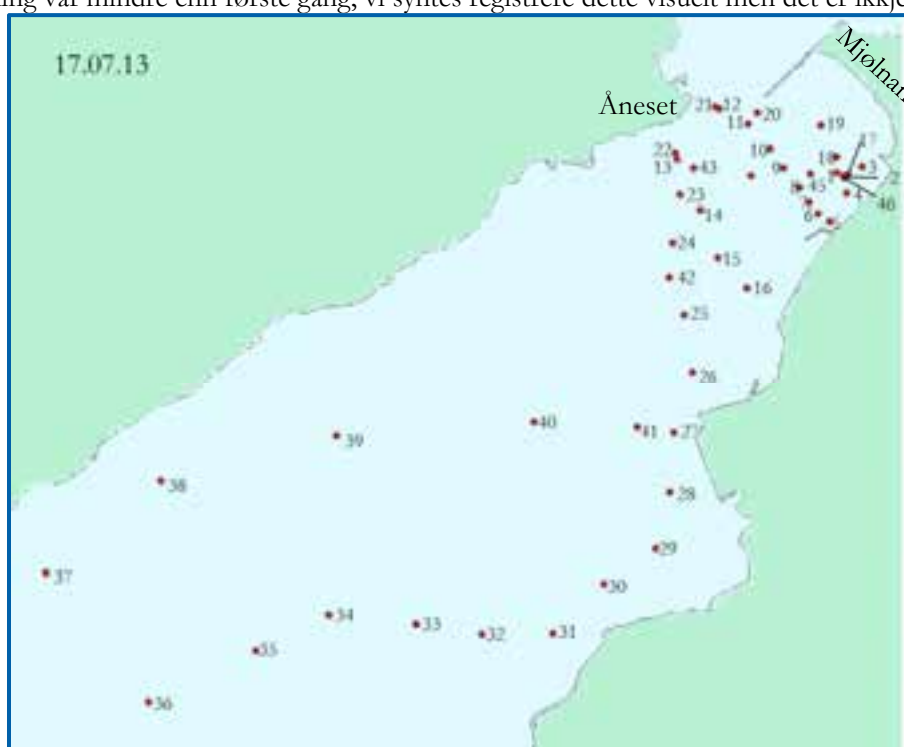
Figur 24 syner to profilar med tydeleg utslag for sporstoff denne dagen, begge lokalisert på sørsida av fjorden. Kartet i Figur 23 viser at det også lenger frå utsleppspunktet fantes sporstoff, som på transektet frå Åneset og sørover. Sjøktet med sporstoff var imidlertid markert tynnare enn dagen før, og lokalisert noko djupare.

På ingen av dagane vart det registrert sporstoff i øvre lag/overflatelaget.

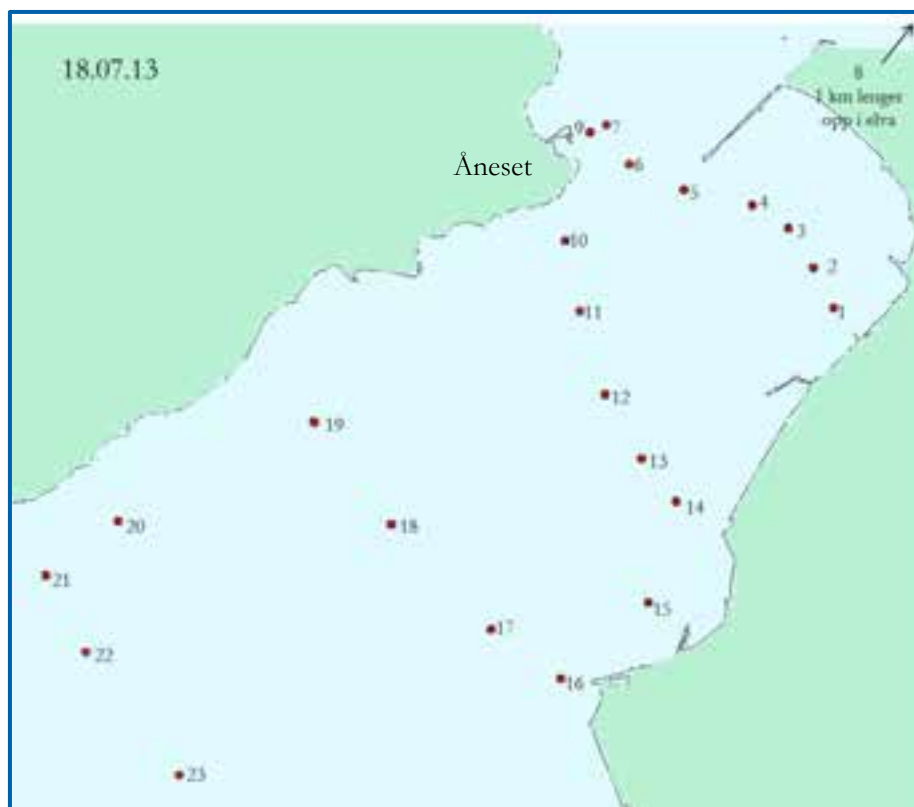
Turbiditetsmålingane synte høge verdiar (av partiklar) i sjikta det sporstoff vart detektert.

Målingane for finfraksjonen i oktober 2012 synte innlagring/spreiing i såpass grunne sjikt som i 8-10 m djup. Dei siste målingane ga markert djupare utslag. Sjiktingstilhøva i fjorden var noko ulike ved dei to måletidspunkta: juli 2013 hadde tydelegare sjikting frå 10 m djup til 50 m djup i høve til oktober 2012. Dette kan ha resultert i noko djupare innlagring ved første måleserie.

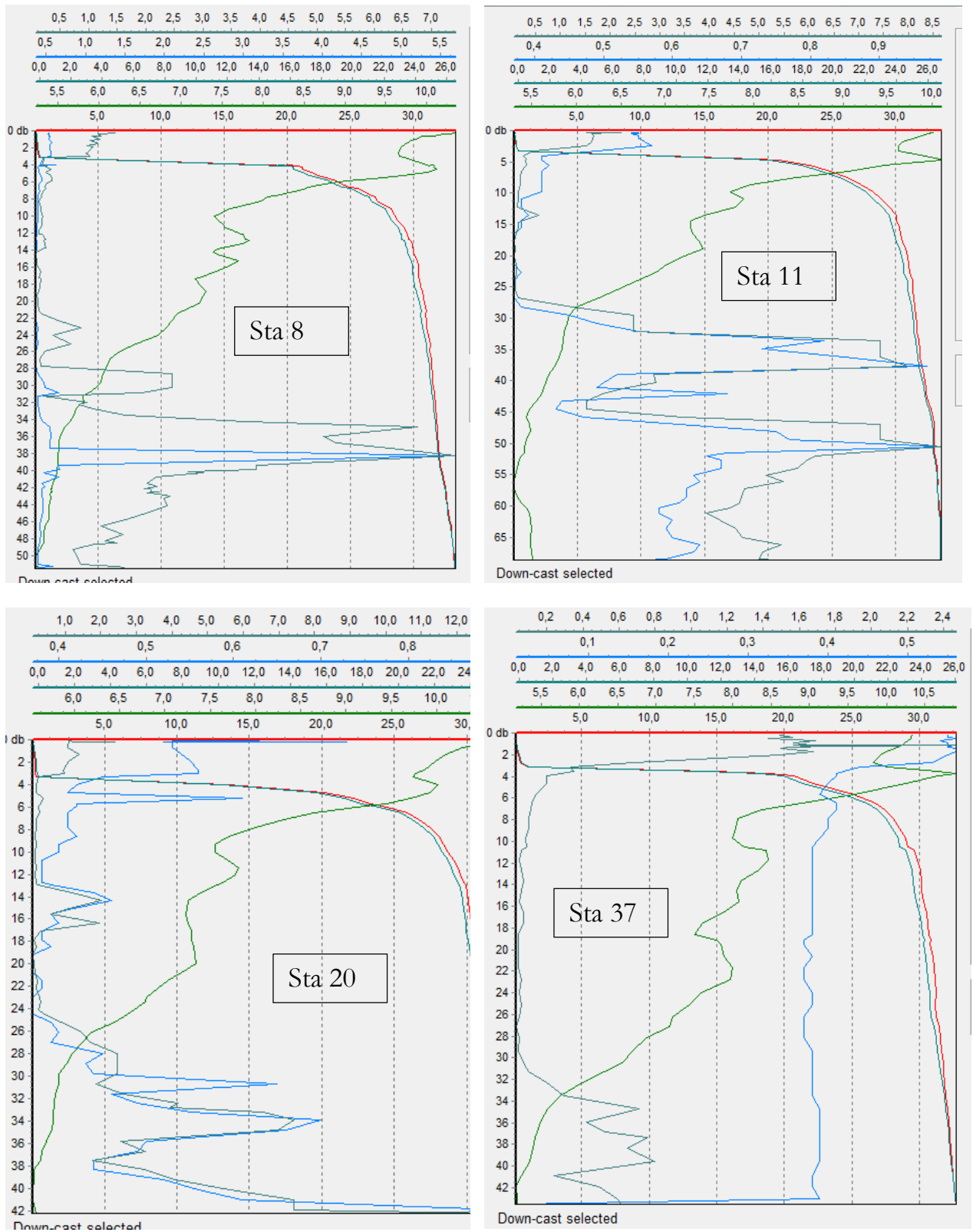
Vi har ikkje verifiserte tal for fluksen ut av oppredninga ved dei to tidspunkta, det er mogleg at fluksen ved siste måling var mindre enn første gang, vi syntes registrere dette visuelt men det er ikkje verifisert.



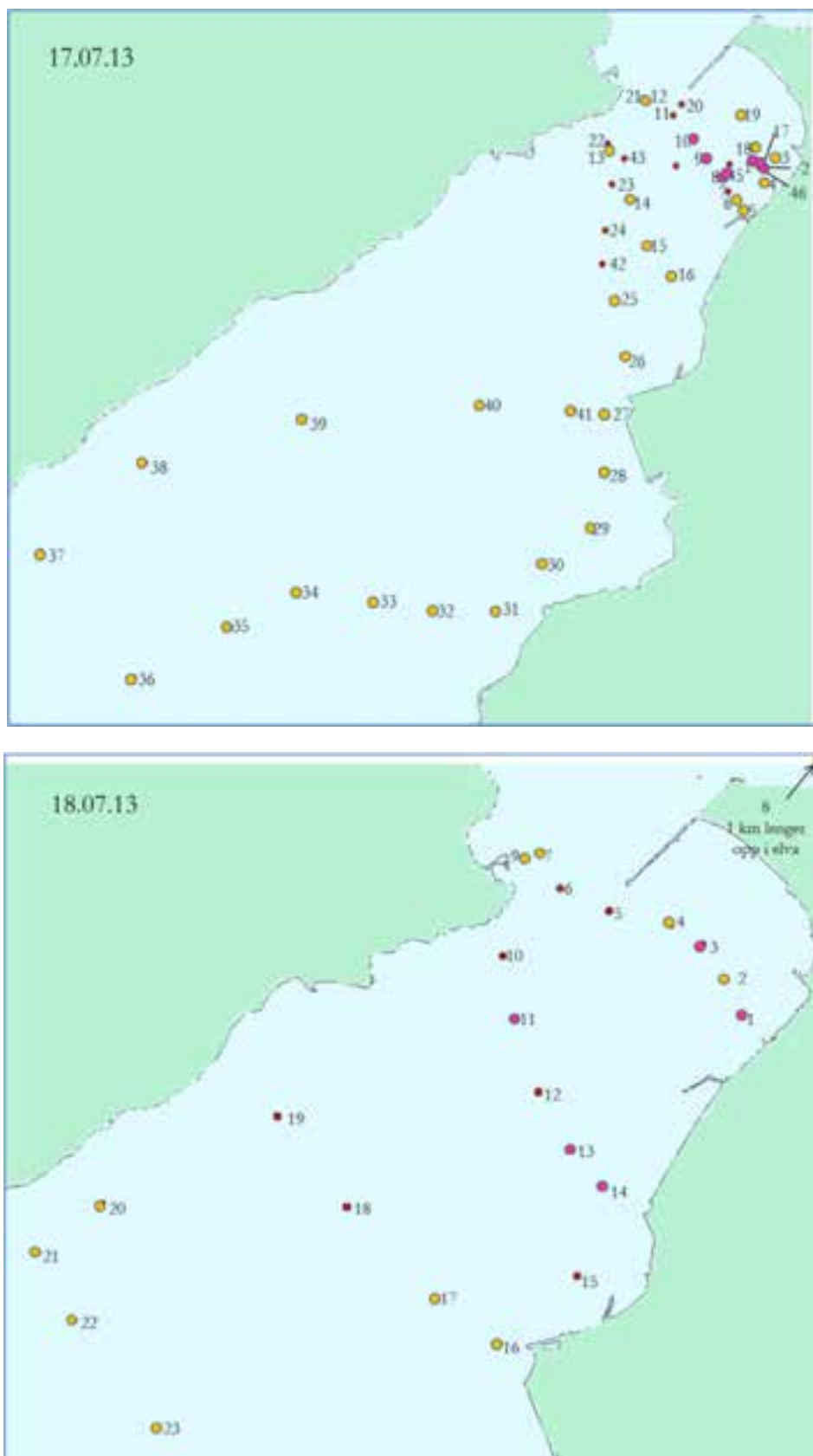
Figur 20: Stasjonskart frå 17. juli 2013.



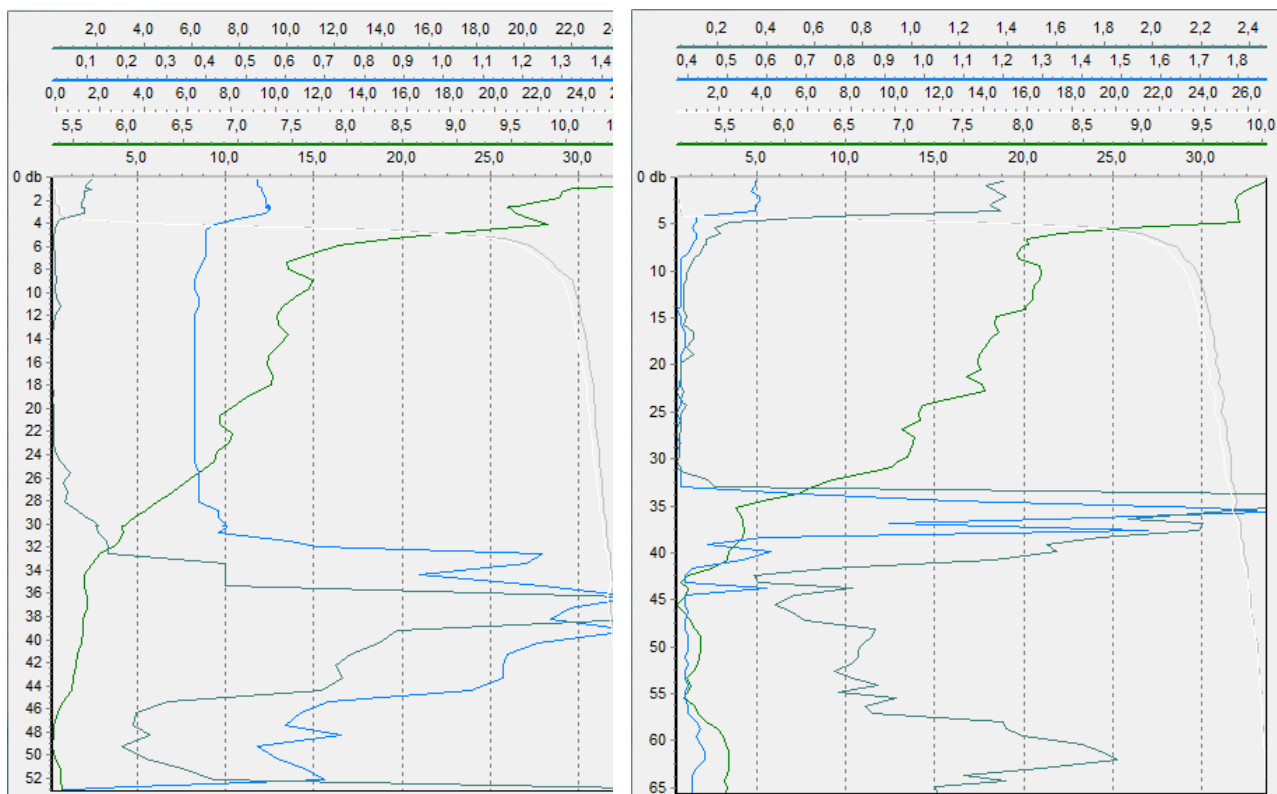
Figur 21. Stasjonskart frå 18. juli. 2013.



Figur 22. Sta 8 og 11 (øvst) og 20 og 37, den 17. juli 2013.



Figur 23. konsentrasjonar av sporstoff 17. og 18. juli 2013 (finfraksjon). Rosa sirkel: Tydeleg utslag, gul sirkel, lite/svakt utslag. Verdiane var generelt sett høgare 17. juli enn 18. juli. Figurane legg vekt på å illustrere relativ fordeling, høg/låg, for den ein-skilde dagen.



Figur 24. Stasjon 1 (t.v.) ved utleppspunktet og Stasjon 13 lenger mot SW, 18. juli 2013.

3.4 Grovfraksjon 26-27 august 2013

Dosering i grovfraksjon kummen/sumpen inne i oppredningsbygget pågjekk frå klokka 09 til 10 den 26. august. Det blei deretter tatt til saman 50 måleprofilar i fjorden i løpet av dei to dagane, 31 på første dag og 19 i løpet av formiddagen på dag 2 (Figur 25).

Det var kun lett regn første dagen, og betydeleg regn på dag Nr. 2. Sjiktingstilhøva var karakterisert av eit 2 m tjukt brakkvasslag øvst, med salinitet under 4, så eit overgangslag ned til 5-6 m djup, og meir homogent vatn derfrå og nedover. Sjøtemperaturen var over ti grader i dei øvste 5 m.

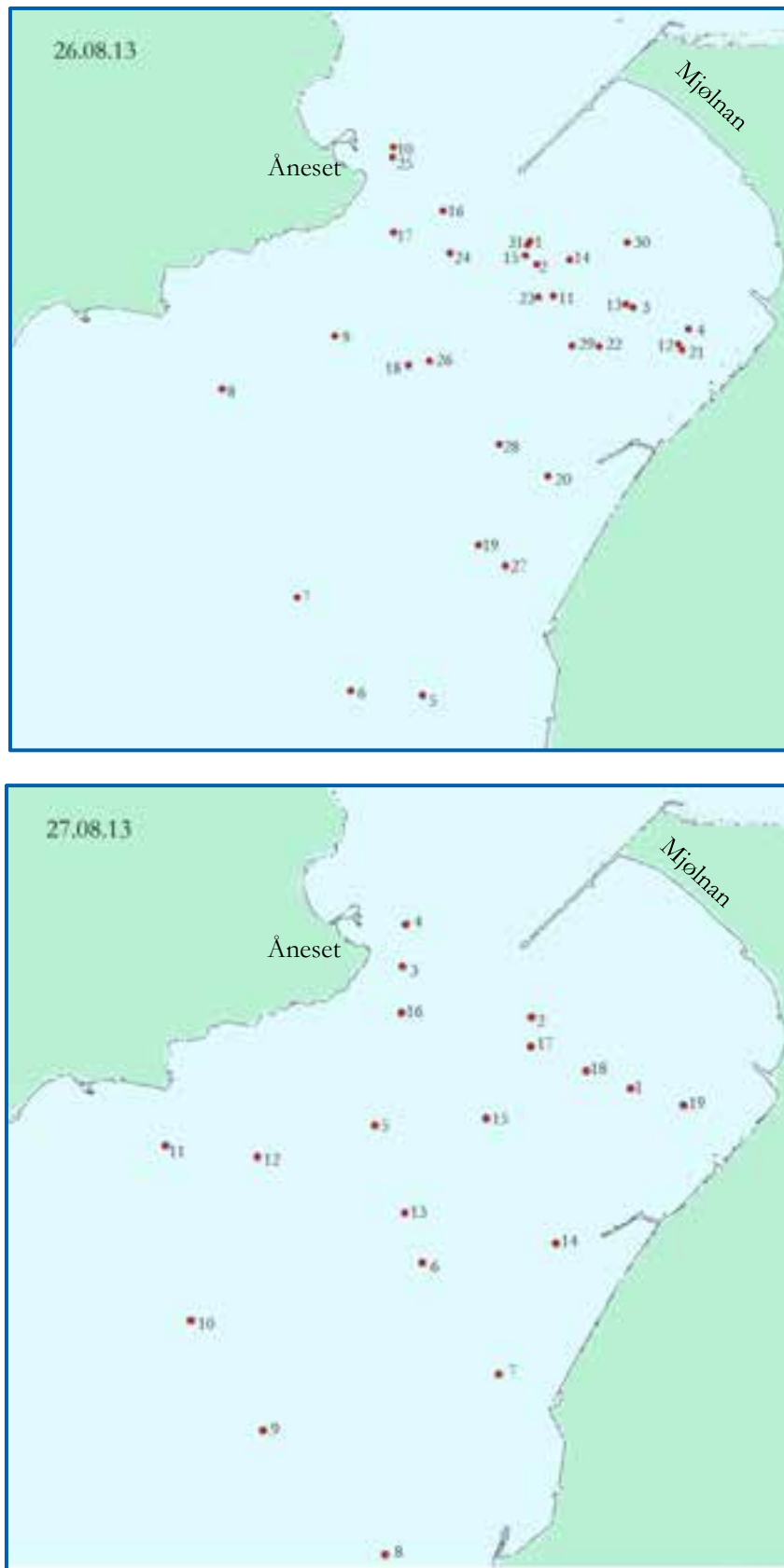
Under første del av målingane 26. august var det spor av stoff alt på stasjon 1, men låge verdiar (< 0.3). Frå rundt klokka 14 registrerte vi høgare verdiar på fleire stasjonar, høgste verdi 2.0, var på stasjon 15 (Figur 26), rett over utleppspunktet.

Same figur syner at sporstoffet fantes frå om lag 25 m djup og nedover til botnen evt. til heilt ned til 50-55 m djup (sondekabelen rakk til 65 m).

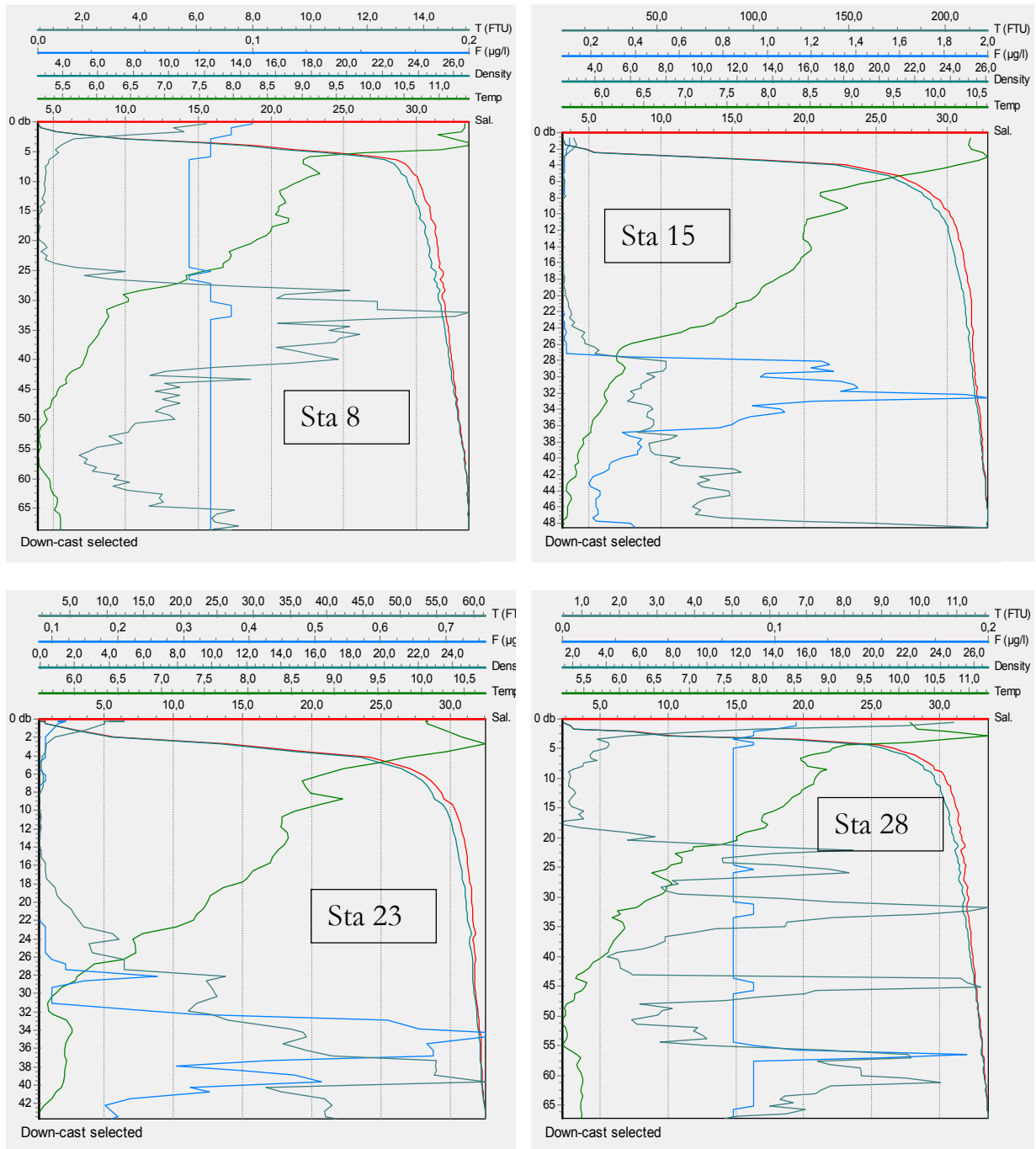
Kurva for turbiditet synte oftast høg verdi i same sjikt som der det var sporstoff. Stasjon 8 er eit døme på kraftig utslag i turbiditet i 25-40 m djup, mens det ikkje var utslag på sporstoff. Det var sannsynlegvis finfraksjonen som blei fanga opp på den stasjonen.

I sum så stadfestar augustmålingane for grovfraksjonen det som målingane i oktober 2012 synte; sporstoff frå ca. 25 m og nedover, og max verdiar gjerne rundt 30 m djup.

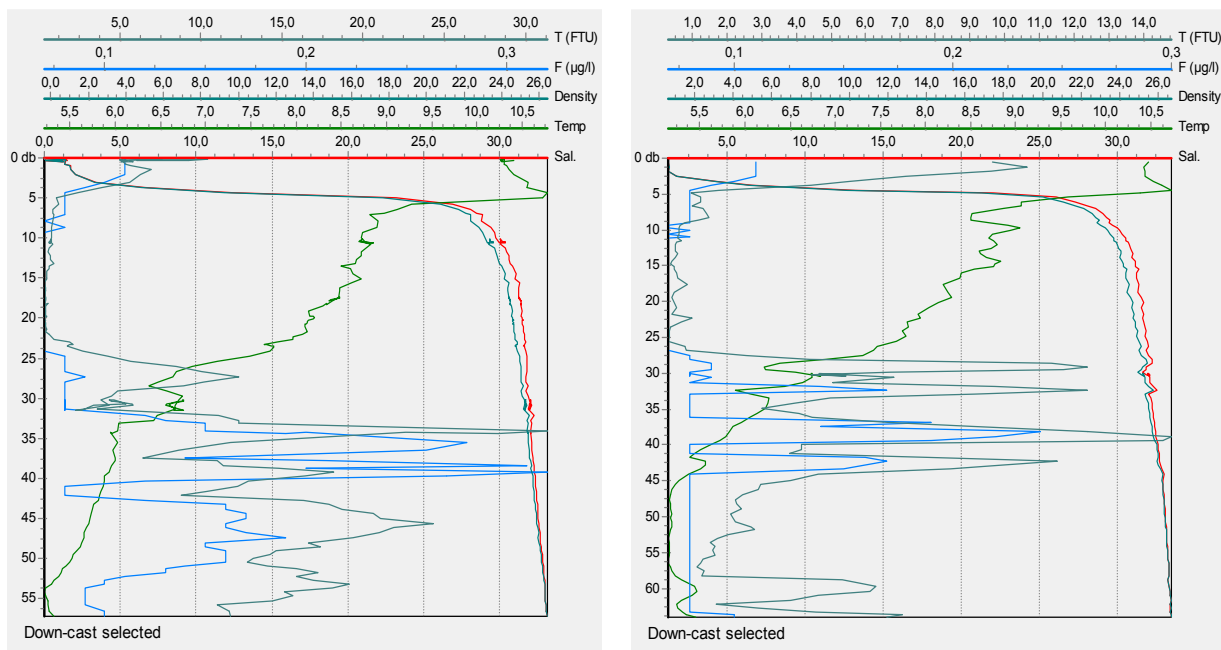
Fordelingskartet for 26. august (Figur 28) viser tydelege utslag for sporstoff rundt utleppspunktet og også i retning søraust, mot Rana Grubers kai. I elveosen og innover mot land, mot Mjølnan, var det null eller kun svake registreringar. Dette gjaldt også for stasjonane utover og sørover.



Figur 25. Stasjonskart for 26. og 27. august 2013 (grovfraksjon).



Figur 26. Stasjon 8 og 15 (øvt) og 23 og 28, frå 26. august 2013 (grovfraksjon).



Figur 27. Stasjon 5 (t.v.) og 13, 27. august 2013 (grovfraksjon).

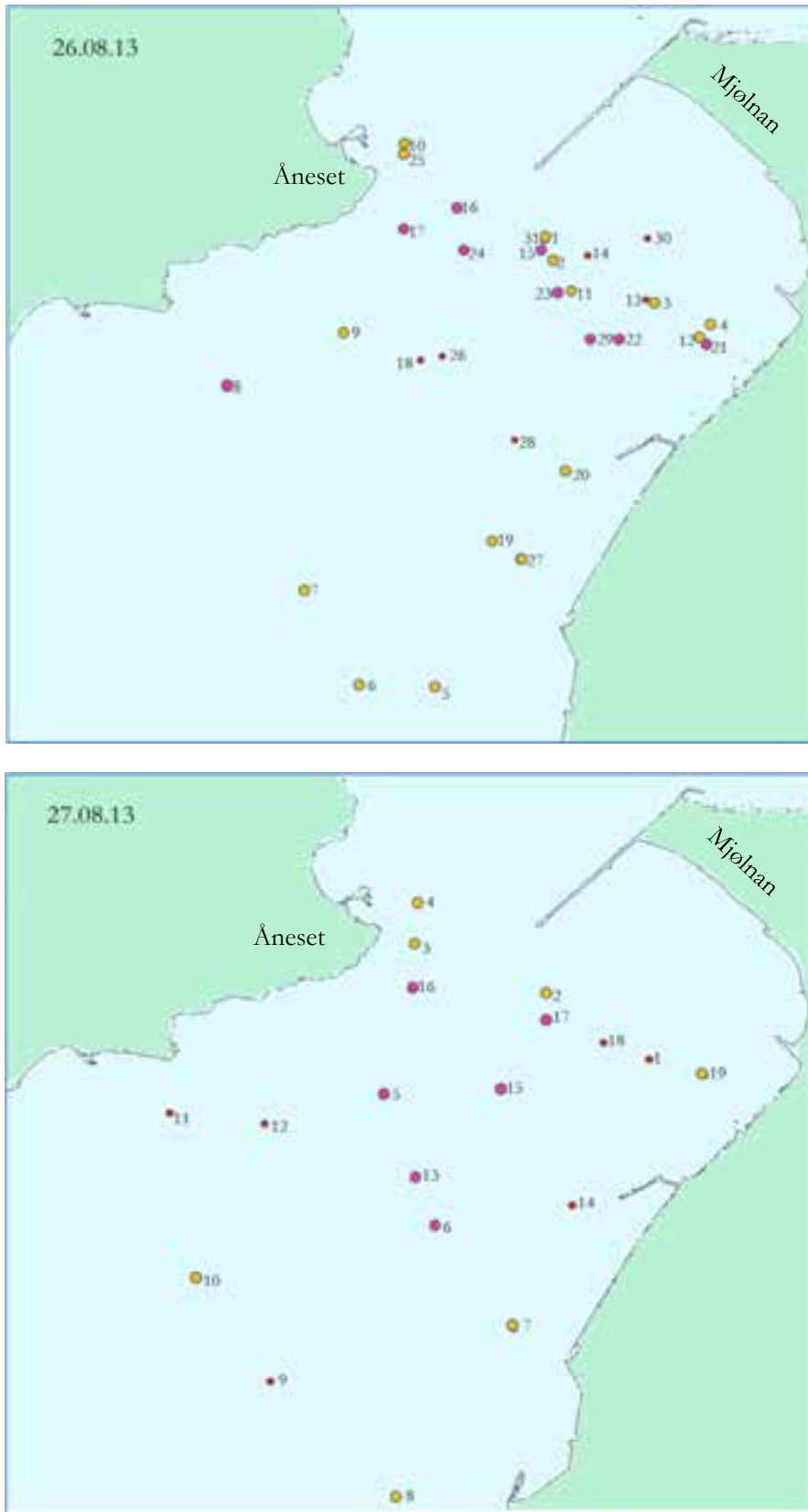
27. august 2013

Denne dagen vart det teke 19 stasjonar (Figur 25). Det vart funne spor av sporstoff på dei fleste stasjonane. Høgste verdi, 0,32, var på stasjon 5 (Figur 27), midtfjords, sør for Åneset. For øvrig låg max utslaga mellom 0,1 og 0,3.

Maksimumsverdiane for sporstoff låg djupare enn dagen før, typisk ein stad i sjiktet 35-45 m djup.

Fordelingskartet i Figur 28 viser svake eller null utslag i elveosen og på dei inste stasjonane på linja i retning mot Rana Gruber si kai, over og forbi utsleppet for finfraksjon.

Høgste konsentrasjonane var i eit område sør og aust for Åneset, mens det lenger ute var svakare eller null konsentrasjon. Dette kan indikere ein form for kvervel med stagnasjon eller resirkulasjon i djupare sjikt i området sør for Åneset.



Figur 28. Konsentrasjonsfordeling, høy (rosa)/låg (gult) for tokta i august 2013.

4. Diskusjon og oppsummering

Forsøka med sporstoff dosert i avgangen frå Rana Gruber vart gjennomført i tre omgangar; i oktober 2012 for fin- og grovfraksjon, i juli 2013 for finfraksjon og i august 2013 for grovfraksjon.

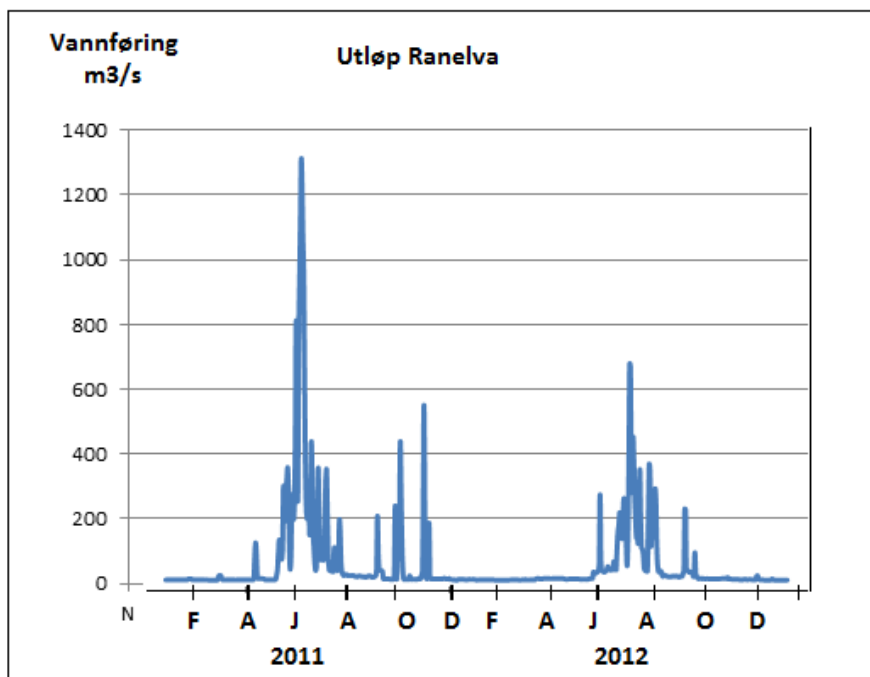
Formålet med forsøka var å feltmessig verifisere fordelinga av avgangen i sjøen i nærområdet til dei to utsleppa, i indre Ranfjorden. Sporstoffet vil primært følgje vatnet i avgangen men vil også "farge" partiklar og følgje desse. Avgangen blir blanda på land med vatn frå Ranaelva. Difor kan sporstoffet følgje både den lettaste (ferskvatnet som vil stige opp) og tyngste (partiklar som vil synke ut) delen av den to-faste strøminga som utsleppa representerer.

Det er ingen teoretisk del i dette prosjektet. Parallelt med foreliggende prosjekt pågår det imidlertid andre målingar i fjorden og simulering av spreininga i fjorden med hydrodynamisk modell GEMSS, som vil kunne bidra til å kaste meir lys over spreininga av avgangen i fjorden..

Det vart ved kvart høve dosert 20 liter konsentrert sporstoff (Fluorescein) inn i finfraksjon avgangen og 10 liter i grovfraksjonen. Sporstoffet vart fortynta 1:10 før dosering, og doseringa varte om lag ein time.

Etter dosering vart det gjort målingar frå båt i fjorden med nedsenkbar målesonde påmontert sporstoff-sensor. Kvar måledag vart det teke typisk 30-40 sondeprofilar, fordelt i indre deler av fjorden rundt utsleppa og 3-4 km utover, samt nokre stikkprøver i Ranaelva. Til saman vart det teke 186 profilar (stasjonar) på dei i alt seks dags-tokta. Sporstoff vart detektert i fjorden på alle tokta.

Nokre dagar vart det detektert stoff på første måling, andre dagar tok det noko lenger tid å få treff. Forsøka er difor vurdert som vellykka. Utfordringane i metodikken ligg i å foreta måling tilstrekkelig raskt over eit størst mogleg område. Det tar tid å senke og heve målesonden, foreta rask evaluering av målingane og forflytte seg til neste målepunkt.



Figur 29. Vassføring i Ranaelva 2011-2012.

Resultata frå prosjektet syner at sporstoff i finfraksjonen nådde opp til 8-10 m djup i oktober 2012, og til ca. 28 m djup i juli 2013. Skilnaden kan kome frå sterkare sjikting i sjøen i juli (som bremser oppstiging av utsleppsskya), evt også mindre utsleppsfluks i juli. Ranaelva har sterkast vassføring i mai-juli (Figur 29). Ved ein situasjon som i juli 2013 har elva kunna fylle på med større mengder ferskvatn og bygge opp tydeleg sjikting i fjorden.

For grovfraksjon var tilhøva ved dei to tokta meir konsistente, med djup innlagring og spreing; djupare enn 25 m djup, og maksimumsverdiar i rundt 30 m djup.

Det var indikasjon av sporadisk påverknad i øverste laget i juli 2013. Som tidlegare nemnt, vart målingane i overflata innimellom befengt med målerstøy, noko som ofte oppstår i det sonden går frå luft og ned i vatnet. Deler av målingane av sporstoff i overflata kan difor vere støy, men vi vil uansett ikkje utelate å nemne desse registreringane. Hovedinntrykket er imidlertid liten/svak påverknad i overflata, og djup innlagring for begge utsleppa.

Målte utslag var stort sett i intervallet 0.1 - 10 for sensoren. I høve til kalibreringa (Figur 10) representerer dette sporstoffkonsentrasjon i sjøen i intervallet 0.5×10^{-4} - 10^{-6} . Dei høgste konsentrasjonane motsvarer tilnærma uforyttna utsleppsvatn, og den lågaste verdien ein fortynningsgrad på ca. 50 X. Det var også mange svakare sensorutslag, i intervallet 0.06 - 0.1, som vil motsvare fortykning på 100-150 X. Det er imidlertid ikkje fagleg forsvarleg å omsette desse konsentrasjonane/fortynningsgradene direkte til eksakt partikkelkonsentrasjon, ettersom det er vassfasen som i størst grad absorberer sporstoffet. Ved evt. oppfølging vil vassprøver med mengdemåling av partiklar kunne bidra til meir presise verdiar for partikkel (-masse)konsentrasjon.

Rana kommune anla nytt avlaup frå renseanlegget på Mjølnan i 2011 (sjå Vedlegg A). Utsleppet er på 70 m djup, i forlenginga av elvemunningen, og eit par hundre meter frå utsleppet av grovfraksjon. Avstanden er såpass stor at det neppe er fysisk interaksjon (samblanding) av betydning mellom dei to utsleppa, men det kommunale utsleppet kan moglegvis verte påverka av partiklar (nedslamming over tid). Rana Gruber bør notere seg dette kommunale utsleppet dersom det skal etablertast nytt og djupare avlaup for ein eller alle fraksjonane.

Dei førebels modellresultata med GEMSS modellen (NIVA rapport in prep.) indikerer at deler av både fin- og grovfraksjon påverkar overflatelaget, dvs. partiklar med diameter mindre enn 25 μm , og der finfraksjonen har størst/hyppigast påverknad.

Metodisk fungerte måleprosjektet bra. Avgrensingane ligg i tida det tar å ta ein måleprofil, og så forflytte seg til neste målepunkt. Målingane vert difor ikkje synoptiske (samtidige), slik at utbreiingskart ikkje vil gje eit fullverdig bilete av situasjonen. Bruk av målesonde montert på slepefisk som blir taua etter båt mens den går opp og ned i sjøen vil gje eit tettare datagrunnlag både i tid- og rom, i høve til profileringa frå båt.

5. Litteratur

Golmen, L. G. 1991: Vurdering av Rana Gruber A/S sitt avløp til indre Ranfjorden. Rapp. NIVA Nr 2656, 62 s.

Johnsen, T., L. Golmen, A. Helland, B. Rygg, B og K. Sørensen, 2004. Miljøundersøkelser i Ranfjorden 1994-96. NIVA rapport 4366-2004. ISBN 82-577-4003-9. 94 sider.

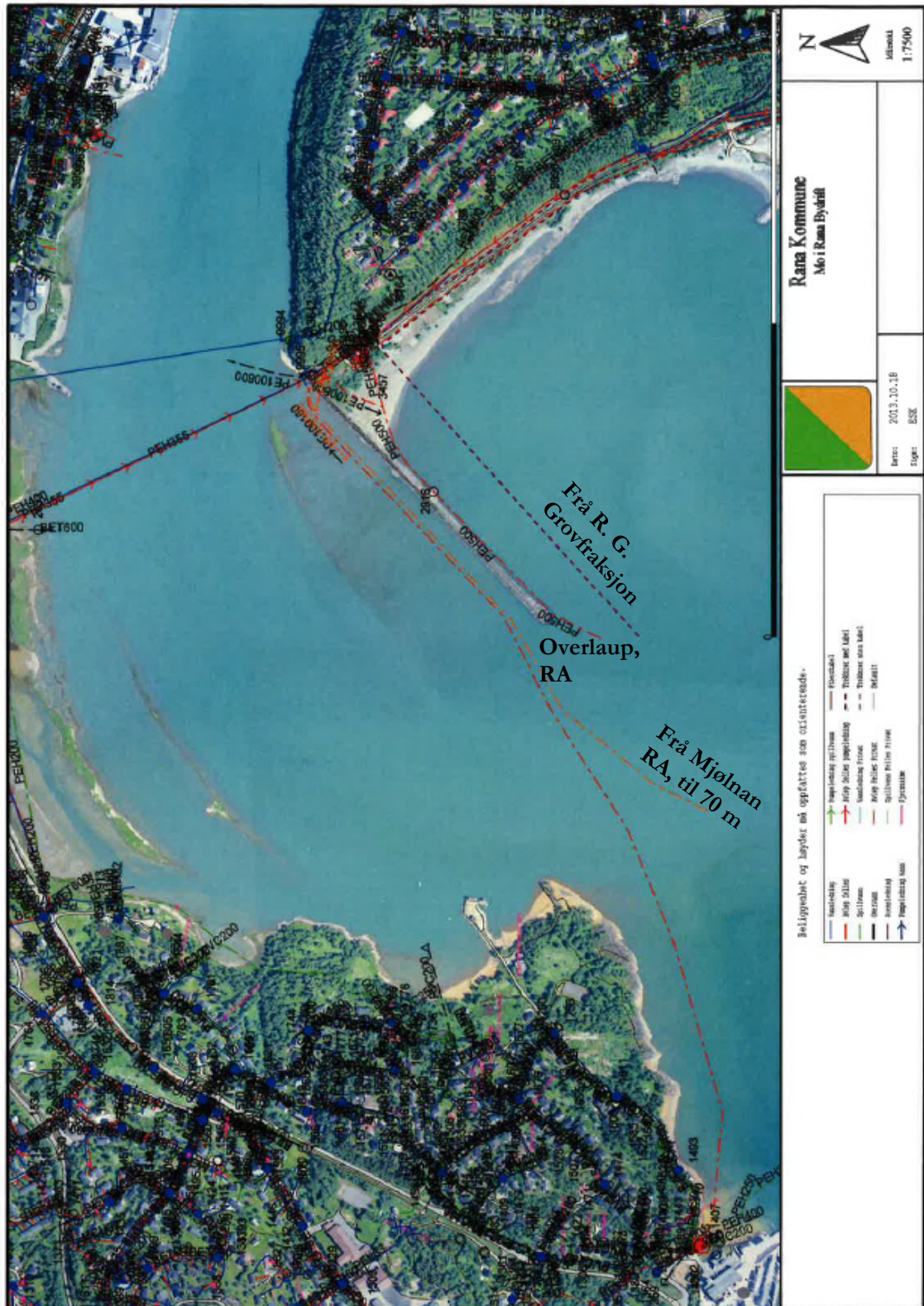
Kvassnes, A., T. M. Johnsen og K. L. Daae 2011; Utslipp i Ranfjorden. Notat, NIVA-Vest, 2011, 11s.

Leikvin, Ø. 2009: Vurdering av nytt utslippspunkt for Mjølånodden renseanlegg i Rana kommune, 2009. Rapp. Nr 4601-412, Akvaplan-niva, 45 s.

Maggi, F. 2013: The settling velocity of mineral, biomineral and biological particles and aggregates in water. J. Geophys. Res C, doi 10.1002/jgrc.20086.

Walday M., A. Helland, J. Magnuson, F. Moy og B. Rygg 2004: Environmental assessment of Ranfjorden, northern Norway, 2003. NIVA rapport 4839-2004. ISBN 82-577-44521-9. 132 s.

Vedlegg A. Kommunale avlaup



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