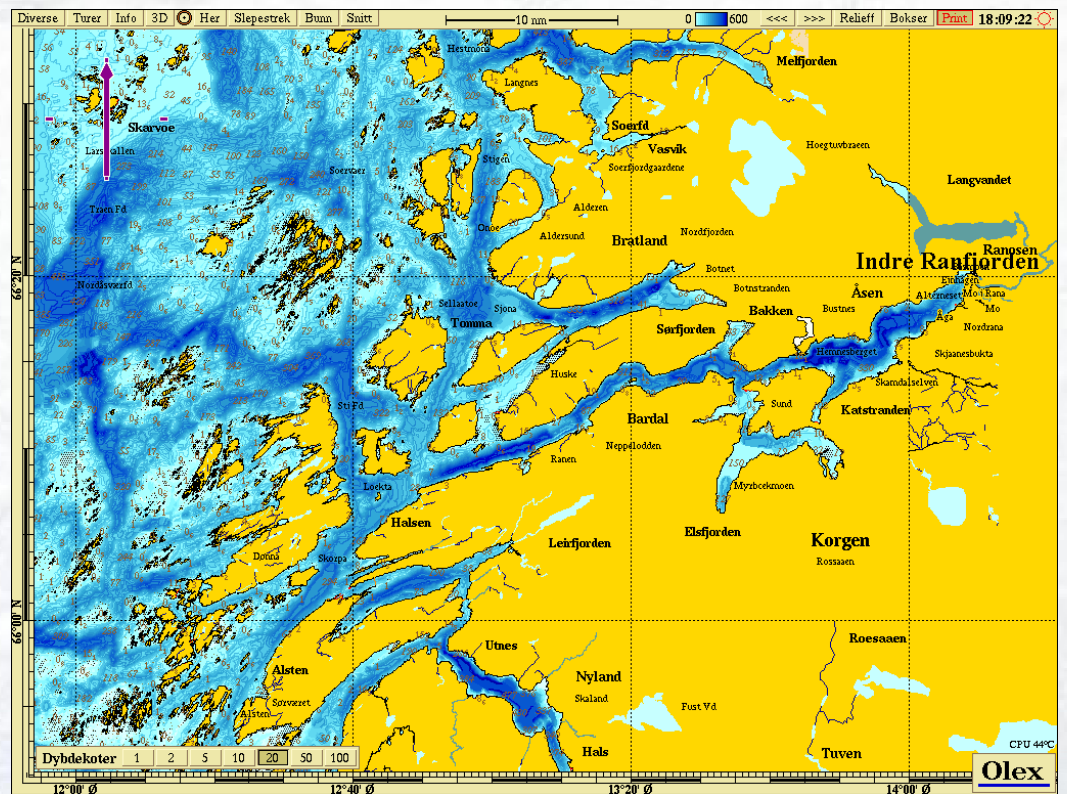


Vurdering av nytt utslippspunkt for Mjølanodden renseanlegg i Rana kommune, 2009



Akvaplan-niva AS

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur

Org.nr: NO 937 375 158 MVA

Polarmiljøseneteret

9296 Tromsø

Tlf: 77 75 03 00, Fax: 77 75 03 01

www.akvaplan.niva.no

**Rapporttittel / Report title**

Vurdering av nytt utslippspunkt for Mjølanodden renseanlegg i
Rana kommune, 2009

Forfatter(e) / Author(s)

Øyvind Leikvin

Akvaplan-niva rapport nr / report no

4601 - 412

Dato / Date

17.05.2009

Antall sider / No. of pages

33 + 12

Distribusjon / Distribution

Gjennom oppdragsgiver

Oppdragsgiver / Client

Sweco Norge AS, regionkontor Tromsø

Oppdragsg. referanse / Client's reference

Yngve Johansen

Sammendrag / Summary

Det er benyttet en numerisk modell for å simulere innlagring og fortynning for ulike utslippsalternativer fra et kommunalt renseanlegg ved Mjølanodden i Rana kommune, Nordland. Gunstig utslippsdyp er beregnet til å være på 50 -70 m dypde, og på en lokalitet med sannsynlighet for at strømmen bærer utslippsvannet bort fra elvemunningen til Ranelva. En slik lokalitet finnes på vestsiden av indre Ranfjord i skråningen opp mot land, omtrent 400 m syd-sydvest for moloen ved elvemunningen. Dette er et anbefalt utslippspunkt, ca. 1-3 m over havbunnen. Hvis det er nulltoleranse for gjennomslag til overflaten anbefales sekundærrensning ved anlegget på Mjølanodden.

Prosjektleder / Project manager

Handwritten signature of Øyvind Leikvin in blue ink.

Øyvind Leikvin

Kvalitetskontroll / Quality control

Handwritten signature of Arild Sundfjord in blue ink.

Arild Sundfjord

© 2009 Akvaplan-niva AS. Rapporten kan kun kopieres i sin helhet. Kopiering av deler av rapporten (tekstutsnitt, figurer, tabeller, konklusjoner, osv.) eller gjengivelse på annen måte, er kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Akvaplan-niva AS.

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	2
1 INNLEDNING	3
1.1 Områdebeskrivelse	4
2 METODIKK	5
2.1 Vurdering av utslippspunkt	5
2.2 Dybdekartlegging med Olex	6
3 BESKRIVELSER OG MÅLERESULTATER, INNGANGSDATA TIL MODELLERINGEN	7
3.1 Beskrivelse av utslipp	7
3.2 Vertikalprofiler av temperatur og saltholdighet, egne data	7
3.3 Vertikalprofiler av temperatur og saltholdighet, eksterne data	14
3.4 Strømmålinger, egne data	15
4 MODELLRESULTATER OG VURDERINGER	21
4.1 Vurdering av oseanografiske inngangsdata til modelleringen	21
4.2 Beregning av innlagingsdyp for avløpsvannet med Visual Plumes	22
4.2.1 Modellsценарier	22
4.2.2 Resultater	22
4.3 Dybdekartlegging	26
4.4 Vurdering av anbefalt lokalisering av utslippspunkt	30
5 KONKLUSJON	32
6 LITTERATUR	33
7 APPENDIKS	34

Forord

Den foreliggende rapporten er utarbeidet for Sweco Norge AS, regionkontor Tromsø, i samsvar med Akvaplan-nivas prosjektforslag av 11. februar 2009 og utfyllende opplysninger oversendt fra oppdragsgiver og Rana kommune i løpet av våren 2009.

Følgende personer har deltatt i prosjektet:

<i>Øyvind Leikvin</i>	<i>Akvaplan-niva AS</i>	<i>prosjektleder, feltarbeid, modellering og rapportering</i>
<i>Oddmund Isaksen</i>	<i>Akvaplan-niva AS</i>	<i>klargjøring og utlesning av instrumenter, feltlogistikk</i>
<i>Arild Sundfjord</i>	<i>Norsk Polarinstitut</i>	<i>kvalitetskontroll</i>
<i>Per Anders Nygård, Ørjan Sætermo og Frode Hansen</i>	<i>Havnevesenet, Mo i Rana</i>	<i>båt, skipper og glimrende assistanse og praktisk hjelp under feltoperasjonene</i>

Akvaplan-niva vil takke Sweco Norge AS, regionkontor Tromsø, for oppdraget og Havnevesenet i Mo i Rana for utmerket hjelp og støtte til den praktiske utførelsen av feltarbeidet i prosjektet.

Tromsø, 17.5.2009



Øyvind Leikvin

1 Innledning

Rana kommune slipper for tiden ut organisk avfall fra en stor del av Mo i Ranas befolkning via Mjølanodden renseanlegg. Vannkvaliteten i indre Ranfjorden ble av NIVA i 2004 (Walday m.fl., 2004) karakterisert som God til Meget God (Molvær m.fl., 1997) angående klorofyll- og næringssaltmålinger i overflatelaget. Et unntak var innerst i elvemunningen, der det var indikasjoner om negativ påvirkning fra det kommunale utslippet ved Mjølanodden (høye næringssalt- og TKB-nivåer). Rana kommune ønsker å finne et bedre utslippspunkt for effektiv fortynning og innlagring av dette utslippet under overflaten.

Formålet med foreliggende undersøkelser og utslippsmodellering er dermed å:

- 1. grovt kartlegge strømbildet i det dypere vannlag innerst i indre Ranfjorden, for å vurdere et gunstig sted for utslipp**
- 2. vurdere hvor og i hvilket dyp et eventuelt nytt avløp fra Mjølanodden renseanlegg bør plasseres for å sikre at elvemunningen til Ranelva og vannmassene i overflaten i indre Ranfjorden ikke påvirkes og at utslippet blir fraktet bort fra elvemunningen**
- 3. kartlegge havbunnen på potensielle utslippspunkter, for å mer nøyaktig kunne foreslå og visualisere gunstige utslippspunkter**

Det er essensielt å unngå at utslippsvannet kommer opp i overflatelaget og gir effekter i elvemunningen. Det vil derfor være av betydning å finne ut av hvor langt ned kompensasjonsstrømmen til elvevannet går, og helst unngå innlagring i dette laget. I kompensasjonsstrømlaget foregår det aktiv medrivning og blanding mellom elvevann og kyst- / fjordvann.

Dersom utslippsvannet holdes dypere enn de øvre ca. 15 m, vil det bli minimal påvirkning på biologisk produksjon i nærområdet.

Det settes derfor som en konkret målsetning å sikre at utslippet innlagres under dette dypet, eller under laget med kompensasjonsstrøm ved elvemunningen.

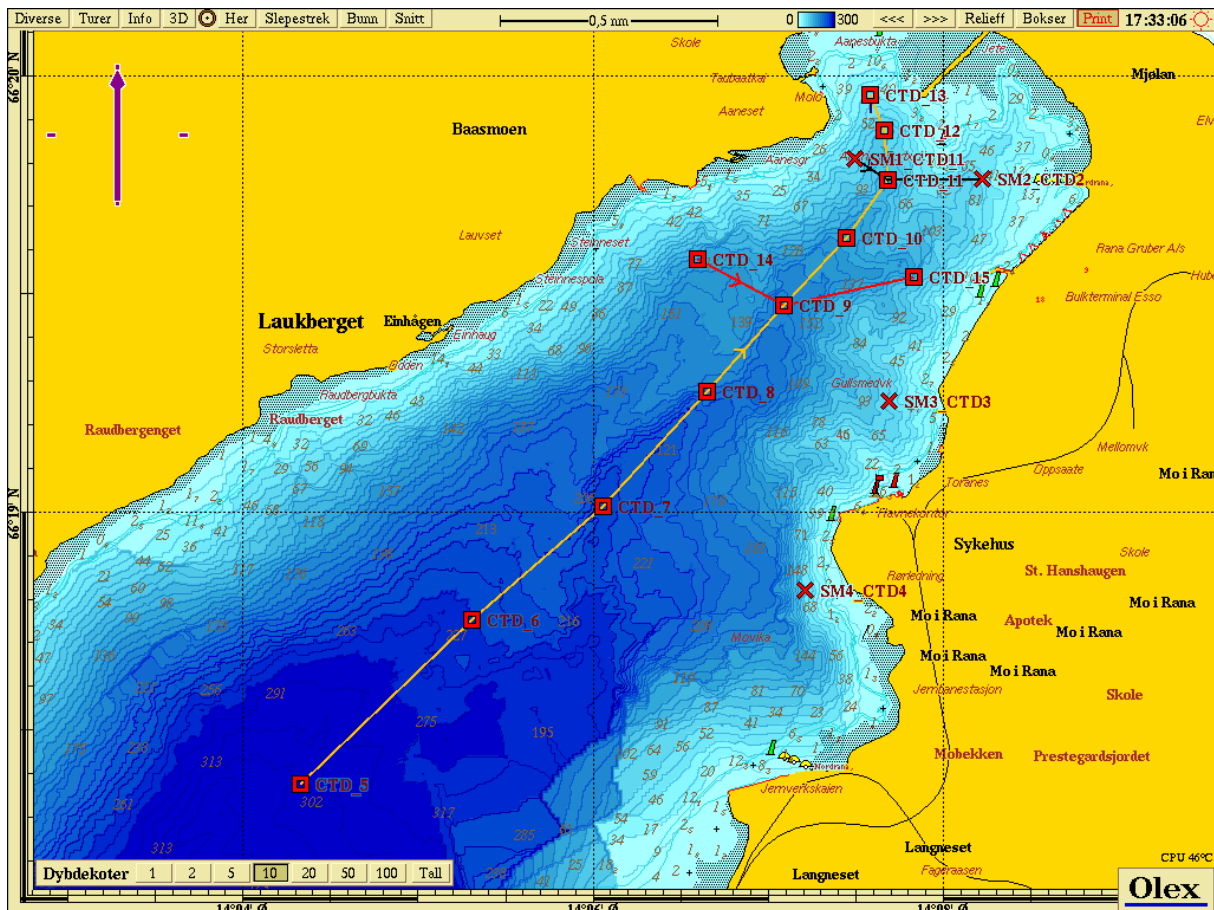
Spredningen av utslippet må vurderes i forhold til sesongvariasjoner i lagdeling og strømforhold, og det må tas høyde for driftsmessige variasjoner. Modellberegninger er derfor gjennomført for ulike hydrografiske situasjoner som representerer variasjoner gjennom en hel årssyklus, basert på historiske hydrografidata målt av NIVA og nye data innsamlet i dette prosjektet av Akvaplan-niva AS. Det er gjort simuleringer både for forventede maksimale og gjennomsnittlige utslippsflukser fra anlegget.

I denne rapporten vurderes bare selve utslippsvannet. Det er ikke gjort noen inngående analyse av eventuelle effekter av partikulært organisk materiale eller næringssaltutslipp.

1.1 Områdebeskrivelse

Indre Ranfjorden er innerst i Ranfjorden, som er en nesten 50 km lang fjord på ca. 66°N i Nordland fylke. Ranfjorden er en terskelfjord med terskeldybde omtrent 100 m. Fjordens lengde er ca. 45 km. Indre del av Ranfjorden er ca 26 km lang og 5 km bred, med et samlet areal på omtrent 90 km³ og dybder ned til ca. 500 m. Ranfjorden ender i øst, i elvemunningen til Ranelva (se kart i Figur 1 og på rapportens forside).

Viktigste elvetilførsel i indre Ranfjorden er Ranelva, med en gjennomsnittlig vannføring på 174 m³/s (Walday m.fl., 2004).



Figur 1: Kart over indre Ranfjorden, med dybde data. Måleposisjoner for sondemålinger (CTD_X) og strømmålinger (SMX) er vist med X som stasjonsnummer. Linjene beskriver Snitt 1 (gult), Snitt 2 (sort) og Snitt 3 (rødt) (se Figur 4 - Figur 7).

2 Metodikk

2.1 Vurdering av utslippspunkt

Dersom avløpsvannet er lettere enn sjøvann, vil det begynne å stige mot overflaten samtidig som det fortynnes raskt med omkringliggende sjøvann. Hvis sjøvannet har en stabil sjiktning (egenvekten øker mot dypet) fører dette til at egenvekten til blandingen av avløpsvann og sjøvann øker, samtidig som egenvekten til det omkringliggende sjøvann avtar. Dermed kan blandingsvannmassen få samme egenvekt som sjøvannet omkring i et gitt dyp (se Figur 2). Da har ikke blandingsvannmassen lenger noen positiv oppdrift, men har fortsatt vertikal bevegelsesenergi og vil vanligvis stige noe forbi dette "likevektsdypet", for deretter å synke tilbake og innlagres. I fjord- og kystområder er det vanligvis en vertikal sjiktning i sjøvannet, og dersom utslippet legges tilstrekkelig dypt kan det fortynnete avløpsvannet innlagres uten å nå opp til overflaten. Etter innlagringen vil avløpsvannet spres med strømmen samtidig som det fortynnes videre.

Beregning av spredning av utslippsskyen, eventuelt innlagringsdyp og fortykning er gjort med den numeriske modellen Visual Plumes utviklet av U.S. EPA (Frick m.fl., 2001). Det er brukt anbefalte standardverdier for turbulent diffusjonskoeffisient m.m. i alle simuleringene. For beregningene av innlagringsdyp behøves opplysninger om:

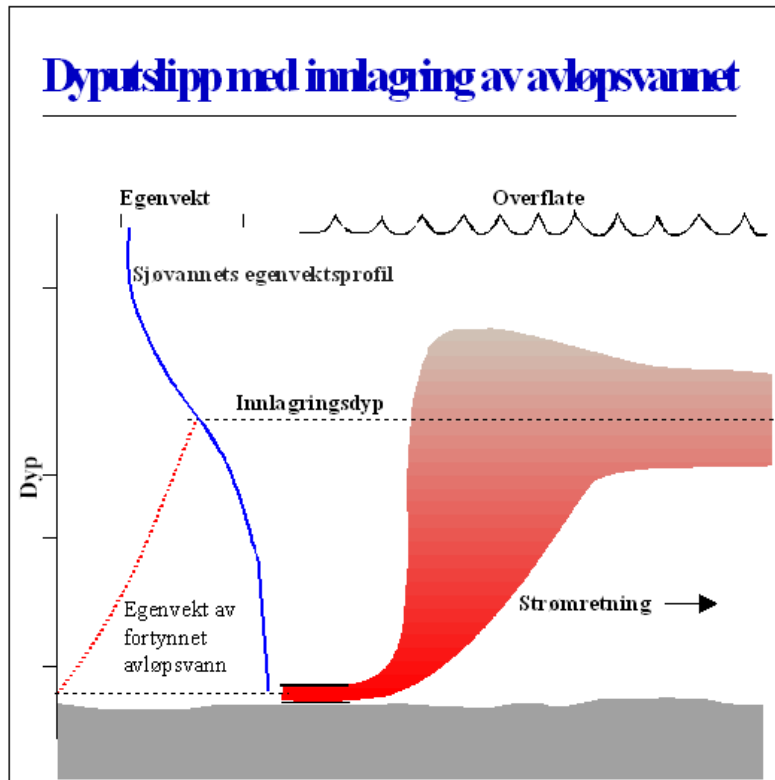
1. ledningsdiameter
2. omtrentlig saltholdighet og temperatur til utslippsvann
3. vannmengder (typiske maksimums- og middelverdier)
4. vertikale profiler av saltholdighet og temperatur
5. strømforhold (hastighet)

Ledningsdiameter og opplysninger om utslippet ble skaffet av oppdragsgiver.

Som inngangsdata til modellsimuleringene bør det ideelt sett foreligge både hydrografi- og strømmålinger gjennom et helt år. NIVA har gjort hydrografidata fra 1994-95 (Johnsen m.fl., 2004) og 2003-04 (Walday m.fl., 2004) tilgjengelige for Akvaplan-niva. Akvaplan-niva har også komplettert med egne CTD-målinger. Instrumentet som ble brukt var en SAIV 204 STD-O, og målingene ble foretatt 6. april 2009.

Hastigheten av strømmen mellom utslippsdyp og innlagringsdyp har betydning både for innlagringsdypet og for spredningen av det fortynnete avløpsvannet. Strømforhold ble målt i potensielle utslippsområder med to forskjellige instrumenter. Strømforhold ble målt over en drøy måned (en full tidevannssyklus) ved hjelp 4 rigger med strømmålere i indre Ranfjorden. (lokalisering av stasjoner gitt i Figur 1). Ved stasjon 1 har en profilerende strømmåler (NORTEK Aquadopp) målt i 3 m tykke celler oppover i vannsøylen, i tidsrommet 3. mars til 6. april 2009. To rotormålere fra Sensordata (SD 6000) har vært plassert på forskjellige dyp (henholdsvis omtrent 25 m og omtrent 45 m) dyp ved stasjon 2, 3 og 4 i samme tidsrom som ADCP-instrumentet ved stasjon 1. Dataene er analysert og typiske strømhastigheter og -retninger funnet. Verdier fra denne analysen er brukt som inngangsdata til modelleringen.

Resultatene fra modelleringen blir vurdert i forhold til resultater fra strøm- og hydrografimålinger utført av Akvaplan-niva. Strømretning, -styrke og vannmassenes utstrekning og innbyrdes posisjonering er sammen med erfaring fra tidligere arbeid tatt i betraktning når det endelige utslippspunkt er vurdert.



Figur 2: Prinsippkisse som viser hvordan et dyputslipp av avløpsvann fungerer i forhold til innlagring. En forutsetning for innlagring er at egenvekten for fjordvannet øker med dypet (vertikal sjiktning).

2.2 Dybdekartlegging med Olex

For å få nøyaktige oppmålinger av havbunnen, ble ekkolodd brukt sammen GPS med Olex-software og produktløsning (Tekniske detaljer rundt Olex, 2009). Parallelle kjøring med innbyrdes avstand 20-25 m ble foretatt i oppmålingsområdene. Da oppmålingsfartøyet var relativt dyptgående, begrenset oppmålingen seg til dybder over 10 m.

3 Beskrivelser og måleresultater, inngangsdata til modelleringen

3.1 Beskrivelse av utslipp

For å modellere fortynnings- og spredningsforløpet til utslippet når det ankommer resipienten, behøves opplysninger om utslippet. Rana kommune/ Sweco har gitt opplysninger om mengden og andre karakteristika ved vannet som slippes ut. Utslippet tilsvarer omtrent 20550 pe og vannmengden er 120-214 l/s og 300 l/s for henholdsvis midlere og maksimal vannmengde. Midlere verdi avhenger av hvor mange pumpestasjoner som pumper inn på renseanlegget samtidig. Den største verdien (214 l/s) blir brukt i simuleringene, slik at konservative verdier angående inntrengning av utslippsvann til overflaten fremkommer.

Ledningsdiameter på utslippsrør er oppgitt fra oppdragsgiver til å være 0.478 m.

Avløpsvannet ved Mjølanodden renseanlegg er i hovedsak ferskvann iblandet det organiske avfallet. Temperaturen til utslippsvannet vil mest sannsynlig tilsvare eller være litt varmere enn vannet i overflatelaget i sjøen, siden mesteparten av dette vannet kommer via naturlig elveavrenning. Antatte økninger antas å være 5 °C om vinteren og 10 °C om sommeren/høsten. Disse verdiene er basert på gjennomsnittstemperaturer i overflatelaget i de to årstider (Waldy m.fl., 2004), inkludert et tillegg på 2 °C. Dette anses å være konservative verdier med hensyn til å vurdere innlagring i sjø i indre Ranfjorden.

Når det gjelder utslippsvannet, er det derfor valgt en konstant saltholdighet på 0 året rundt og temperaturer på 5 °C i vinterhalvåret (oktober-april) og 10 °C om sommeren (mai-september).

Ifølge oppdragsgiver består utslippet hovedsakelig av utslippsvann som har gjennomgått primærrensning. I denne prosessen vil alle partikler med størrelse 1 mm eller mer skilles fra utslippsvannet.

3.2 Vertikalprofiler av temperatur og saltholdighet, egne data

Som del av feltundersøkelsene er det gjort målinger av saltholdighet, temperatur og oksygen 6. april 2009 på 15 stasjoner i indre Ranfjord (se kart i Figur 1 og oversikt i Tabell 1).

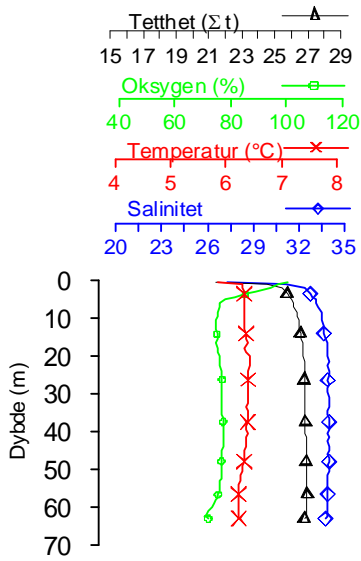
Vertikale profiler fra alle stasjoner er vist i Figur 3. I disse hydrografidataene kan det observeres et ferskvannsløkk ved alle stasjoner. Dette overflatelaget er bare et par meter tykt. Videre er det en sterk sjiktning mellom overflatelaget og det dypere vannlaget, som ser ut til å være godt gjennomblandet helt ned til bunnen på alle profiler ved alle stasjoner, når det gjelder salt og tetthet. Denne overgangssonen mellom overflatelaget og de dypere vannlag, ligger på omtrent 2-15 m dyp. Her foregår det intens miksing mellom elvevann og fjordvann.

På de dypeste stasjoner (stasjon 5-9) observeres det en svak termoklin mellom 100 og 150 m dyp. Her går temperaturen fra over 6 °C ovenfor 100 m og ned til omtrent 5.5 °C under 150 m.

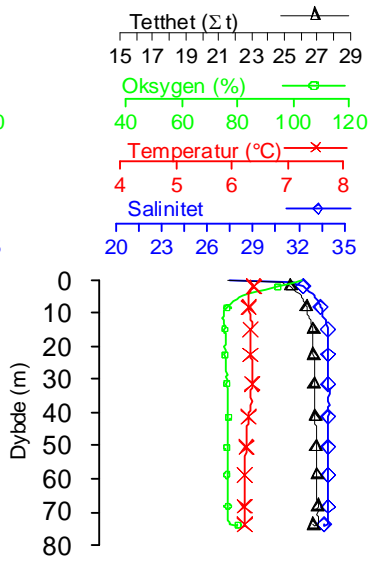
Tabell 1: Oversikt over strømmåler- og hydrografistasjoner (begge målinger (rosa) og kun hydrografi (blå)).

Stasjon	Posisjon		Dyp for målinger: Rødt = strøm Blått = hydrografi
	Breddegrad	Lengdegrad	
1	66°19.81	14°07.49	Hver 3.meter mellom 58 og 8 meters dyp, Hele vannsøylen, 0-63m
2	66°19.76	14°08.22	25 og 45 meter Hele vannsøylen, 0-74m
3	66°19.25	14°07.69	28 og 48 meter Hele vannsøylen, 0-74m
4	66°18.82	14°07.21	28 og 48 meter Hele vannsøylen, 0-71m
5	66°18.38	14°04.33	Hele vannsøylen, 0-304m
6	66°18.75	14°05.31	Hele vannsøylen, 0-261m
7	66°19.01	14°06.06	Hele vannsøylen, 0-248m
8	66°19.28	14°06.65	Hele vannsøylen, 0-205m
9	66°19.47	14°07.086	Hele vannsøylen, 0-176m
10	66°19.63	14°07.45	Hele vannsøylen, 0-139m
11	66°19.76	14°07.68	Hele vannsøylen, 0-115m
12	66°19.88	14°07.66	Hele vannsøylen, 0-83m
13	66°19.96	14°07.58	Hele vannsøylen, 0-47m
14	66°19.58	14°06.60	Hele vannsøylen, 0-133m
15	66°19.54	14°07.83	Hele vannsøylen, 0-103m

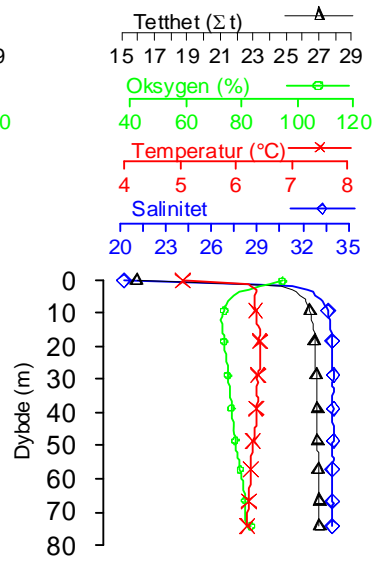
Ranfjorden st. 1
06.04.09



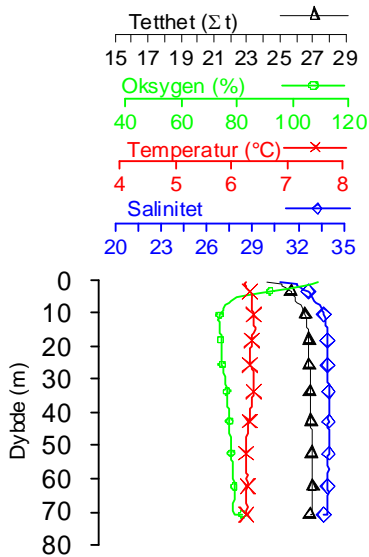
Ranfjorden st. 2
06.04.09



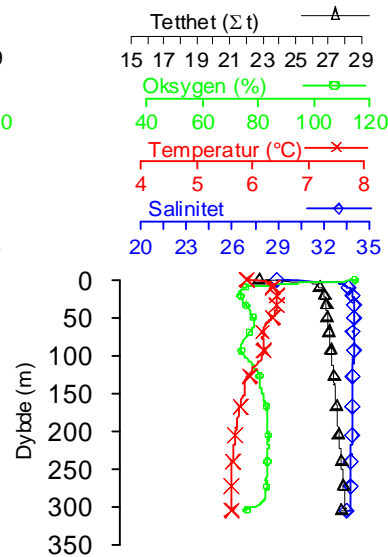
Ranfjorden st. 3
06.04.09



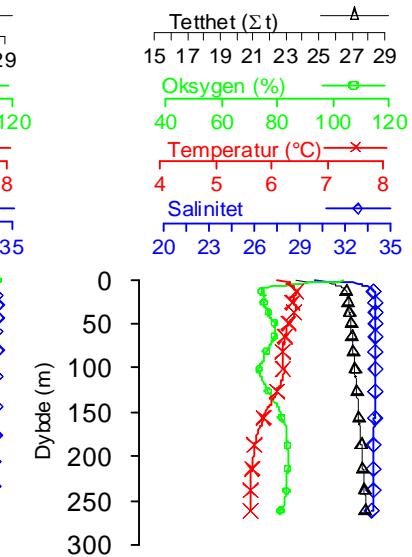
Ranfjorden st. 4
06.04.09



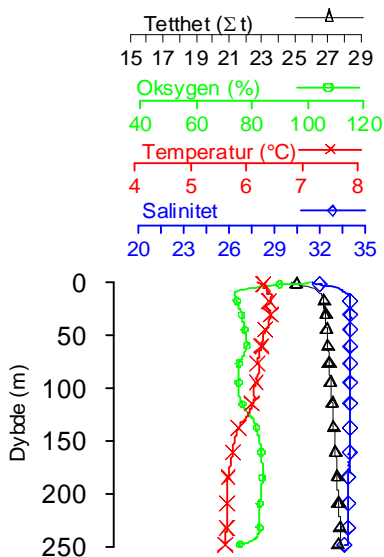
Ranfjorden st. 5
06.04.09



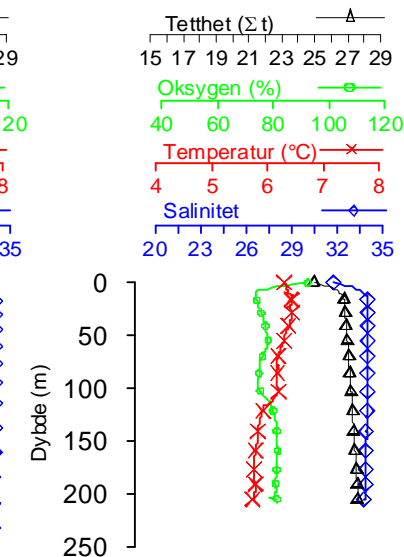
Ranfjorden st. 6
06.04.09



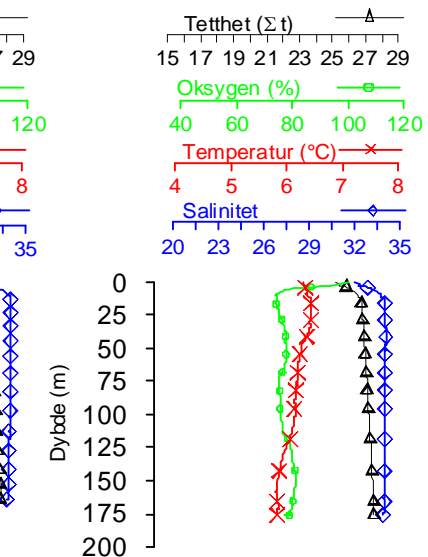
Ranfjorden st. 7
06.04.09



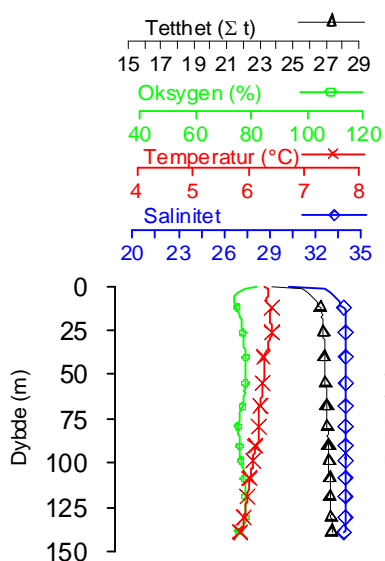
Ranfjorden st. 8
06.04.09



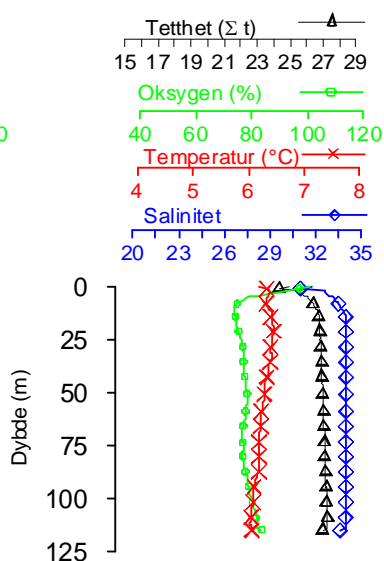
Ranfjorden st. 9
06.04.09



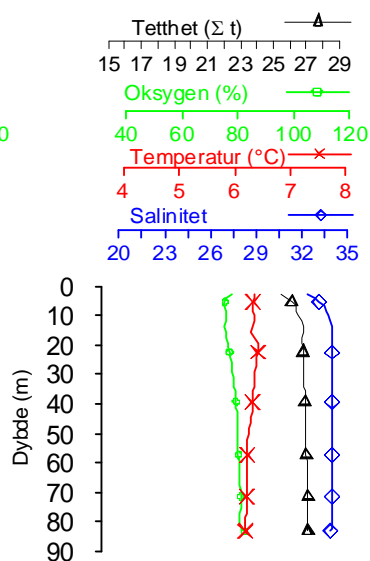
Ranfjorden st.10
06.04.09



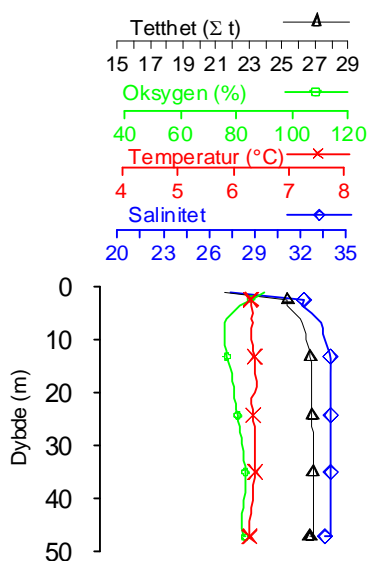
Ranfjorden st.11
06.04.09



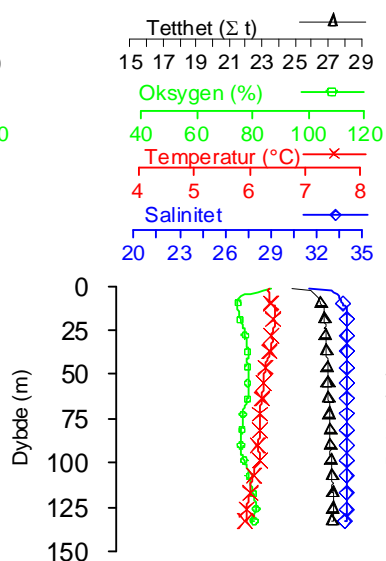
Ranfjorden st. 12
06.04.09



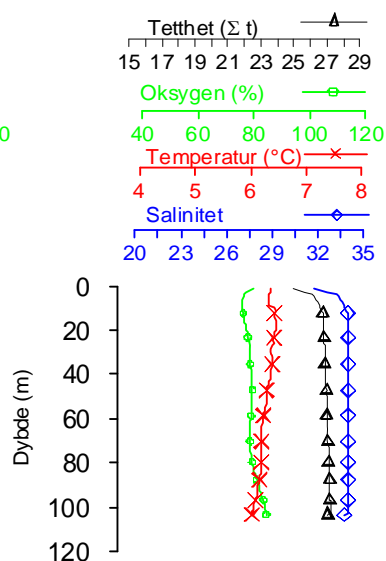
Ranfjorden st.13
06.04.09



Ranfjorden st.14
06.04.09



Ranfjorden st.15
06.04.09



Figur 3: Hydrografi-resultater fra stasjon 1-15 beskrevet i tabell 1 og kartreferert i Figur 1.

Hvordan ferskvannslaget varierer med avstanden bort fra elvemunningen eller på tvers av indre Ranfjorden (omtrent rett vest-øst), er forsøkt beskrevet ved å illustrere tverrsnitt av vannsøylen langs linjer i fjorden. Den første (Snitt 1) er innover i fjorden fra stasjon 5 i sør til 13 i nord. De andre er to forskjellige snitt fra vest mot øst, fra stasjon 1 til 2 (Snitt 2) og fra stasjon 14 til 15 (Snitt 3) (se kart og linjer i Figur 1).

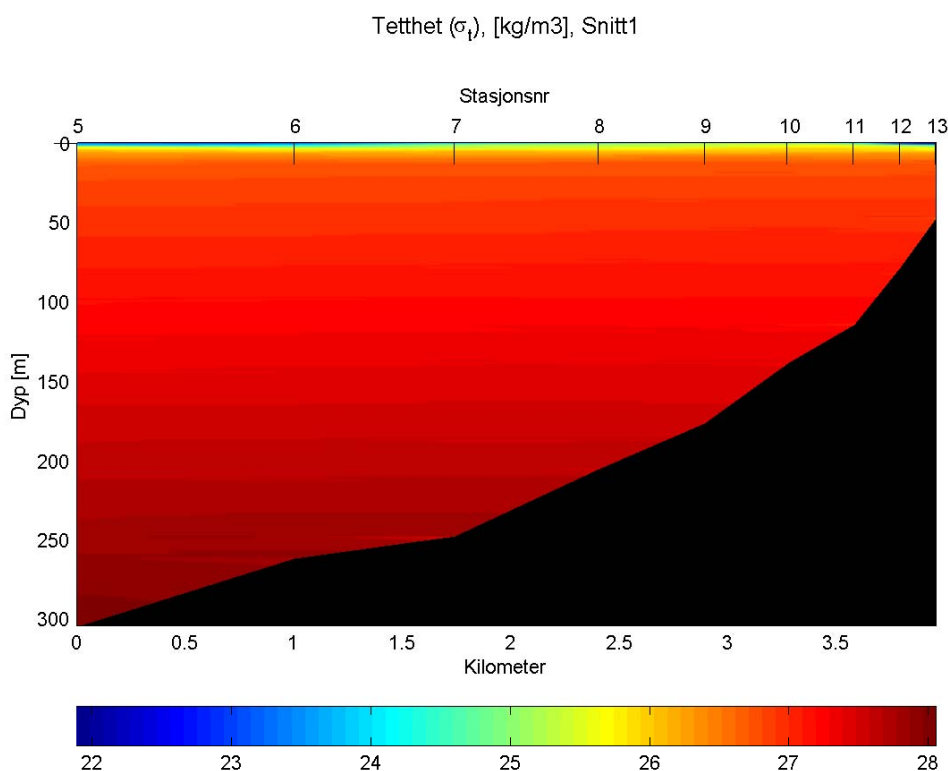
Snitt 1 er beskrevet med både hele dybden og med fokus på de øverste 60 m (

Figur 4 og Figur 5). Snitt 2 og 3 er illustrert med fokus på de øverste 60 m (Figur 6 og Figur 7). Kun tettheten er beskrevet her. Saltholdighets- og temperatursnitt er vedlagt i Appendiks, vedlegg I.

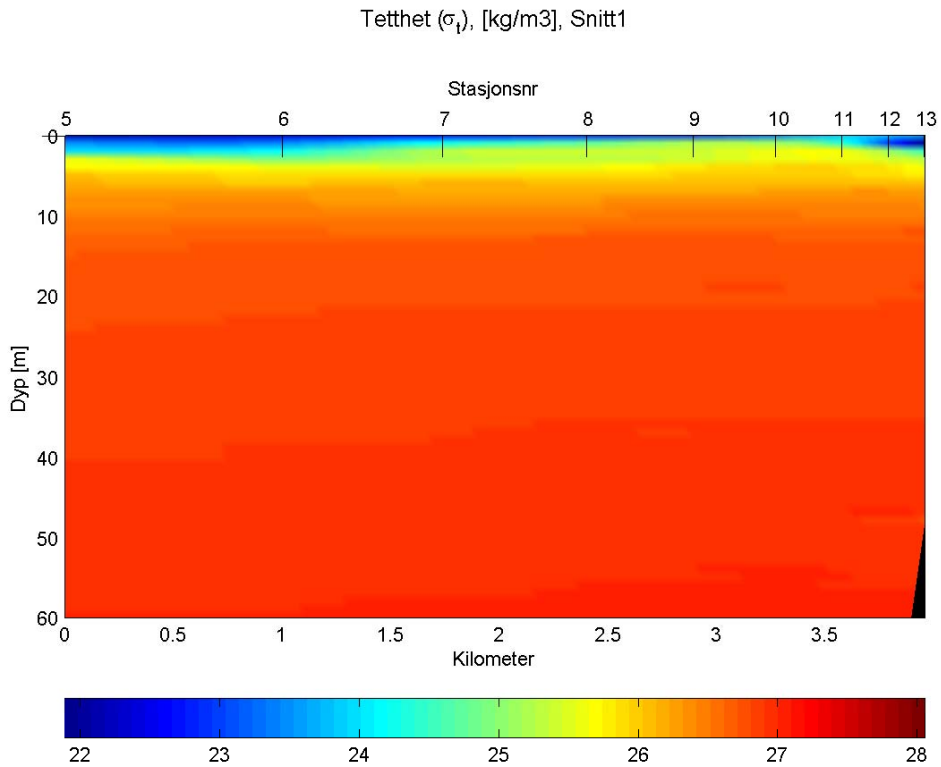
Figur 4 viser at tettheten øker med dybden, og at det er et sterkt sprangsjikt i de øverste 5 m. Derfor er det laget en ny illustrasjon i form av Figur 5, der fokus er på de øverste 60 m. I denne figuren er det mest lett vann i overflaten helt inne ved munningen av Ranelva og utenfor stasjon 7.

To snitt på tvers av indre Ranfjord, retning vest-øst, er også illustrert. Lengst nord, ved snitt 2 (se Figur 6) er det vanskelig å se noen endring mellom vestsiden og østsiden av fjorden. I snitt 3 derimot, kan et mer omfattende overflatelag med lett vann observeres på vestsiden enn på østsiden av fjorden. Figuren for saltholdighet fra samme snitt (se Appendiks, vedlegg I), viser at dette lette laget inneholder ferskere vann enn på østsiden.

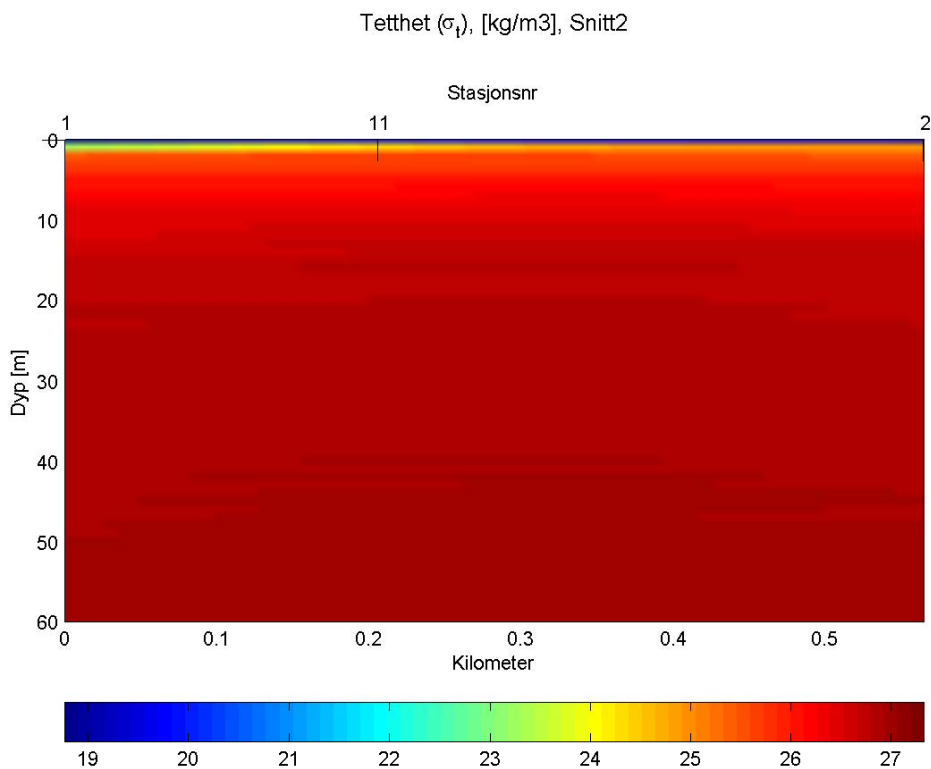
Det er også verdt å nevne at alle temperatursnittene (Appendiks, vedlegg I) viser et kaldt overflatelag ved ca. 0-2 m dybde, litt varmere lag ved omtrent 2-12 m dybde (~6.3 °C), et relativt varmt midlere lag mellom 12 og 45-50 m (~6.4 °C) og et kaldere og dypere lag fra omtrent 50 m nedover til nesten 100 m (~6.2 °C).



Figur 4: Tettheten til vannet i Snitt 1, som går fra stasjon 5 og inn til Ranelvas munning (se kart i Figur 1). Data er fra CTD-målinger utført av Akvaplan-niva 6. april 2009.

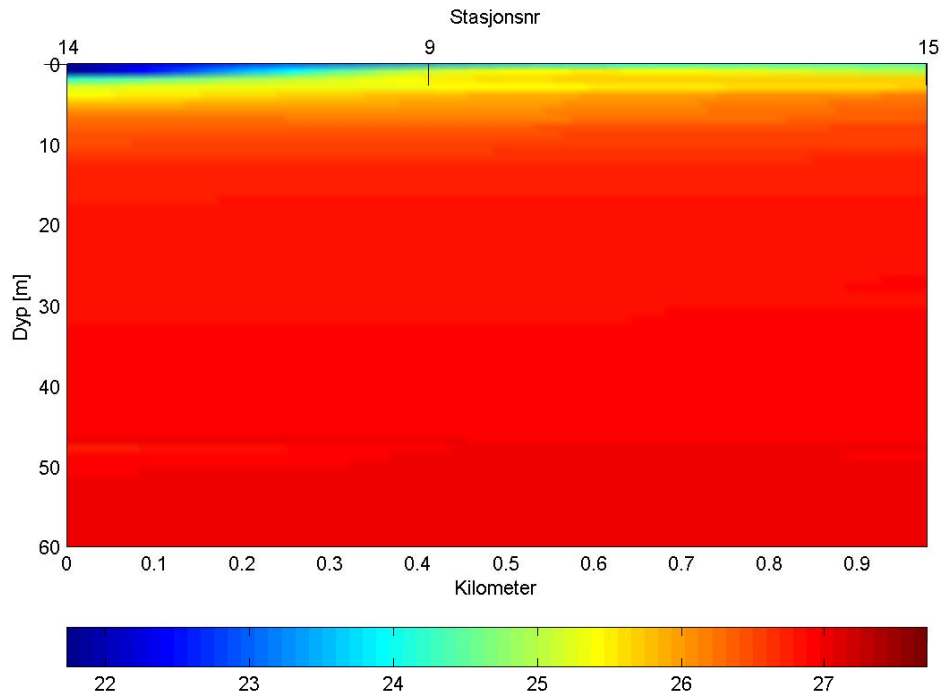


Figur 5: Tettheten til vannet i Snitt 1, som går fra stasjon 5 og inn til Ranelvas munning. (se kart i Figur 1). Fokus på de øverste 60 meter. Data er fra CTD-målinger utført av Akvaplan-niva 6. april 2009.



Figur 6: Tettheten til vannet i Snitt 2, som går fra stasjon 1 i vest og over til stasjon 2 i øst, like utenfor elvemunningen (se kart i Figur 1). Fokus på de øverste 60 m. Data er fra CTD-målinger utført av Akvaplan-niva 6. april 2009.

Tetthet (σ_t), [kg/m³], Snitt 3

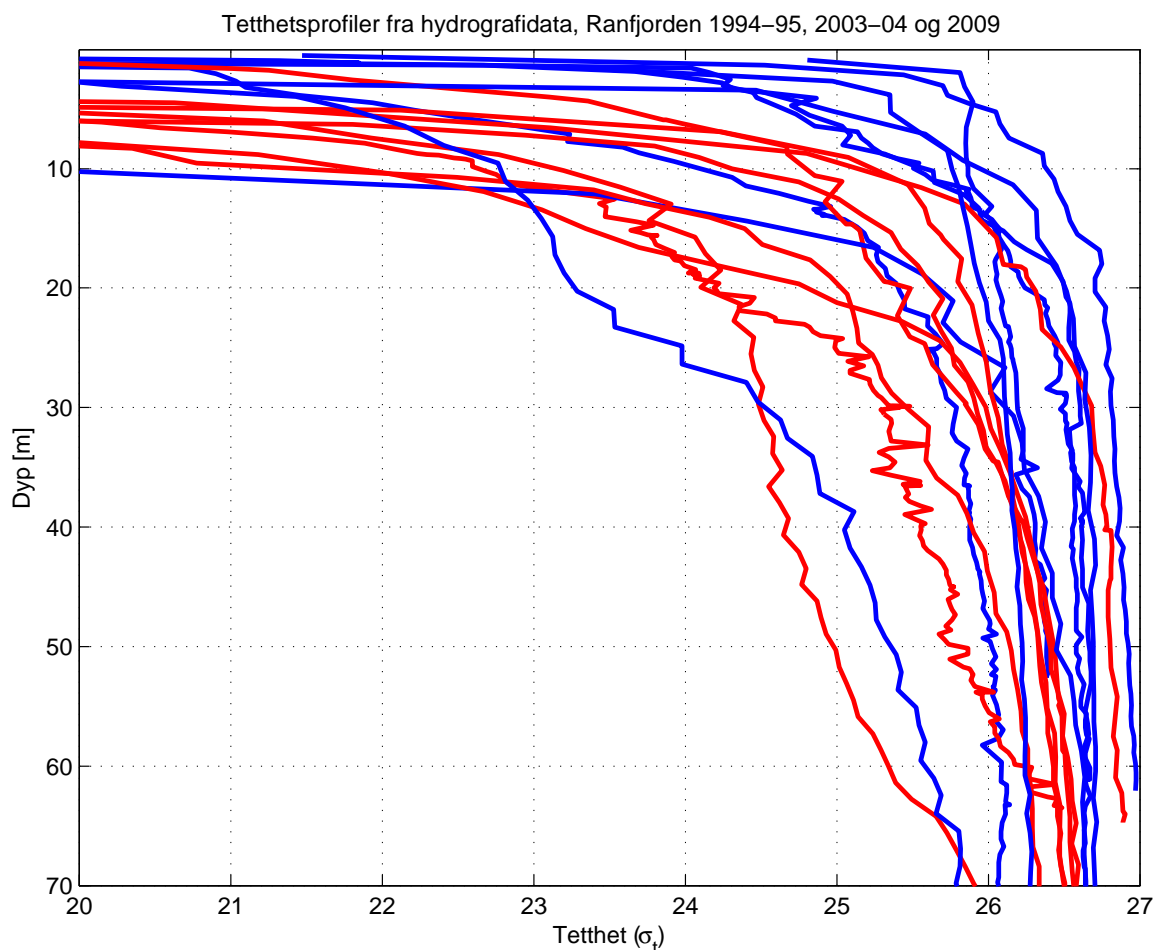


Figur 7: Tettheten til vannet i Snitt 3, som går fra stasjon 14 i vest og over til stasjon 15 i øst, like utenfor elvemunningen (se kart i Figur 1). Fokus på de øverste 60 m. Data er fra CTD-målinger utført av Akvaplan-niva 6. april 2009.

3.3 Vertikalprofiler av temperatur og saltholdighet, eksterne data

For å få dekket årstidsvariasjonene i den estuarine sirkulasjonen ved elvemunningen, behøves data som dekker alle årstider. Data innsamlet av NIVA i 1994-95 (Johnsen et al., 2004) og 2003-04 (Walday et al., 2004) bidrar med slik informasjon. Der er også informasjon om de nøyaktige datoer for prøvetakning, som dekker alle årets måneder unntatt februar, mai og november. Fra de to databasene er data hentet fra så nært opptil stasjon 1 som mulig. Disse er så brukt som inngangsdata til modelleringen, sammen med CTD-data målt av Akvaplan-niva i løpet av prosjektperioden (se stasjon 1 i Figur 3).

Tettheter fra de øverste 70 m nær stasjon 1, som er brukt som inngangsdata til modelleringen, er illustrert i Figur 8 nedenfor. Her er alle 17 profiler med data brukt til modelleringen inkludert. Figuren viser at vannprøvene tatt om vinteren (blått) som regel er mer gjennomblandet i de dype lag, har en gjennomgående høyere tetthet og et tynnere lokk av lettere vannmasser på toppen av vannsøylen.



Figur 8: Vertikalprofiler av tettheten i vannsøylen ved stasjon 1 gjennom året. (rødt er data fra sommermånedene fra mai til og med september, blått er data fra vintermånedene fra og med oktober til og med april). Måledata er hentet fra NIVA (7 profiler fra 1994-95 (Johnsen et al., 2004) og 9 profiler fra 2003-04 (Walday et al., 2004)).

3.4 Strømmålinger, egne data

Strømmålerne viste generelt svak strøm (~1 cm/s i gjennomsnitt) på østsiden av indre Ranfjorden og kraftigere strømmer på vestsiden (~5-6 cm/s i gjennomsnitt), på begge dybdenivåer (ca. 25-30 m og 45-50 m), se Figur 9 nedenfor. Det er omtrent i dette dybdeintervallet (25-50 m) utslippet/ innlagringen mest sannsynlig vil finne sted.

I vest, ved øvre målenivå (26 m), var det ganske sterk strøm (gjennomsnitt 6,4 cm/s) med variabel retning. Den samlede vanntransporten gikk mot øst-nordøst, mot elvemunningen. Ved nedre målenivå (47 m) var det nesten like sterk strøm (gjennomsnitt 5,1 cm/s), men her var vanntransporten motsatt rettet, bort fra elvemunningen.

Strømmen i vest, ved stasjon 1, ble målt med en ADCP profiler fra Nortek. Denne stod og målte i 3 m intervaller oppover i vannsøylen. Maksimale, midlere og minimums-hastigheter er illustrert i Figur 10, sammen med den prosentvise fordelingen av hastighetene. Det er størst gjennomsnittshastigheter og antall av målinger over 10 cm/s i det aller øverste laget. Største maksimalhastigheter ble målt mellom 11 og 20 m dybde. I de dypere vannlag var det lavere strømverdier, både i gjennomsnitt og maksimalhastigheter.

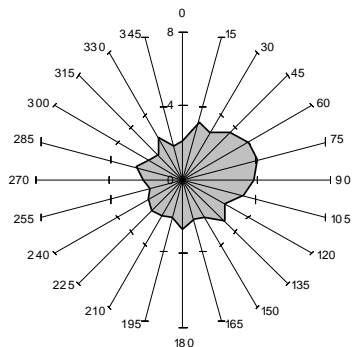
Ved å studere data fra hver målecelle ble det påvist en definert og svært kraftig strøm mot syd i de øverste 5 m. Nedenunder var det et ca. 10 m lag med strøm uten noen spesiell fremherskende retning. Fra ca. 14 m og ned til ca. 30 m var det hovedsakelig strømmer mot øst-nordøst. Mellom 30 og 40 m var det igjen ikke noen definert retning på strømmen, mens det under 40 m var fortrinnsvis strømretninger mot sydvest og vest-sydvest (se roseplott for vanntransport fra dypeste målecelle i Figur 11).

I nordøst var det en svak strøm mot nord. Ved stasjon 3, i øst, var det en svak strøm mot syd, noe som kan skyldes en lokal bakevje. Ved stasjon 4 i sydøst, var strømmen noe sterkere mot nord-nordvest, i hvert fall ved øverste måler (gjennomsnitt 1,3 cm/s).

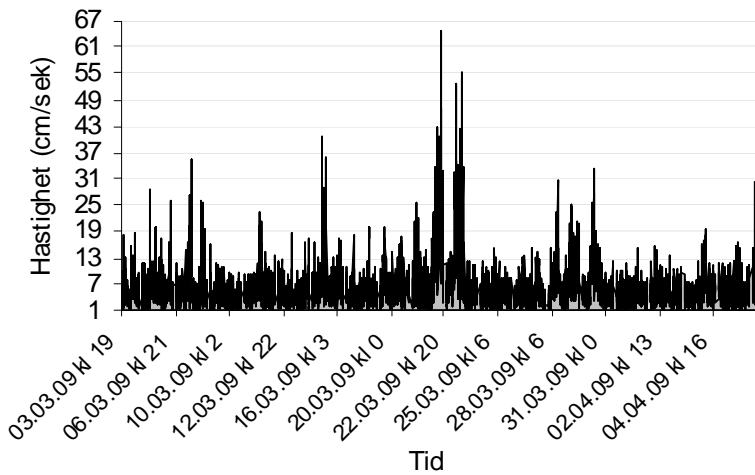
Resultatene fra strømmålerne forteller at det var spesielt rolige strømmer i de dypere vannlag på østsiden av indre Ranfjorden. Retningen var fortrinnsvis mot nord, med mulighet for noen bakevjer.

Hastigheten av strømmen mellom utslippsdyp og innlagringsdyp har betydning både for innlagringsdypet og for spredningen av det fortynnede avløpsvannet. I området ved elvemunningen til Ranelva forventes et strømbilde med estuarin sirkulasjon i de øvre vannlag, og tidevannsdrevne strømmer nedenunder. Tidevannssignal ble funnet i dypere vannlag i målingene fra ADCP-instrumentet.

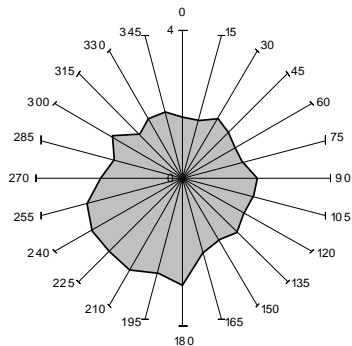
Indre Ranfjorden st. 1 (26m dyp)
vanntransport (l/(s*m^2))



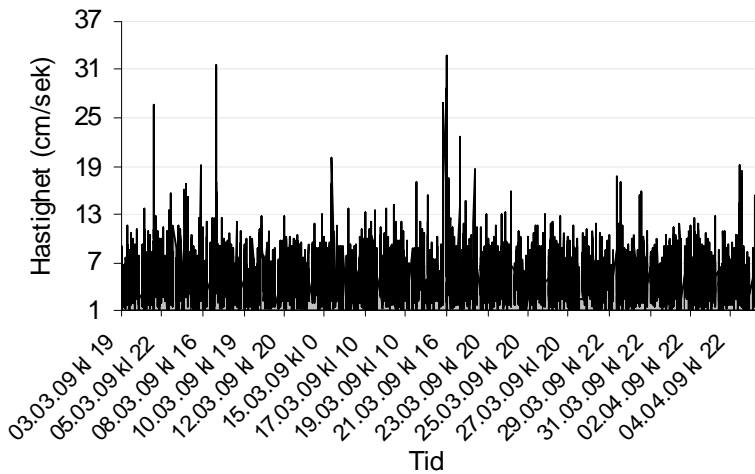
Indre Ranfjorden st. 1 (26m dyp)



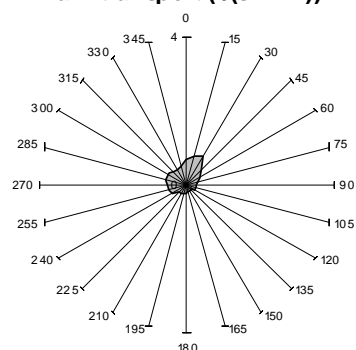
Indre Ranfjorden st. 1 (47m dyp)
vanntransport (l/(s*m^2))



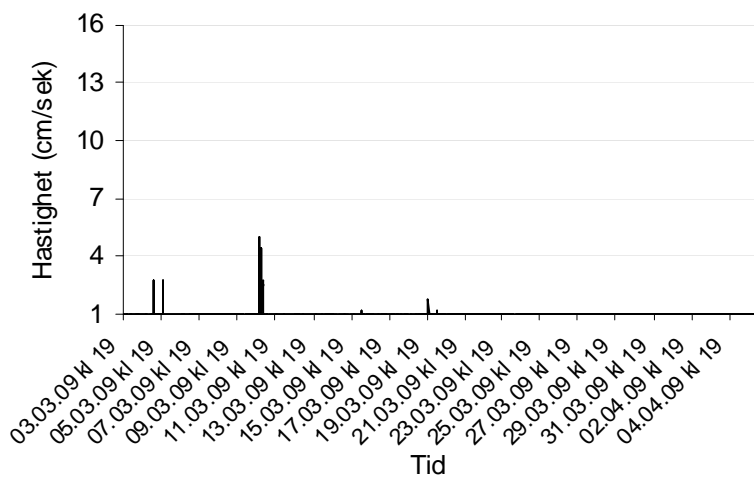
Indre Ranfjorden st. 1 (47m dyp)



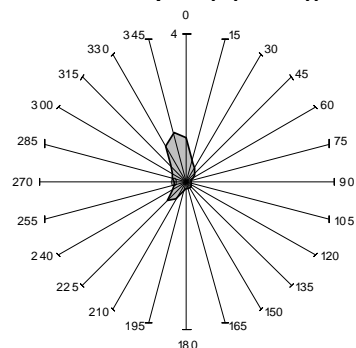
**Indre Ranfjorden st.2 (25m dyp)
vanntransport (l/(s*m²))**



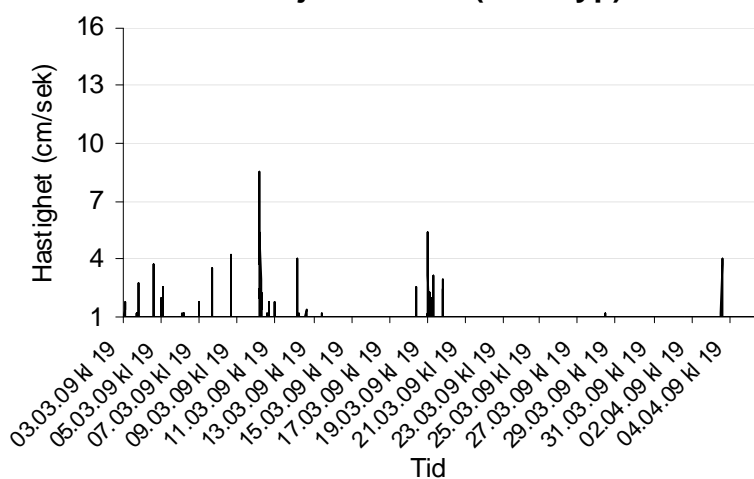
Indre Ranfjorden st.2 (25m dyp)



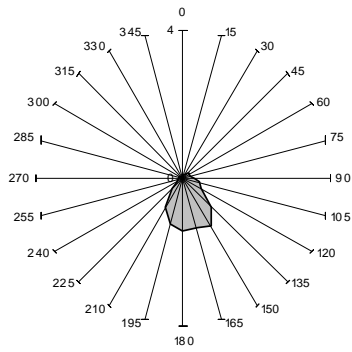
**Indre Ranfjorden st. 2 (45m dyp)
vanntransport (l/(s*m²))**



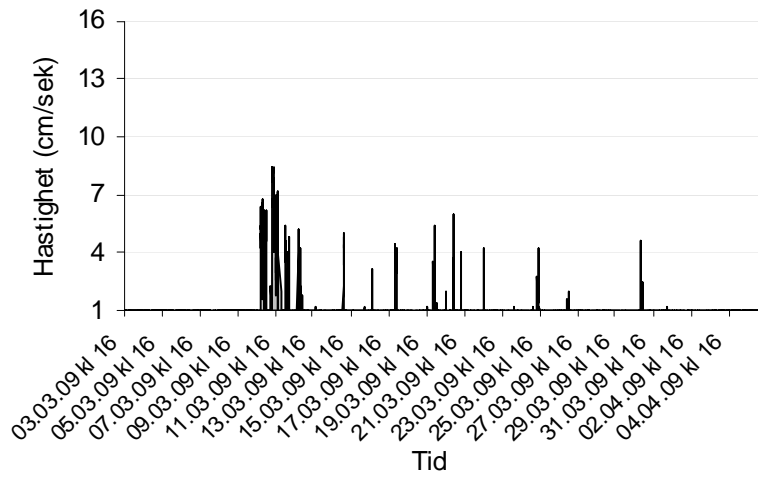
Indre Ranfjorden st. 2 (45m dyp)



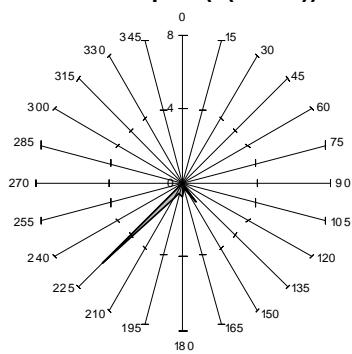
Indre Ranfjorden st. 3 (28m dyp)
vanntransport (l/(s*m^2))



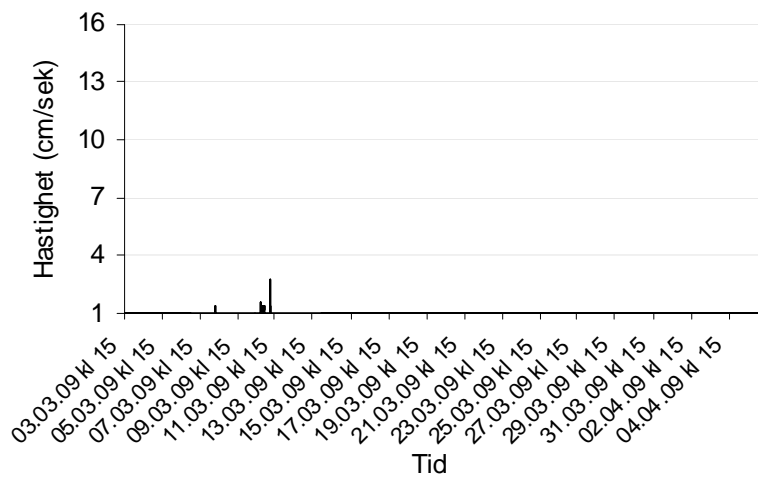
Indre Ranfjorden st. 3 (28m dyp)



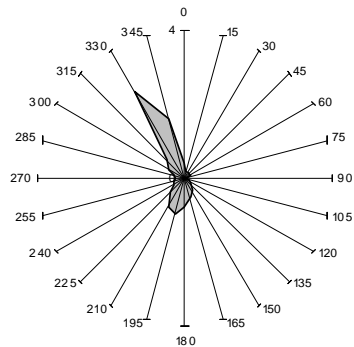
Indre Ranfjorden st. 3 (48m dyp)
vanntransport (l/(s*m^2))



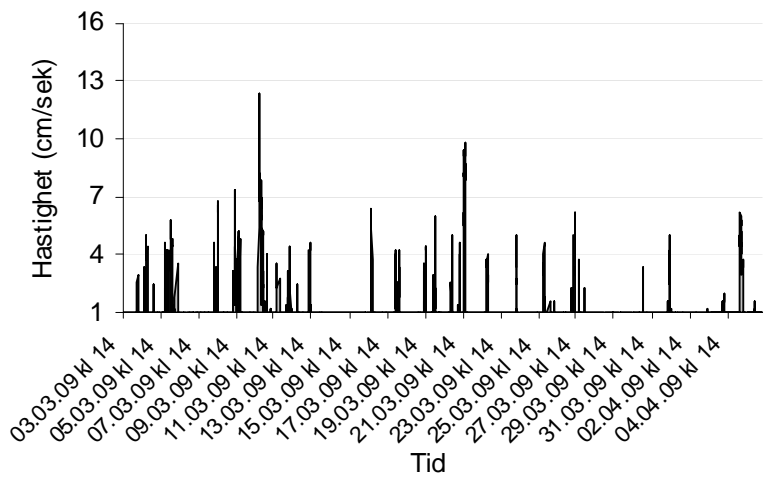
Indre Ranfjorden st. 3 (48m dyp)



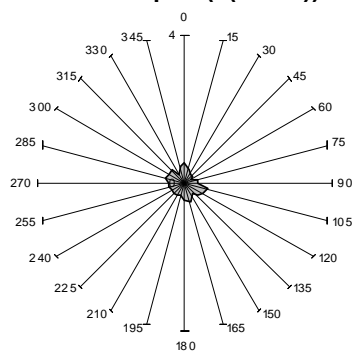
**Indre Ranfjorden st. 4 (28m dyp)
vanntransport (l/(s*m²))**



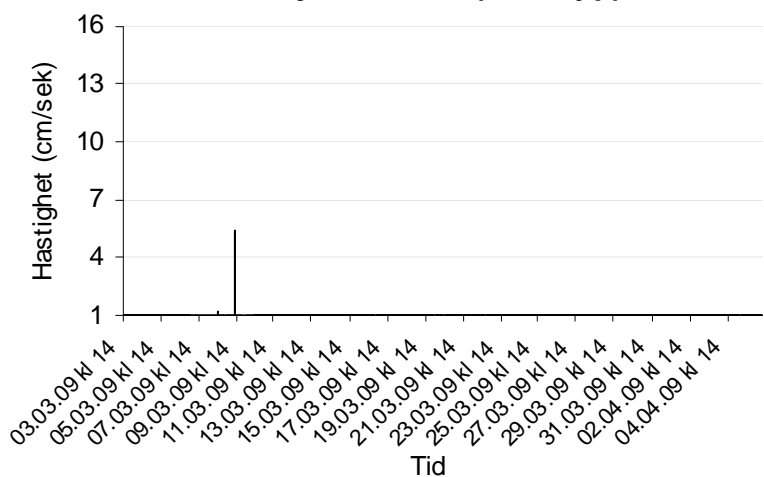
Indre Ranfjorden st. 4 (28m dyp)



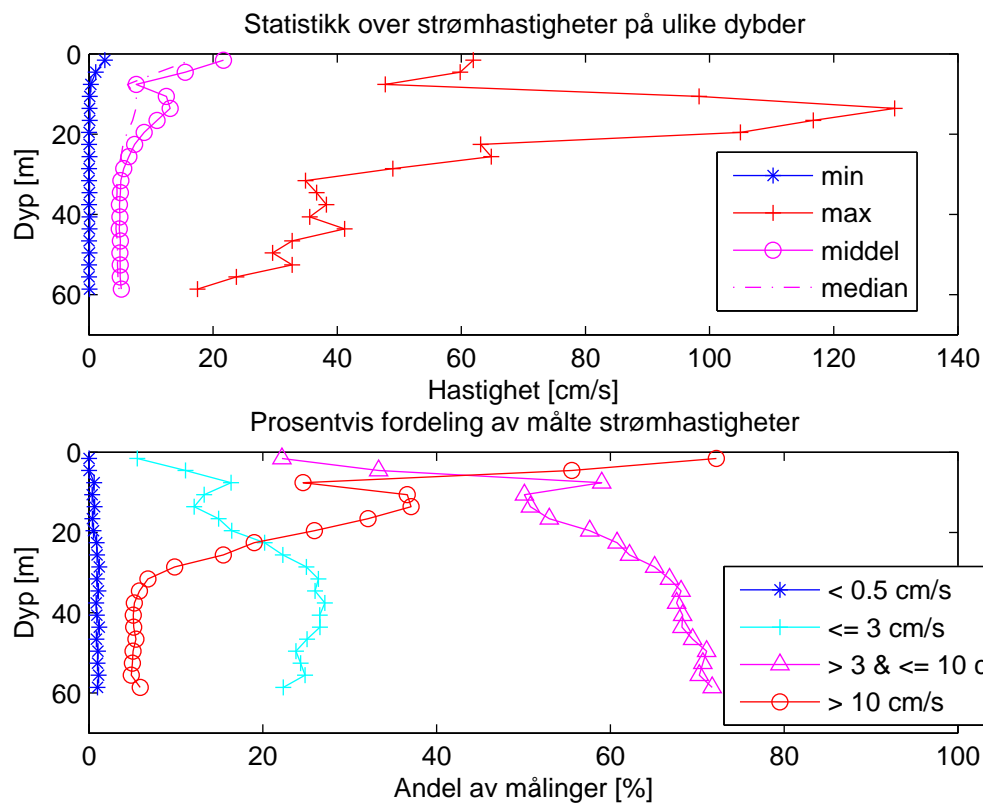
**Indre Ranfjorden st. 4 (48m dyp)
vanntransport (l/(s*m²))**



Indre Ranfjorden st. 4 (48m dyp)

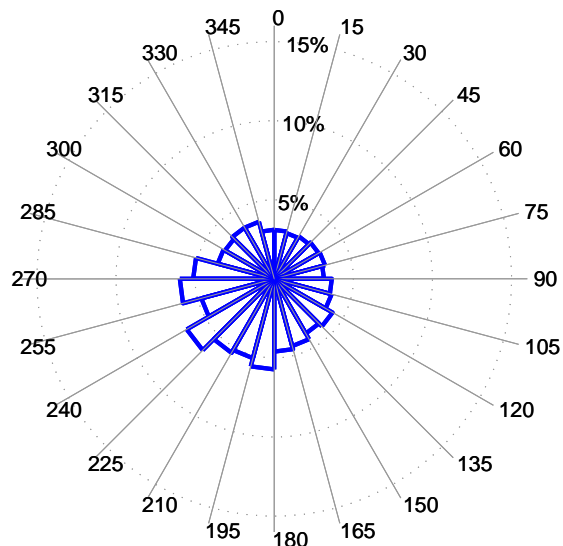


Figur 9: Grafikk fra strømmålinger på ca. 25-30m og 45-50m fra 4 stasjoner (1-4). For plassering, se kart i Figur 1. Merk at y-aksen har forskjellige grenser i plottet av strøm vs. tid ved stasjon 1 innbyrdes og i forhold til stasjon 2,3 og 4. Videre har også vanntransportfigurene fra øverste instrument ved stasjon 1 (26m) og dypeste instrument ved stasjon 3 (48m) andre grenser enn de andre.



Figur 10: Resultater fra Aquadopp-måleren som stod plassert ved stasjon 1 (se kart i Figur 1). Øverste del av figuren viser minimum, maksimum og gjennomsnittsstrøm for ulike dyp. Nederste del av figuren viser hvor mange prosent av målingene som er innenfor et visst strømshastighetsintervall, i de forskjellige dyp.

Roseplott for transport ved Rana st.1, 3. mars 2009 – 6.april 2009. Dyp: 59m.



Figur 11: Roseplott for relativ fordeling av vanntransport over de ulike retninger ved stasjon 1, dypeste målecelle fra Nortek ADCP ved omtrent 59 m dybde.

4 Modellresultater og vurderinger

4.1 Vurdering av oseanografiske inngangsdata til modelleringen

Hydrografidata, egne og eksterne, (Figur 3 - Figur 8) har vist at det så å si hele året er et ferskvannsløkk øverst i indre Ranfjorden. Det også selv med et aktivt bobleanlegg innerst i elvemunningen. Bobleanlegget ligger på omtrent 15 m dybde og sender ut bobler med formål å rive med seg saltere sjøvann oppover i vannsøylen mot overflaten. På denne måten kan isproduksjonen i indre Ranfjorden svekkes og havnen kan holdes tilnærmet isfri om vinteren.

Dette ferskvannslaget på 0-5 m tykkelse beveger seg mot sydvest, bort fra Ranelva og utover Ranfjorden.

Snitt 3 (Figur 7) indikerer at ferskvannslaget er tykkere og mer definert i vest enn i øst. Dette tilsier også større sjanse for innlagring av utslippsvann i vest.

Nedenfor ferskvannslaget ble en kompensasjonsstrøm funnet, adskilt fra overflatelaget med et ca. 10 m tykt lag uten noen definerte strømrørninger. Laget med kompensasjonsstrøm strakte seg fra omtrent 15 m og ned til ca. 30 m. Denne kompensasjonsstrømmen ble også funnet rett øst for stasjon 1 med strømmålinger utført av NIVA i 1995 (Johnsen m. fl., 2004), men da befant den seg på en på grunnere dybde, nemlig 10 m. Det er i dette laget funnet de kraftigste maksimalhastigheter (se Figur 10).

Nedenfor laget med kompensasjonsstrøm var det igjen et ca. 10 m dypt lag uten noen definerte strømrørninger. Først nedenfor 40 m dybde kunne det observeres vann med definert strømrørning mot sydvest, bort fra elvemunningen. Dette laget strakte seg ned til nederste måledybde for ADCP-instrumentet, ved nesten 60 m dyp. I nederste celle dreide strømrørningen seg noe mer mot vestlig retning, noe som muligens kan indikere topografisk fanget strøm. Bunnkonturene går nemlig i retning vest-sydvest ved stasjon 1 (se Figur 16).

Laginndelingen indikert av ADCP-instrumentet bekreftes av temperatur-snittene målt av Akvaplan-niva 6. april 2009 (se Appendiks, vedlegg I).

Ved svake strømmer i resipienten vil utslippet utsettes for mindre turbulent blanding og vil ha større potensial til å vandre oppover mot overflaten. Resipienten bør derfor ha sterk og stabil strøm, og helst i retning bort fra elvemunningen. Strømmålingene har vist at slike forhold finnes på vestsiden av indre Ranfjorden, på dyp mellom 40 og 60 m, i alle fall i løpet av denne måleperioden 3. mars – 6. april 2009.

En potensiell anbefalt lokalitet for utslippspunkt vil da være på vestsiden av indre Ranfjorden, i dypere vannlag, helst slik at utslippet hovedsakelig blir innlagret i vannmassene under kompensasjonslaget. Utslipet vil så bli simulert med modellen Visual Plumes (Frick m.fl., 2001), for å finne optimal dybde for dette. Til dette er det valgt å kun bruke data fra stasjoner som ligger nær denne potensielle lokaliteten.

4.2 Beregning av innlagringsdyp for avløpsvannet med Visual Plumes

Fordi strømhastigheten er av betydning for innlagringsdypet, blir modellsimuleringene utført både for en lav hastighet og en antatt middelhastighet (henholdsvis 2 cm/s og 5 cm/s). Det er størst sannsynlighet for gjennomslag til overflaten ved svak strøm, og disse verdiene er kombinert med maksimal utslippsfluks for å få et ”worst case scenario”. Middelhastighet på strømmen blir så kombinert med gjennomsnittlig størrelse på utslippet, for å få en ”normal” situasjon.

4.2.1 Modellscenarier

Basert på de foreliggende hydrografiprofilene og de to valgte strømhastighetene, er følgende scenarier simulert for området ved stasjon 1:

Scenarier som gir størst risiko for overflategjennomslag, eller innlagringsdyp nær overflaten:

Maksimal utslippsmengde, utslippsdyp 30 m, 17 hydrografiprofiler, svak strøm

Maksimal utslippsmengde, utslippsdyp 45 m, 17 hydrografiprofiler, svak strøm

Maksimal utslippsmengde, utslippsdyp 60 m, 17 hydrografiprofiler, svak strøm

Scenarier som er representative for typiske drifts- og resipientforhold:

Gjennomsnittlig utslippsmengde, utslippsdyp 45 m, 17 hydrografiprofiler, middels strøm

Gjennomsnittlig utslippsmengde, utslippsdyp 60 m, 17 hydrografiprofiler, middels strøm

Til sammen er det altså gjort 85 modellkjøringer.

4.2.2 Resultater

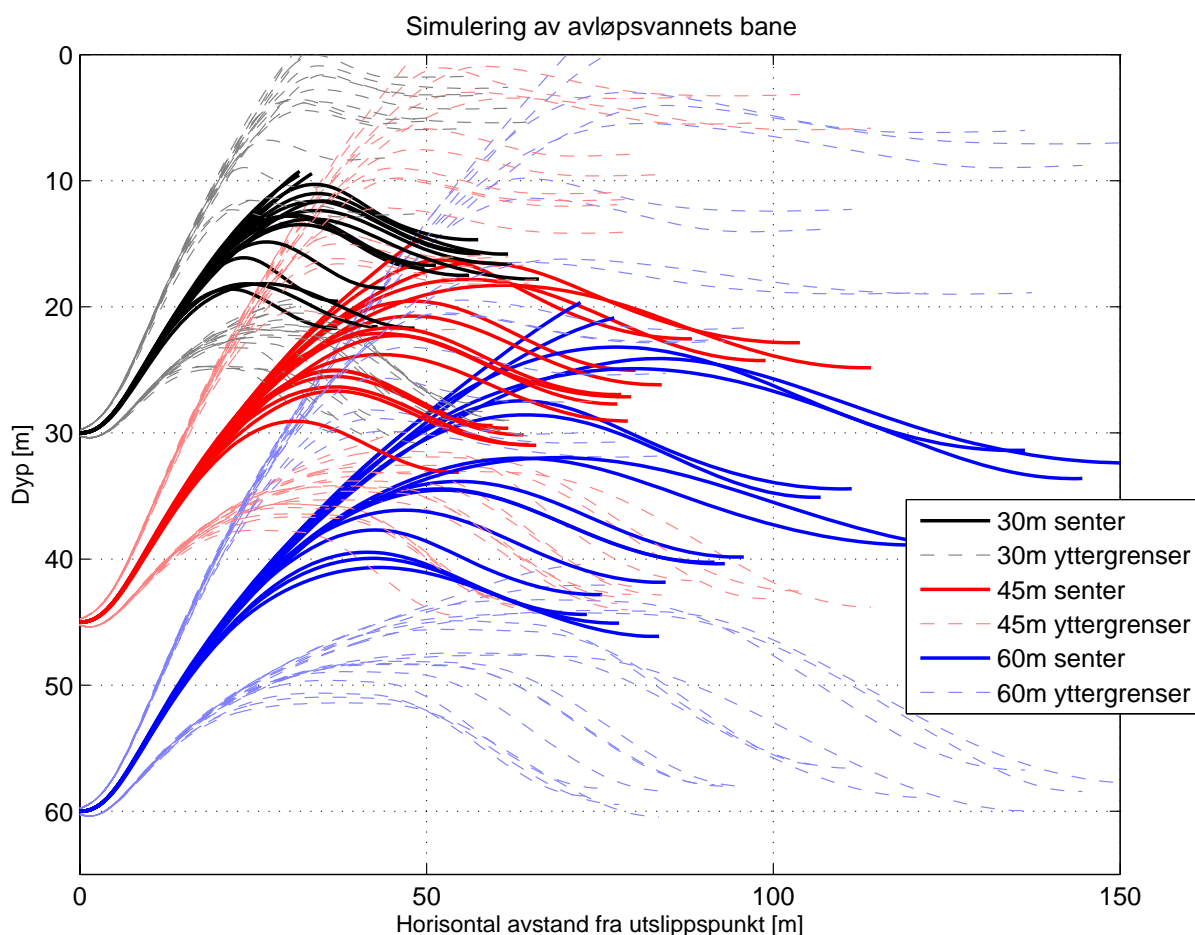
Resultater fra modellering med maksimal utslippsfluks (300 l/s) til tre forskjellige utslippsdyp (30, 45 og 60 m), for alle 17 vertikalprofiler, er vist i Figur 12. Det er her brukt relativt svak strøm (2 cm/s) i resipienten. Strålebanene (senterlinjen i ”skyen” med fortynnet avløpsvann) viser to forskjellige forløp for initialfasen etter utslipp. Det vanligste er at vannet først stiger og deretter synker noe ned før det innlagres. Øvre og nedre grense av hver ”sky” er også vist i figuren. En av profilene fortsetter mot overflaten, uansett utslippsdyp. Denne profilen representerer de oseanografiske forhold i starten av april måned. Avløpsvannet er da såpass mye lettere enn resipientvannet, i tillegg til at resipientvannet er svært homogent og gjennomblandet gjennom hele vannsøylen, at det vil få gjennomslag til overflaten. Ferskvannslaget på toppen er enten svært tynt eller helt borte. Gjennomslaget til overflaten skjer selv om utslippet plasseres så dypt som 60 m.

Ved utslipp på 30 m dyp vil utslippsskyen til tre av profilene få gjennomslag til overflaten, og indikerer at det ikke vil finne sted noen innlagring under de gitte oseanografiske forhold på tidspunktene profilene representerer. Ved de resterende profilene når utslippsskyen opp til ca. 1-6 m dybde. Sentrene til utslippene som innlagres, vil ligge på mellom 16 og 23 m dyp.

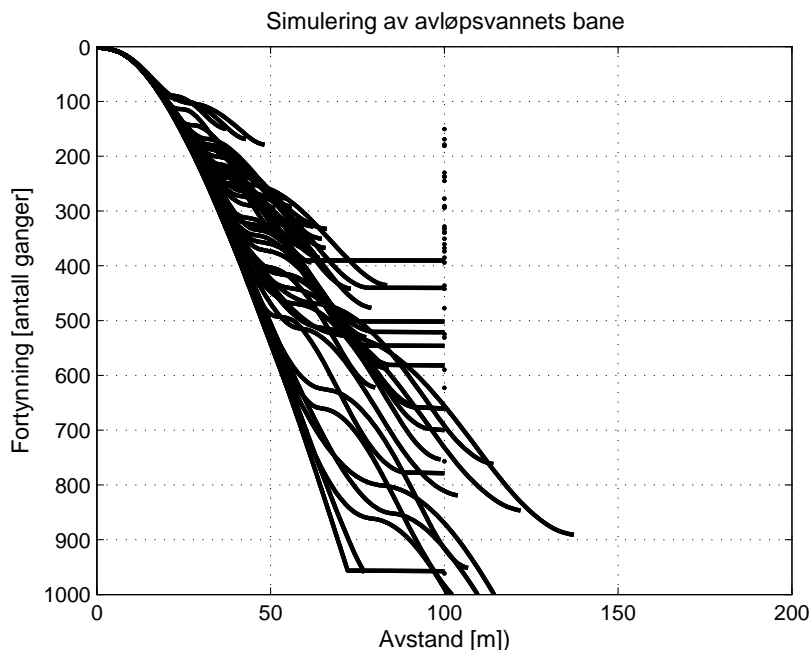
Utslipp til 45 m dyp gir også en opptrengning til nær overflaten, med senter på 23-33 m dyp etter innlagring. Denne gangen var det kun en profil, hvis utslippssky fikk gjennomslag til overflaten.

Ved utslippsdyp 60 m simulerer modellen en innlagring i dyp mellom 32 og 48 m, og toppen av skyen vil normalt ikke komme høyere opp i vannsøylen enn 18 m. I vinterhalvåret derimot, vil utslippsskyen igjen kunne nå opp til de øverste 10 m. En av profilene fra april og en fra mars får gjennomslag til overflaten.

Visual Plumes modellen gir også en indikasjon på fortynning med avstand fra utslippskilden. Ved simulering med maksimal utslippsfluks og svak strøm i resipienten, blir det innlagrede utslippet fortennet ca. 300-500 ganger etter å ha vandret 50 m i horisontal avstand fra utslippspunktet (se Figur 13). Når det gjelder de to utslippene som går til overflaten fra utslippet på 60 m dybde etter omtrent 70-75 m, vil konsentrasjonen til utslippsvannet da allerede ha oppnådd en fortynning på nesten 1000 ganger.



Figur 12: Strålebaner for utslipp fra 30 m (sort), 45 m (rød) og 60 m (blå). Heltrukne linjer viser senter til skyene av utslippsvann, mens stiplede linjer viser topp og bunn av skyene. Det er gjort simuleringer med 17 forskjellige hydrografiprofiler for hvert utslipp, her med maksimal vannmengde og svak strømhastighet.

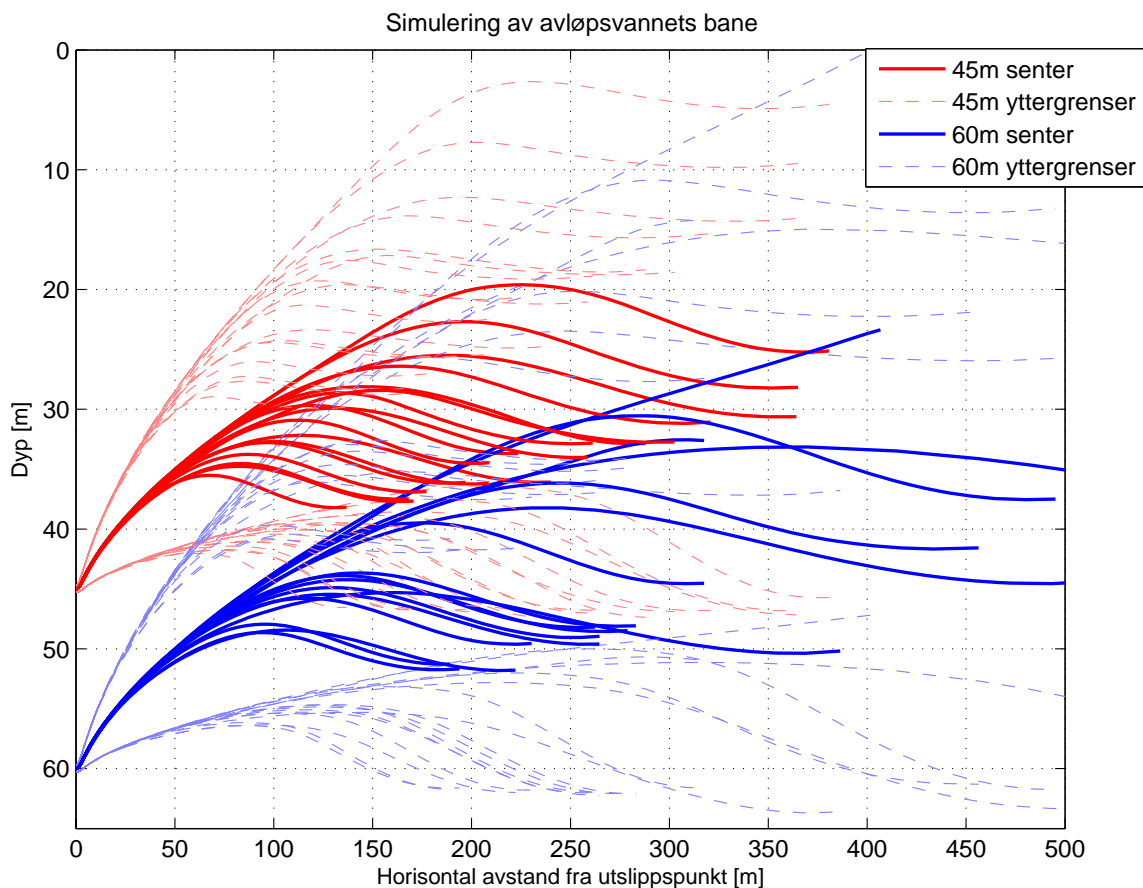


Figur 13: Fortynning med avstand fra utslippet, med maksimal utslippsfluks og svak strøm i resipienten.

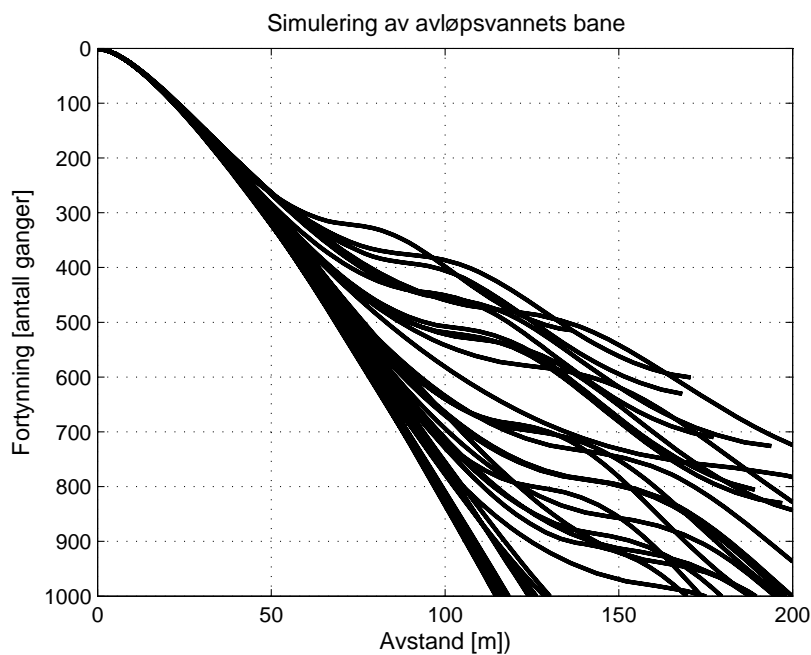
Tilsvarende simuleringer for innlagringsdyp med antatte gjennomsnittsverdier for resipientstrøm (5 cm/s) og utslippsfluks (214 l/s) er vist i Figur 14. Med økende strømhastighet blir strålebanene da flatere og innlagringen vil skje dypere. Lavere mengde avløpsvann bidrar også til at innlagringen blir noe dypere.

Ved utslipp til 45 m dyp vil toppen av skyen, ved gjennomsnittlige driftsforhold og strømhastighet, normalt holde seg under 10 m dyp ved innlagring. Senter av skyen vil typisk innlagres i dyp rundt 25-38 m. Simuleringene viser at utslippet, med hydrografi som i starten av april, fortsatt går til overflaten for det dypeste utslippet. Overraskende er det at utslippet fra 45 m ikke når til overflaten med denne hydrografiprofilen. Mest sannsynlig er det den sterke vertikale bevegelsesmengden til det dypeste utslippet som bidrar til dette fenomenet. Simuleringene av utslipp til 60 m viser skyene fra alle profilene vil, med unntak av aprilprofilen målt av Akvaplan-niva 6. april 2009, holde seg nært til og under 20 m dyp. Kjernen til utslippet vil innlagres på 40-52 m dyp.

Fortynningen av konsentrasjonen til utslippet i tilfellene med innlagring, er ca. 250-350 ganger når utslippet har beveget seg 50 m horisontalt (Figur 15). Med en slik gjennomsnittsstrøm i resipienten og gjennomsnittsmengde på utslippet, simulerer modellen at dette blir fortynnet ca. 1000 ganger i løpet av de første 100-200 m når utslippet går mot overflaten. Det ser ut som om kombinasjonen av svakere strøm og større utslippsmengde gir en relativt kraftigere fortynning per distanse, ved sammenlikning med resultatet i Figur 13.



Figur 14: Strålebaner for utslipp fra 45 m (rød) og 60 m (blå). Heltrukne linjer viser senter til skyene med utslippsvann, mens stiplede linjer viser topp og bunn av skyene. 17 forskjellige vertikale profiler er simulert for hvert utslipp. Det er her brukt gjennomsnittlig vannmengde og middels strømhastighet i resipienten.



Figur 15: Fortynning med avstand fra utslippet, med gjennomsnittsverdier for utslippsfluks og resipientstrøm.

Sett i forhold til:

- målsetningen om at avløpsvannet ikke bør innlagres høyere enn ca. 15 m dyp,
- målsetningen om at avløpsvannet ikke skal komme i kontakt med elvemunningen,
- at en må legge mest vekt på resultatet for liten strømhastighet og maksimal utslippsfluks,

må det legges inn en viss sikkerhetsmargin ved valg av utslippsdyp. Modellresultatene indikerer at et utslipp til ca. 45-60 m dyp ved de fleste forhold vil være en tilfredsstillende løsning. Likevel kan det altså forekomme, som simuleringene indikerer, spesielle situasjoner der deler av utslippet kan få gjennomslag til overflaten over en begrenset tidsperiode og i et begrenset omfang. Ved helt spesielle tilfeller, og det helst om vinteren med lite vannføring i Ranelva, kan man oppleve at store deler av utslippsvannet når opp i overflatelaget. Det er gjennomblandingen av vannmassene, mangelen på ferskvann/ elvevann i overflaten eller mangelen på sjiktning, som er årsak til at utslippet muligens ikke blir innlagret i denne perioden.

Hvis det sikres at utslippsvannet i hovedsak blir innlagret i dyp større enn kompensasjonsstrømmen til Ranelva, er det liten risiko for negative effekter ved elvemunningen.

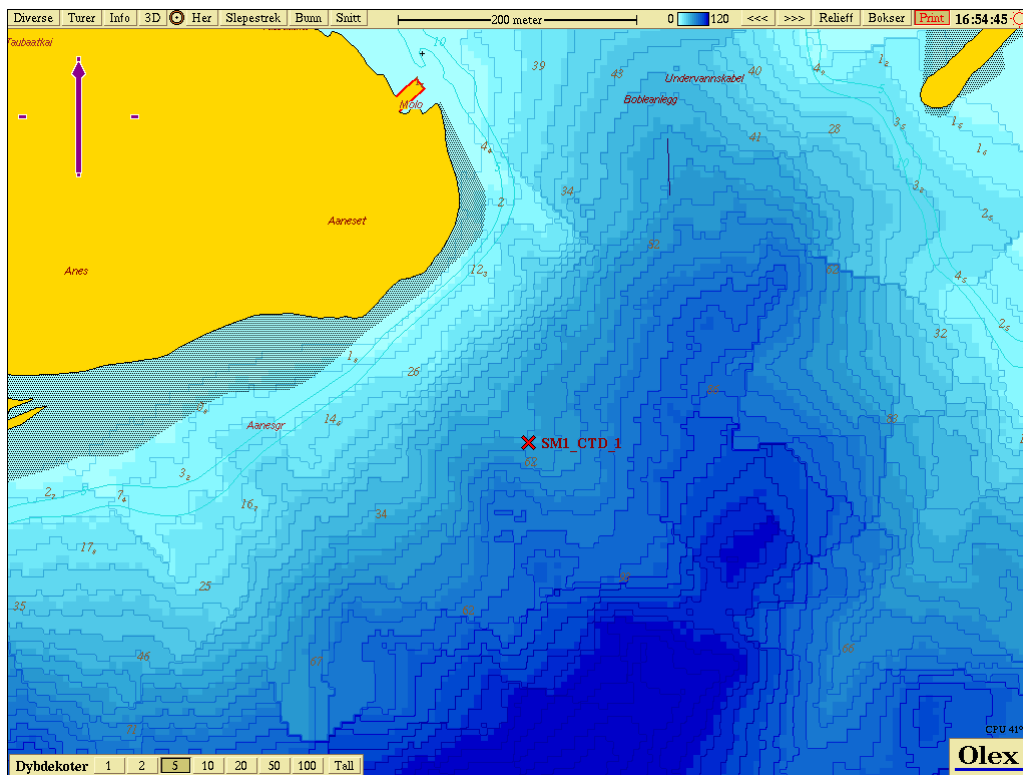
4.3 Dybdekartlegging

I forbindelse med vurderingen av anbefalt utslippspunkt, ble også havbunnen kartlagt med Olex-systemet ved potensielle utslippspunkter. Spesielt interessant var havbunnen nær nåværende utslippspunkt fra Rana Gruber AS, anbefalt utslippspunkt i forhold til denne rapporten (nær stasjon 1) og et mulig utslippssted ved Moskjæran, nær stasjon 4.

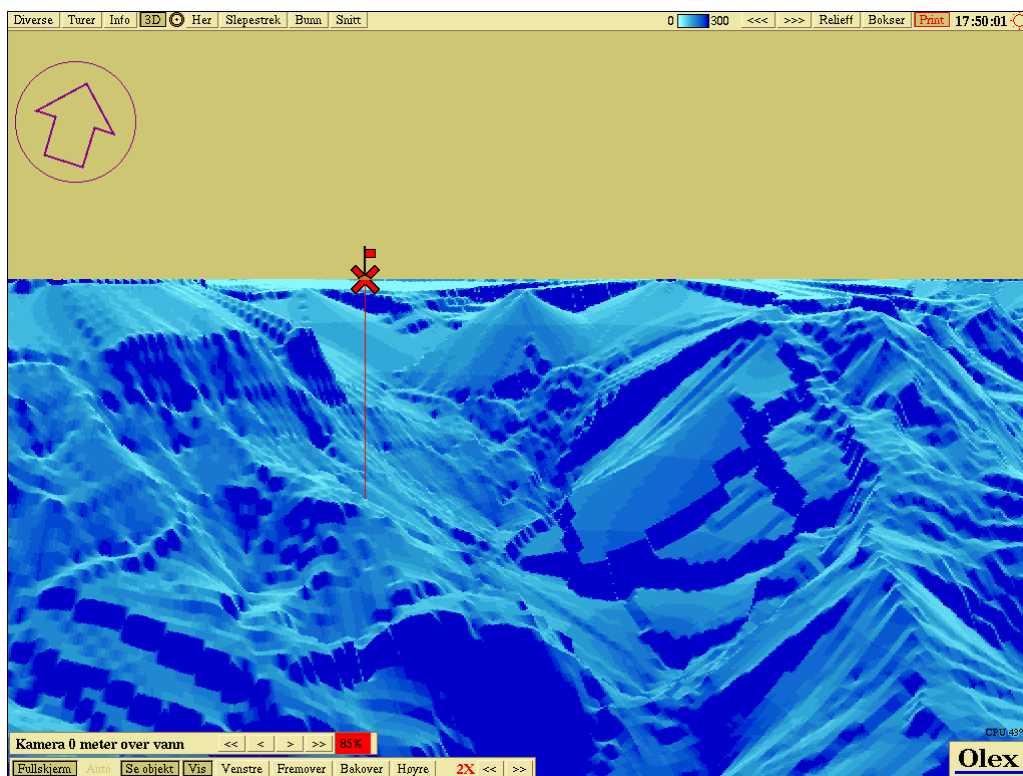
I forhold til eksisterende kart utgitt av Statens Kartverk, Sjøkartverket, er kartene nedenfor svært like.

Det ser ut som om det har skjedd mindre endringer ved utslippspunktet til Rana Gruber, nordvest for stasjon 2 (se Figur 18). Dette bekreftes av oppdragsgiver, som har en god versjon av kartet fra Statens Kartverk, Sjøkartverket.

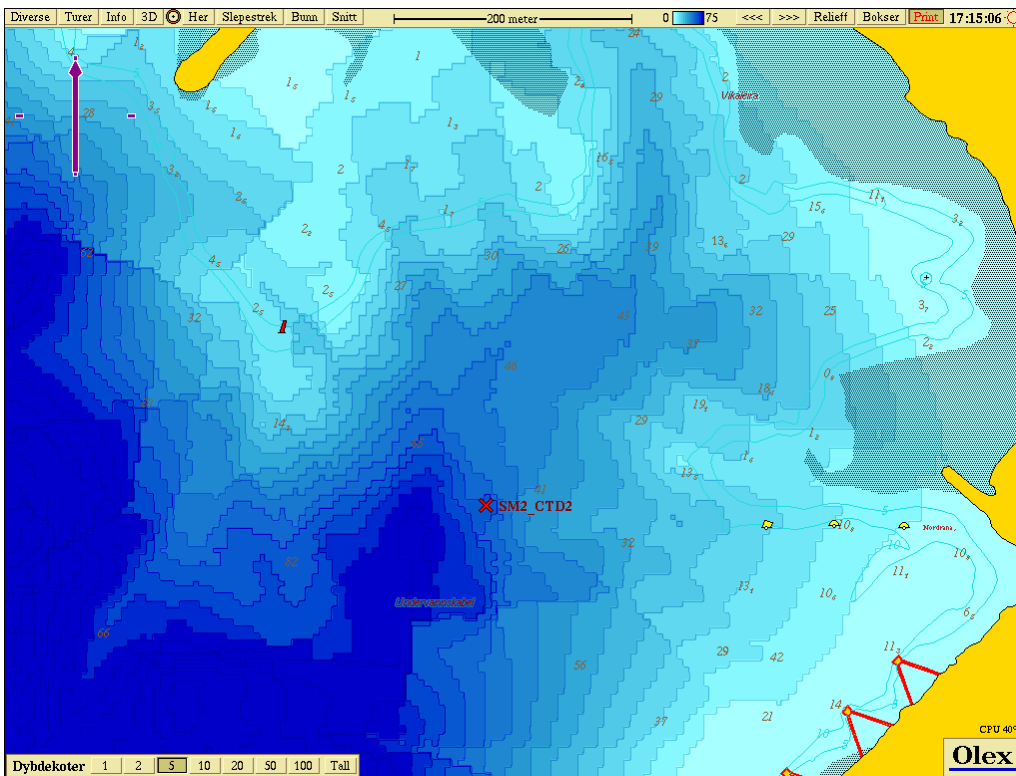
Dybden i 3D-bildene i Figur 17 og Figur 19 er skalert opp til det dobbelte relativt til de horisontale dimensjoner, for å få bedre innblikk i dybdeforholdene.



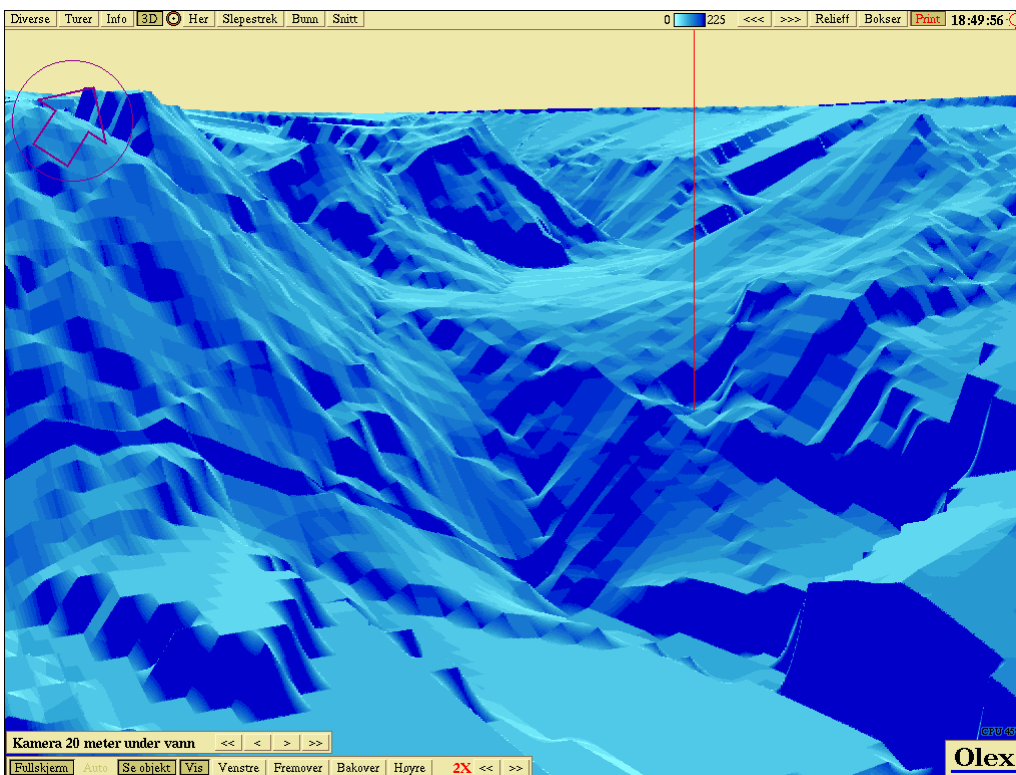
Figur 16: Resultater fra dybdekartlegging med Olex-systemet. Bunnkonturene er gjengitt med ekvidistanse 5 m. Krysset er lokaliteten til strømmåler nummer 1 (se også Figur 1). Dybdetallene er fra sjøkart fra Statens Kartverk.



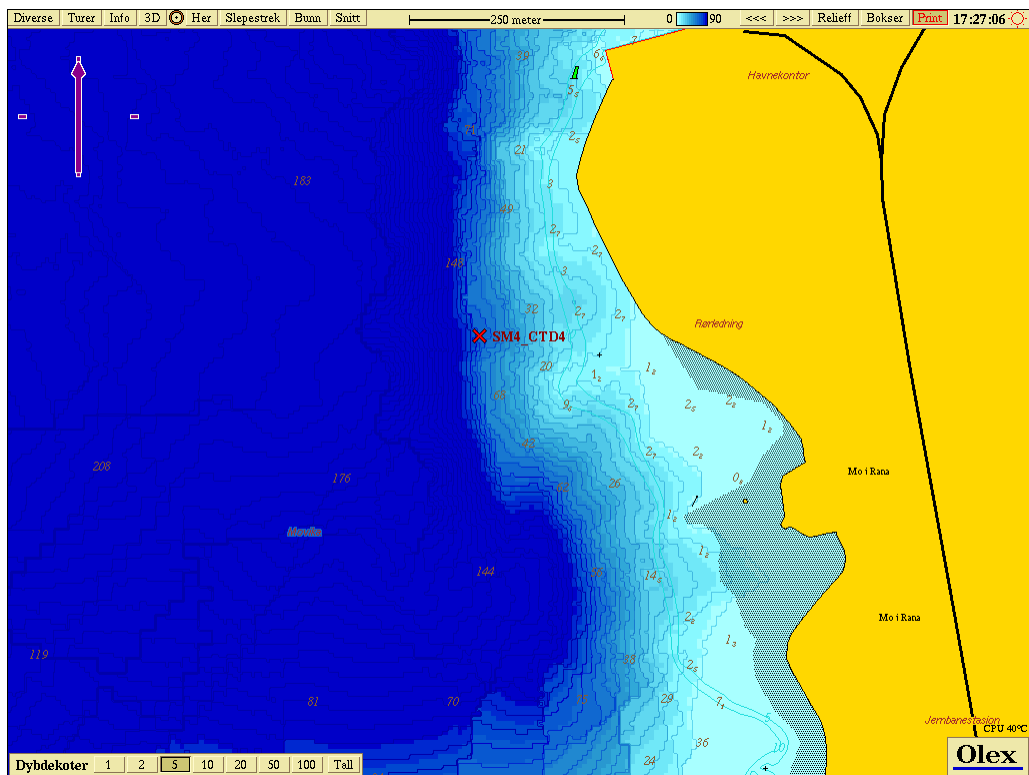
Figur 17: 3D kart over området ved stasjon 1, der kameraet er vendt mot nord-nordøst. Strømmåler nr. 1 er inntegnet i rødt. Den vertikale skaleringen er doblet, for å få frem bunnkonturene tydeligere.



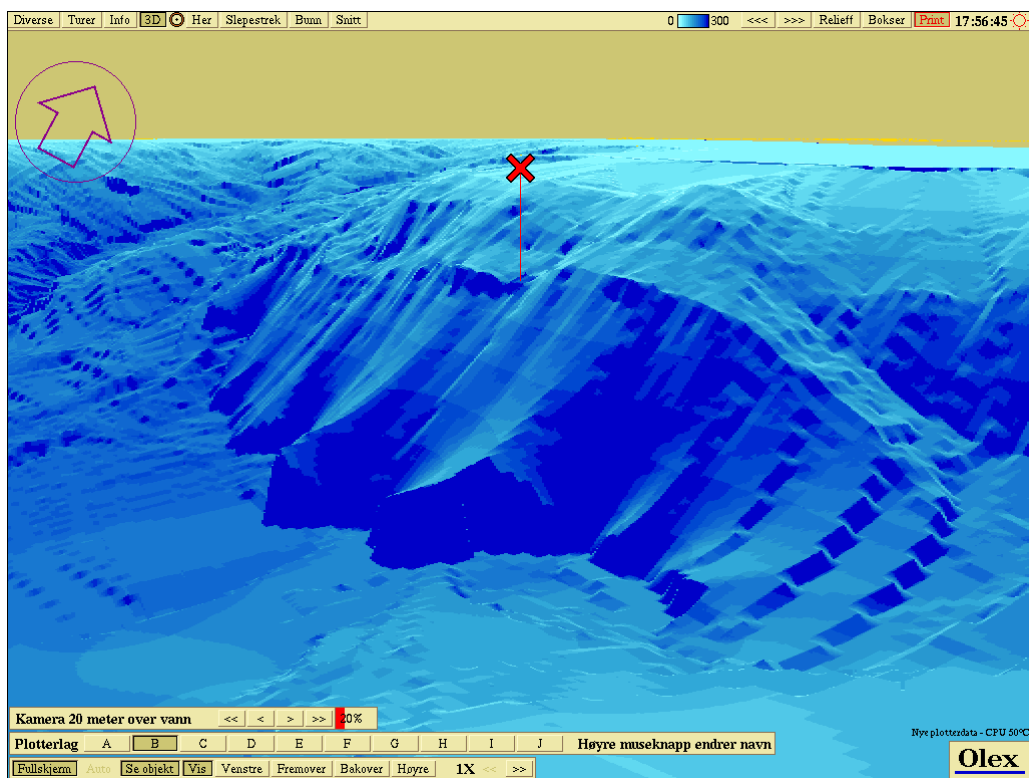
Figur 18: Resultater fra dybdekartlegging med Olex-systemet. Bunnkonturene er gjengitt med ekvidistanse 5 m. Krysset er lokaliteten til strømmåler nummer 2 (se også Figur 1). Dybdetallene er fra sjøkart fra Statens Kartverk.



Figur 19: 3D kart over området ved stasjon 2, der kameraet er vendt mot nord-nordøst. Strømmåler nr. 2 er inntegnet i rødt. Den vertikale skaleringen er doblet, for å få frem bunnkonturene tydeligere.



Figur 20: Som i Figur 16, men kartlegging ved stasjon 4, (se Figur 1 for oversiktskart).



Figur 21: 3D kart over området ved stasjon 4, der kameraet er vendt mot nord-nordøst. Strømmåler nr. 4 er inntegnet i rødt.

4.4 Vurdering av anbefalt lokalisering av utslippspunkt

Strømmålingene i Figur 9 viste at det var svært svak strøm i de dypere vannlag på østsiden av indre Ranfjorden. Dette er da et ugunstig sted for å legge et utslipp med så stor fluks som det her er snakk om (200-300 l/s). På vestsiden, derimot, ble det påvist kraftigere strømmer. ADCP-måleren viste et komplisert strømbilde ned gjennom vannsøylen, med et overflatelag på vei mot sydvest på toppen (øverste metre), et kompensasjonslag mot nordøst nedenfor som strekker seg ned til nesten 40 m dybde og nederst en dypere vannmasse med fremherskende bevegelsesretning bort fra elvemunningen, mot sydvest. Det vil være en stor fordel at utslippet havner i et vannlag som har bevegelsesenergi bort fra elvemunningen. ADCP-målingene viste at kompensasjonslaget som regel har sin hovedkjerne mellom 15 og 30 m. Målet bør da være at utslippsvannet som regel innlagres under dette laget, altså under 30 m, ved normale forhold. Ved å inspisere utslippsskyene i Figur 12 og Figur 14, kan det konkluderes at dybden til utslippet bør ligge på mellom 50 og 70 m dyp, for å oppnå dette. Når utslippet er plassert såpass dypt, vil utslippet bli vesentlig fortynnet (minst 1000 ganger) før det eventuelt skulle kunne trenge opp til overflaten (Figur 13 og Figur 15). Derfor vil utslippet, hvis det mot all formodning skulle nå opp til overflaten, være så fortynnet at det vil være av liten miljøbelastende karakter.

Inne i enden av indre Ranfjorden samles vann som skal snu og svinge, mest sannsynlig i retning mot klokken. Den brede og svake strømmen på vei mot nord i den østre delen av det indre bassenget kan tenkes å samle seg, konsentreres og skyte fart mot sydvest på skråningen i vest, der hvor stasjon 1 er plassert. De dypere vannmasser antas å være delvis fanget til topografien til skråningen, i hvert fall når man kommer et stykke bort fra elvemunningen.

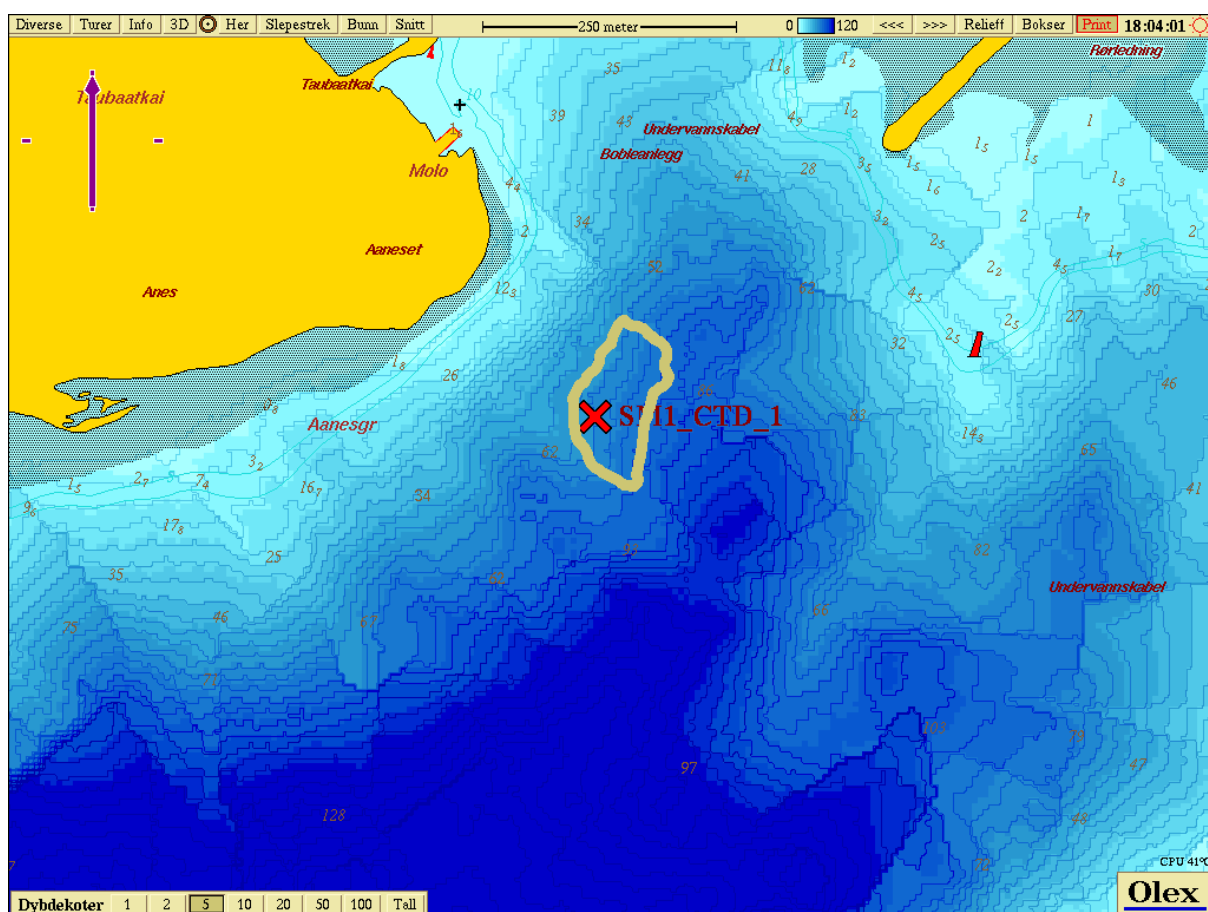
Helt inne i enden av fjorden forventes kompensasjonsstrømmen å svekkes, samtidig som det foregår intens medrivning fra overflatelaget når dette ankommer Ranfjorden i form av Ranelva. I de dypere vannmasser forventes det å være svak strøm, som mest sannsynlig dreier i retning mot klokka. Det er vanskelig å forutse det reelle strømbildet her, men det forventes å være svært dynamiske forhold og turbulens i de øverste vannlag og roligere i de dypere vannlag. I utgangspunktet skulle dette være en grei plassering for utslipp, så lenge innlagring skjer nedenunder laget hvor kompensasjonsstrømmen befinner seg. Likevel anbefales det å flytte utslippet utover, bort fra elvemunningen, i retning mot stasjon 1 i skråningen mot vest. Da vil det være større sannsynlighet for at strømmen i de dypere vannlag har blitt mer definert og vil likne de som ble funnet ved stasjon 1, slik at utslippet får bevegelsesenergi bort fra elvemunningen. Det er vanskelig å vurdere nøyaktig hvor langt man skal bort fra elvemunningen for å oppnå stabile strømmer mot sydvest i de dypeste vannlag.

Et optimalt utslippspunkt antas å være like ved plasseringen av strømmåler nummer 1, ved stasjon 1, på 55-70 m dyp (se skisse i Figur 22). Her er det en relativt bratt og jevn skråning like nedenfor strømmåleren, ifølge bunnkartleggingen ved stasjon 1 (Figur 16 og Figur 17). Dessuten har målingene fra ADCP-profilene bekreftet at fremherskende strømrretning her er mot syd-sydvest, altså bort fra elvemunningen i de dypeste vannlag, med gjennomsnittsstrømmer på omtrent 5 cm/s (Figur 10 og Figur 11).

Enden av utslippsrøret anbefales å bli plassert 1-3 m over selve havbunnen, for å unngå direkte bunnpåvirkning.

Strømmålingene er utført over en drøy måned i mars/ april. Det er knyttet en viss usikkerhet om de er representative for alle dyp gjennom hele året. Det er for eksempel sannsynlig at dypet for kompensasjonsstrømmen varierer med sjiktningen og vannføringen i Ranelva (ferskvannslaget på toppen av vannsøylen). Det er naturlig at det i perioder med høy vannføring og flom vil være enda kraftigere strømforhold ved elvemunningen. Dette vil i utgangspunktet favorisere en dypere innlagring. Anbefalingen i denne rapport er gjort ut fra det tilgjengelige materialet og kunnskapsbasert skjønn.

Det presiseres at denne vurderingen kun gjelder for utslippsvann. Oppflytende partikler og eventuell deponering på sjøbunnen etc. er ikke dekket i modellsimuleringene. Modellen simulerer ikke spredningsforløpet for eventuelle partikler med egenvekt lavere enn vann. Disse vil med større sannsynlighet kunne nå opp til overflaten.



Figur 22: Fokuseret kart fra utløpet av Ranelva, med skisse inntegnet for anbefalt utslippspunkt fra Mjølanodden renseanlegg, i nærheten av plasseringen til stasjon 1.

5 Konklusjon

Basert på oseanografiske målinger utført av Akvaplan-niva, data gjort tilgjengelige fra NIVA, modellsimuleringer basert på dette bakgrunns materialet, samt vurderinger ut fra målinger og tidligere erfaringer, anbefales det å legge det planlagte utslippet til ca. 50-70 m dyp på skråningen på vestsiden av innerste delen av indre Ranfjorden. Dette vil som regel sikre innlagring av utslippsvannet i den dypere vannmassen med bevegelsesretning bort fra elvemunningen, nedenunder laget med kompensasjonsstrøm med retning mot munningen. Jo lenger ut mot stasjon 1 utslippet kommer, jo mer sannsynlighet vil det være for at strømmen i utslippspunktet vil ha en karakter av stabil strøm mot syd-sydvest, bort fra elvemunningen. Det vil være fare for gjennomslag til overflaten ved spesielle omstendigheter og i begrenset omfang, og dermed også en risiko for at deler av utslippet kan nå elvemunningen. Det dype utslippet sørger for at eventuell gjennomtrenging av utslippsvann til overflaten vil være kraftig fortynnet og derfor være av mindre miljøbelastende karakter.

Det er gjennomgående brukt konservative verdier med hensyn på å simulere gjennomslag til overflaten.

Hvis sjeldne gjennomslag av primærrenset utslipp ikke kan tolereres, anbefales sekundærrensning.

Det er i dette arbeidet ikke gjort vurderinger av eventuelle effekter av de assosierte utlippene av organisk materiale, næringssalter og partikulært materiale.

6 Litteratur

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 Divison, U.S. Environmental Protection Agency, Athens Georgia, USA.

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

Molvær, J. & J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei, J. Sørensen, 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.* SFT veiledning 97:03. 36 s.

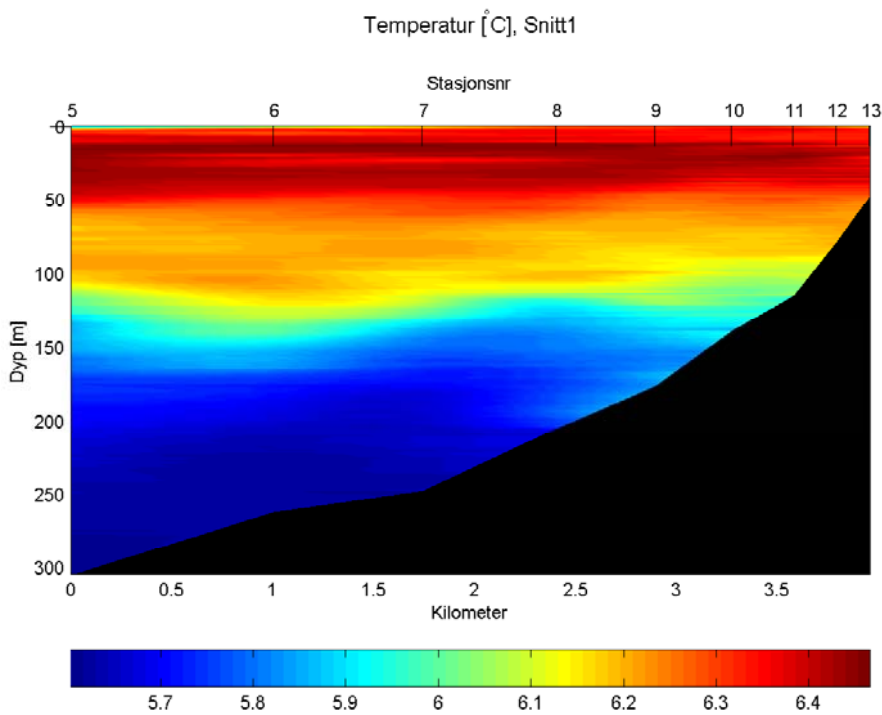
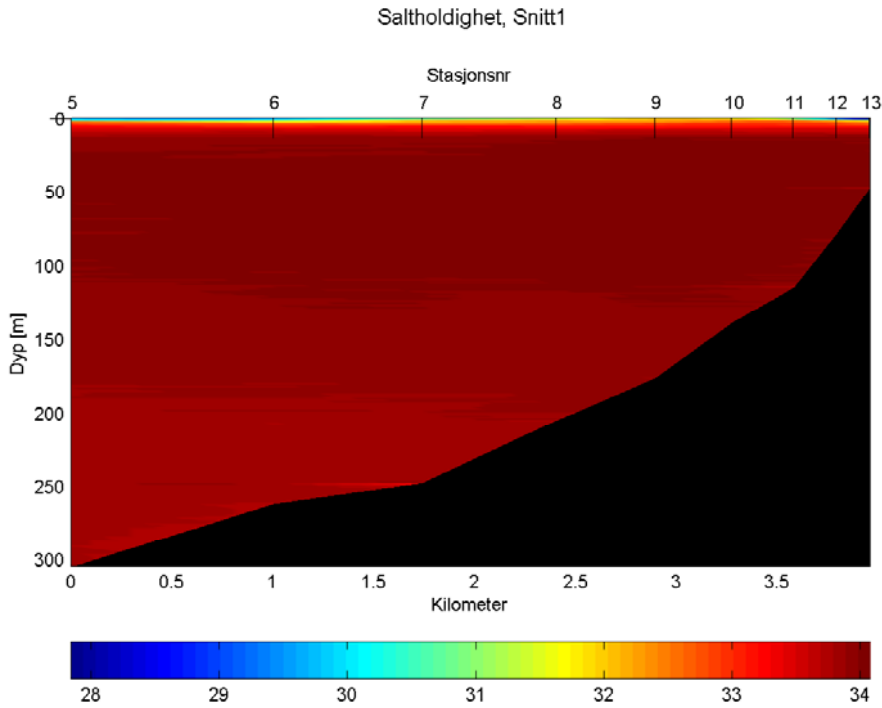
Tekniske detaljer rundt Olex, 2009. Tilgjengelig fra <http://www.olex.no/teknikk.html>. (Lest 01.05.2009)

Walday M., Helland., A., Magnuson J., Moy F., Rygg B., 2004. Environmental assessment of Ranfjorden, northern Norway, 2003. NIVA rapport 4839-2004. ISBN 82-577-44521-9. Extended abstracts in Norwegian. 132 sider.

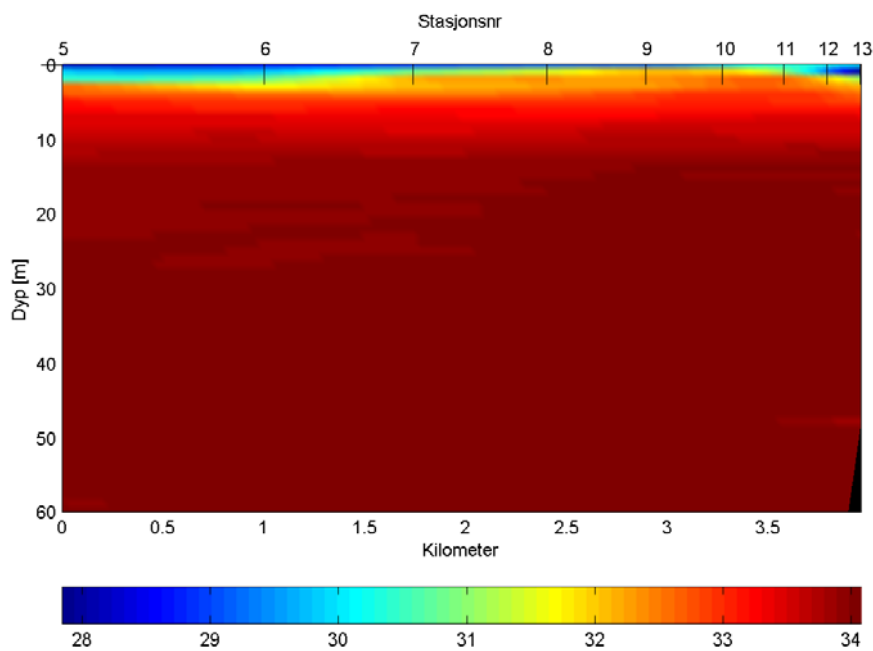
7 Appendiks

Vedlegg I:

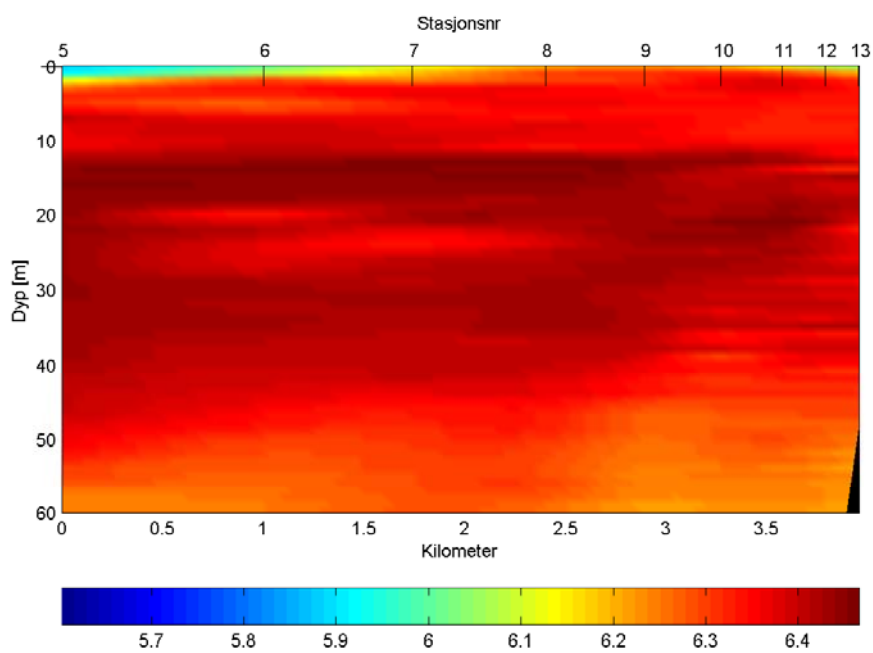
Nedenfor er salt- og temperatursnitt vist for de tre snittene beskrevet i teksten og i Figur 1.



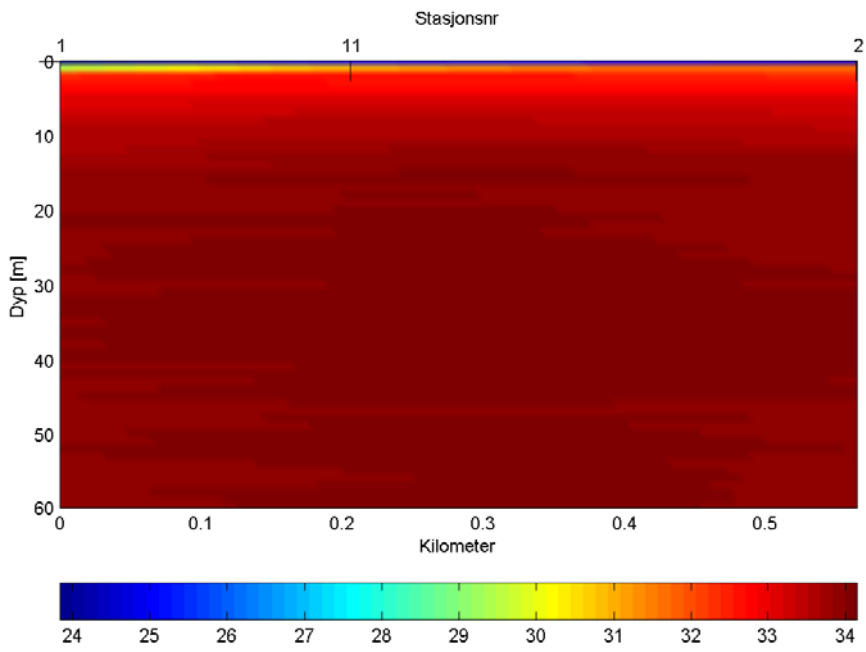
Saltholdighet, Snitt1



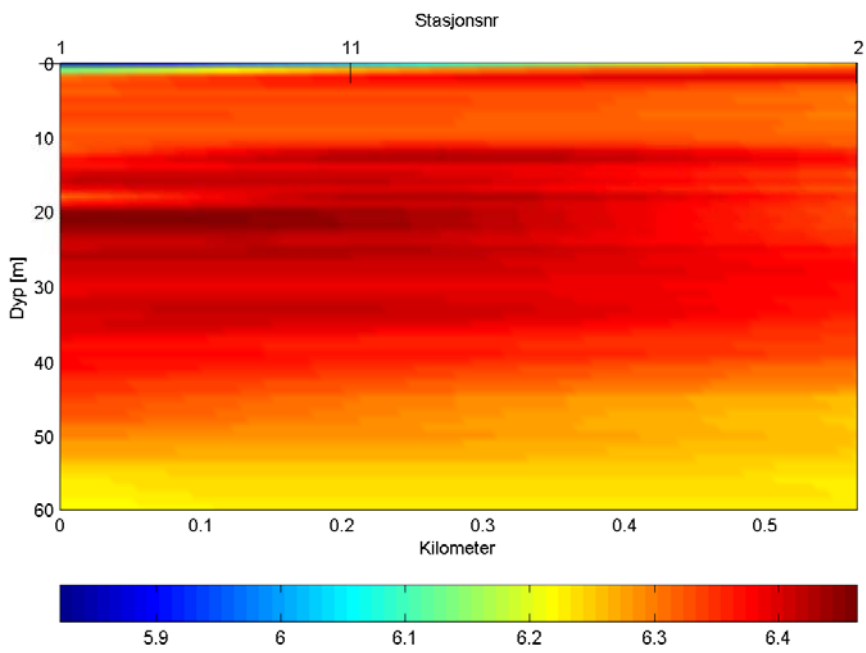
Temperatur [°C], Snitt1



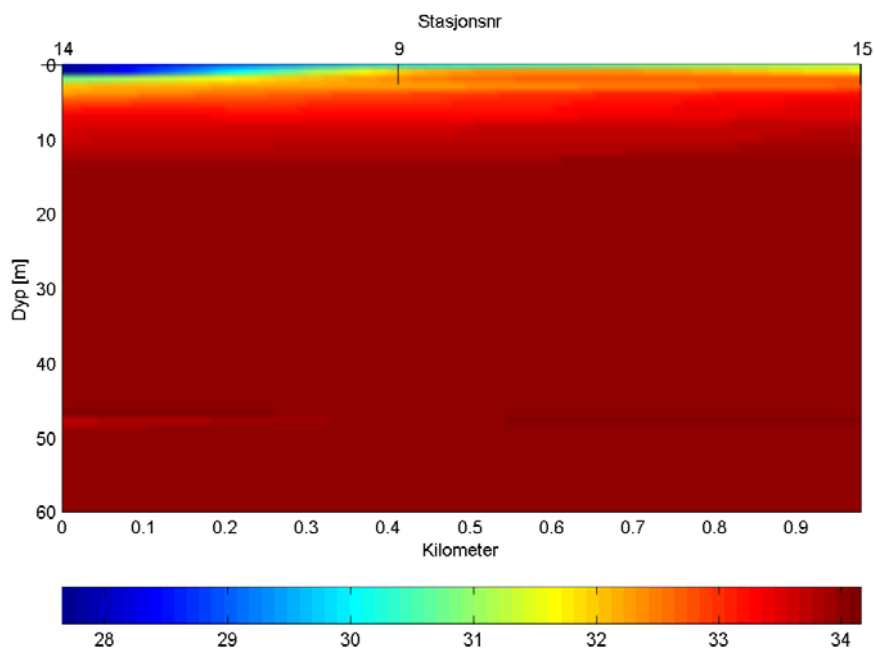
Saltholdighet, Snitt2



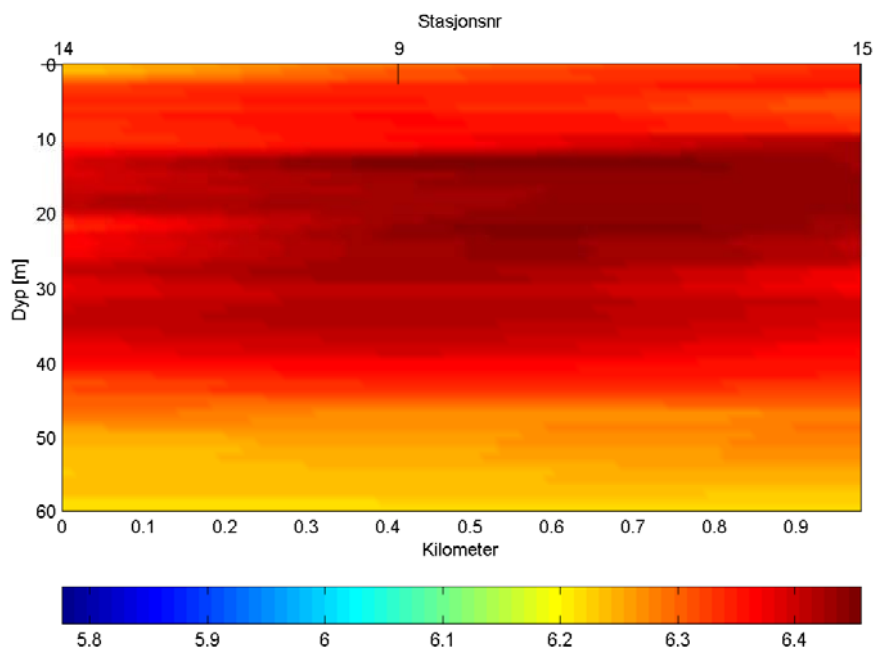
Temperatur [°C], Snitt2



Saltholdighet, Snitt 3



Temperatur [°C], Snitt 3

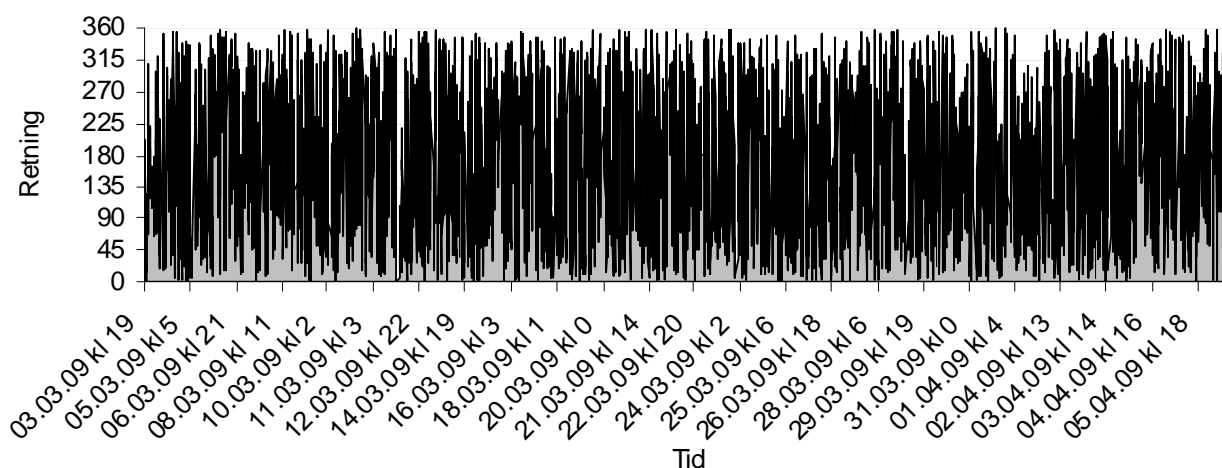


Vedlegg II:

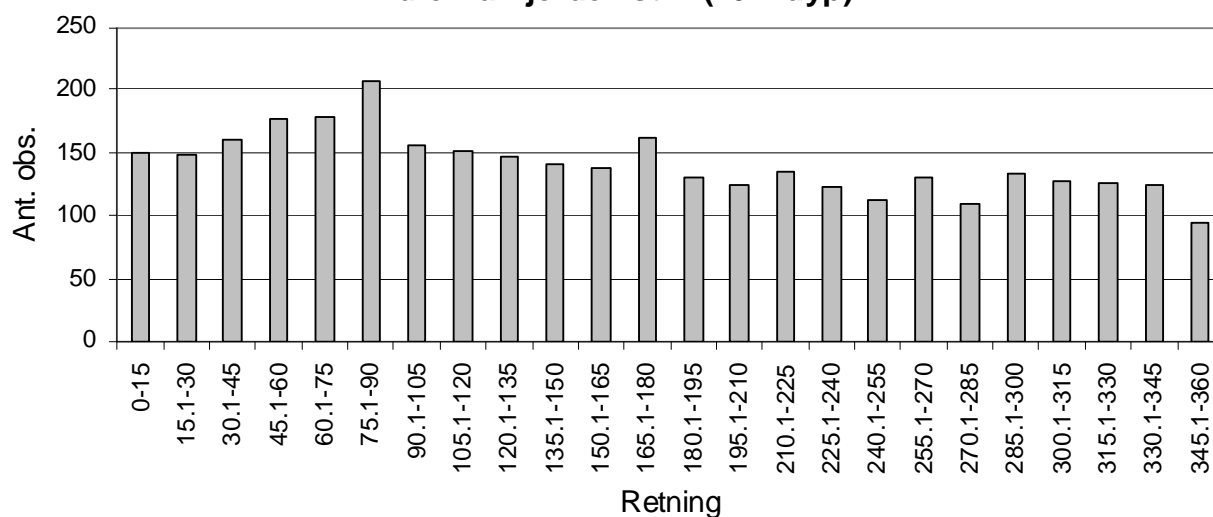
Tilleggsgrafikk fra strømmålinger, alle stasjoner

Indre Ranfjorden st. 1 (26m dyp)		
	Hastighet (cm/s.)	Temp
Max	64,8	6,48
Min	0,1	6,17
Gj.snitt	6,4	6,3
% av målinger > 10 cm/s	15 %	
% av målinger < 10 > 3 cm/s	62 %	
% av målinger < 3 > 1 cm/s	19 %	
% av målinger < 1 cm/s	4 %	
95-prosentil (95 % av målinger ligger mellom 0 og ant cm/s. =	16,23	
Residual strøm	0,8	
Residual retning	75	

Indre Ranfjorden st. 1 (26m dyp)

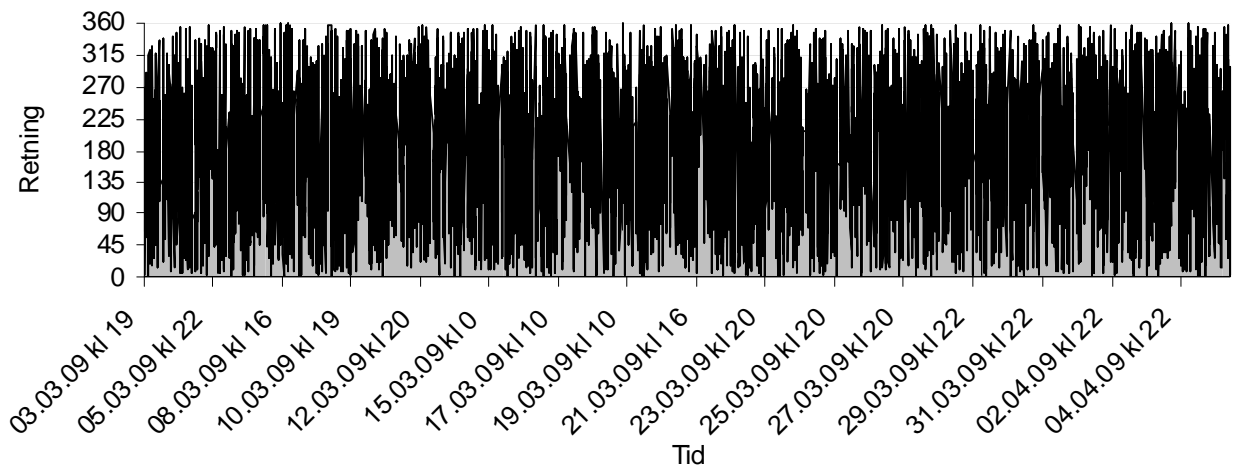


Indre Ranfjorden st. 1 (26m dyp)

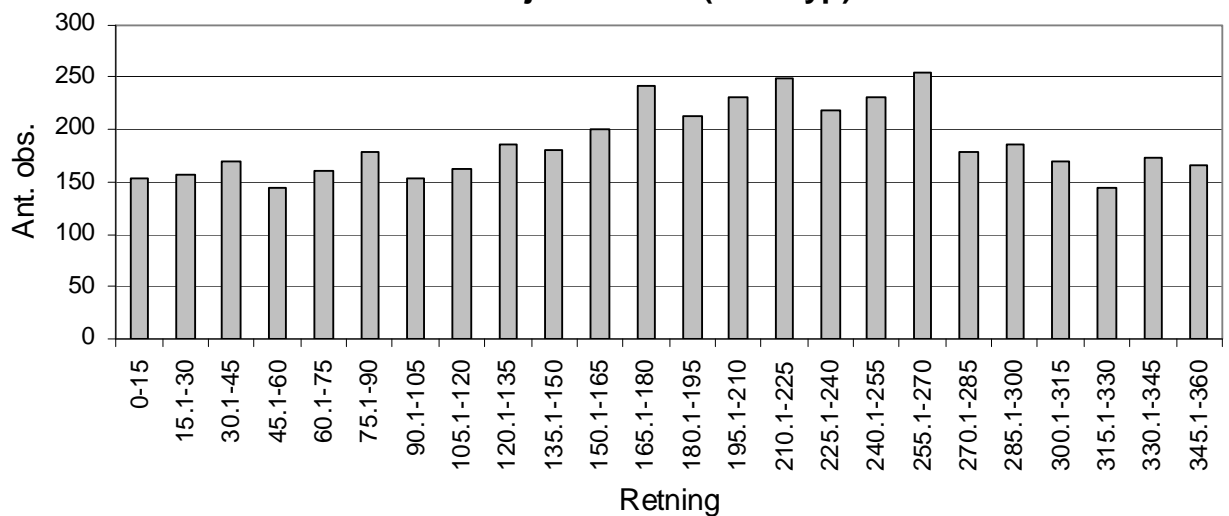


Indre Ranfjorden st. 1 (47m dyp)		
	Hastighet (cm/s.)	Temp
Max	32,7	6,48
Min	0	6,17
Gj.snitt	5,1	6,3
% av målinger > 10 cm/s	5 %	
% av målinger < 10 > 3 cm/s	69 %	
% av målinger < 3 > 1 cm/s	22 %	
% av målinger < 1 cm/s	3 %	
95-prosentil (95 % av målinger ligger mellom 0 og ant cm/s. =	10,1	
Residual strøm	0,7	
Residual retning	215	

Indre Ranfjorden st. 1 (47m dyp)

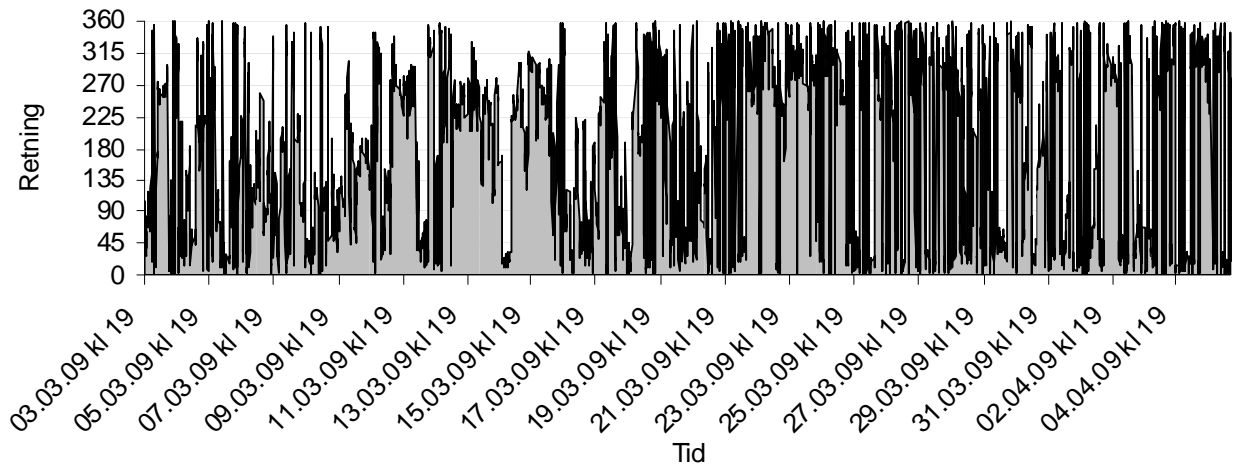


Indre Ranfjorden st. 1 (47m dyp)

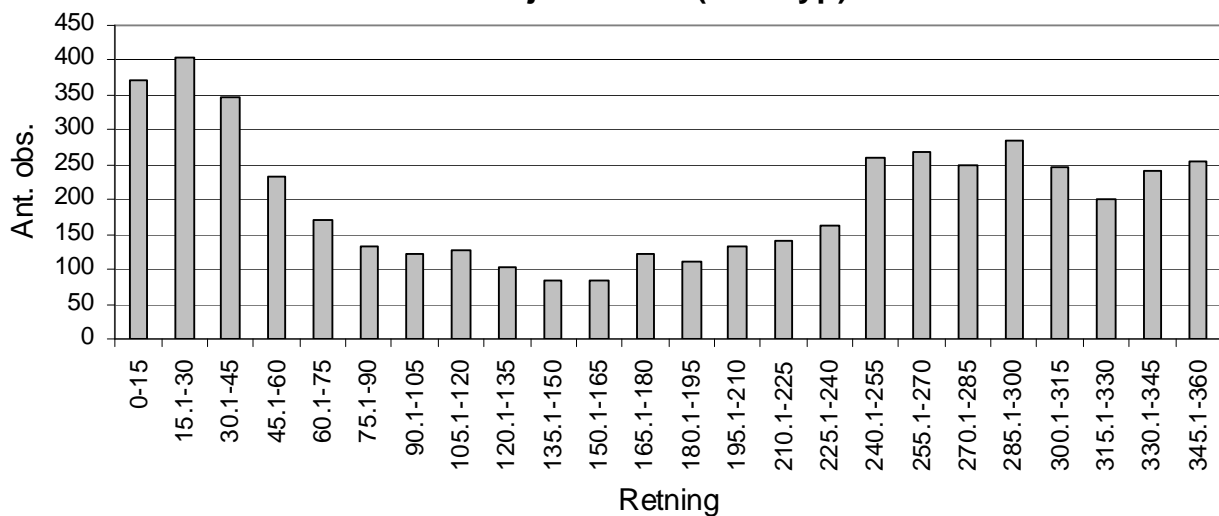


Indre Ranfjorden st.2 (25m dyp)		
	Hastighet (cm/s.)	Temp
Max	31,6	6,85
Min	0,2	6
Gj.snitt	1,0	6,5
% av målinger < 10 > 3 cm/s	0 %	
% av målinger < 3 > 1 cm/s	0 %	
% av målinger < 1 cm/s	99,5 %	
95-prosentil (95 % av målinger ligger mellom 0 og ant cm/s. =	1	
Residual strøm	0,2	
Residual retning	334	

Indre Ranfjorden st.2 (25m dyp)

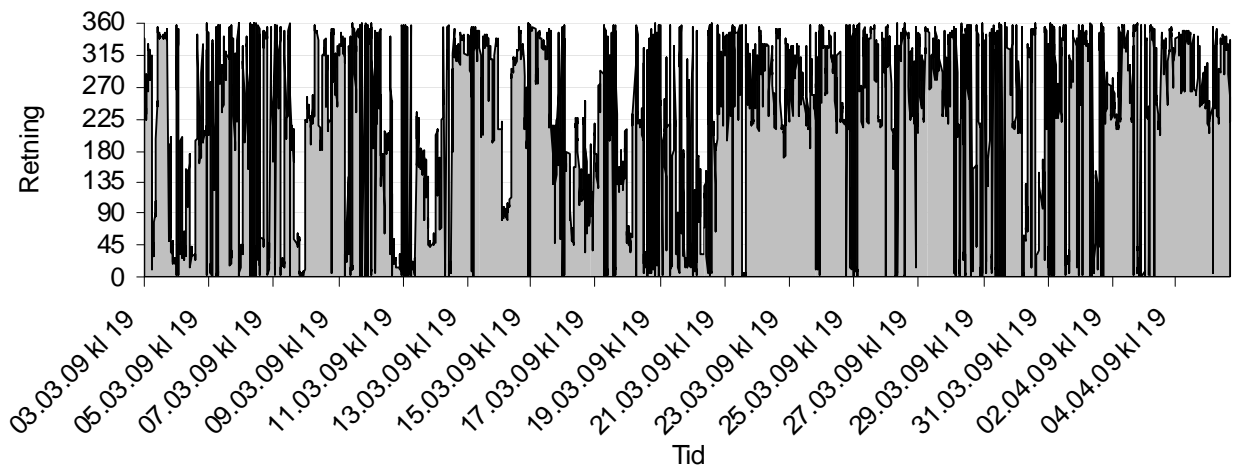


Indre Ranfjorden st.2 (25m dyp)

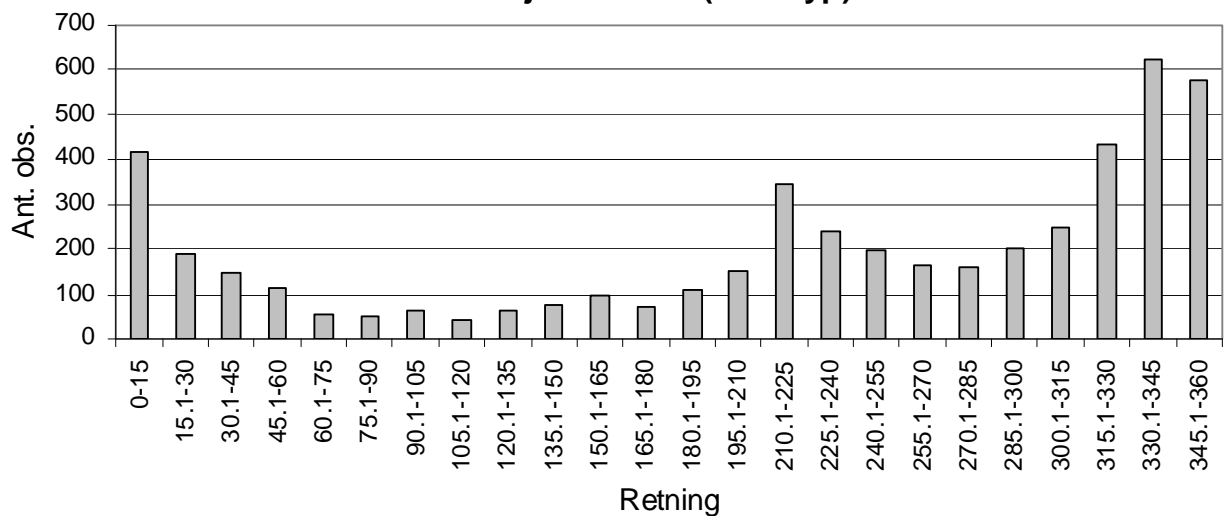


Indre Ranfjorden st. 2 (45m dyp)		
	Hastighet (cm/s.)	Temp
Max	21	6,65
Min	0	3,8
Gj.snitt	1,0	6,5
% av målinger < 10 > 3 cm/s	0 %	
% av målinger < 3 > 1 cm/s	1 %	
% av målinger < 1 cm/s	98,4 %	
95-prosentil (95 % av målinger ligger mellom 0 og ant cm/s. =	1	
Residual strøm	0,4	
Residual retning	320	

Indre Ranfjorden st. 2 (45m dyp)

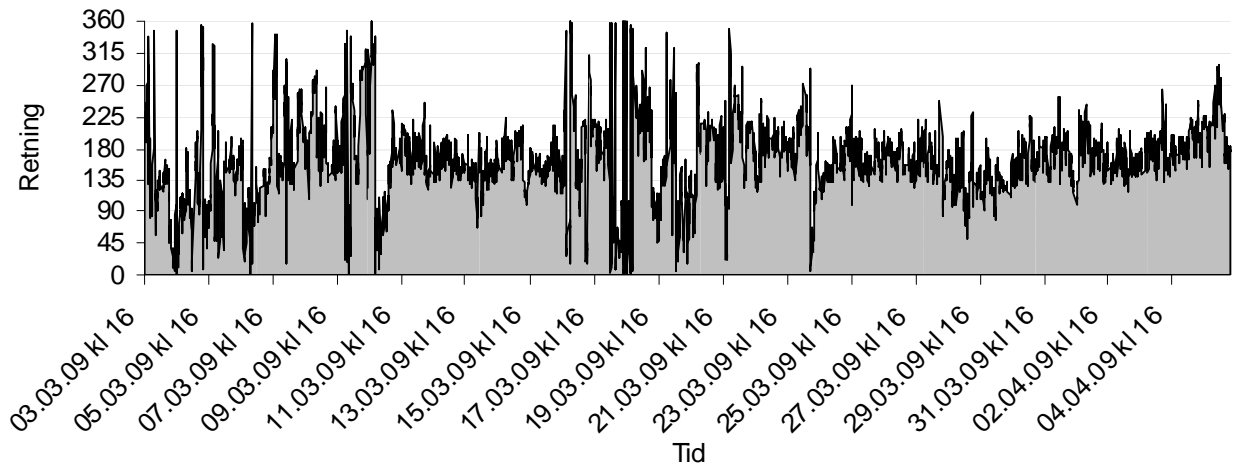


Indre Ranfjorden st. 2 (45m dyp)

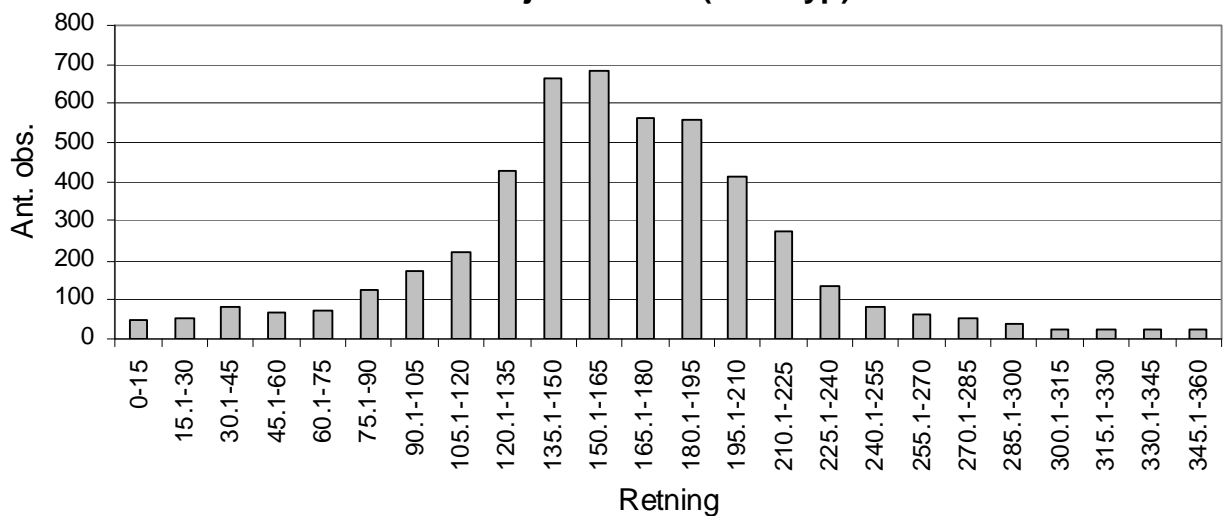


Indre Ranfjorden st. 3 (28m dyp)		
	Hastighet (cm/s.)	Temp
Max	8,4	6,8
Min	0,2	6,05
Gj.snitt	1,1	6,4
% av målinger < 10 > 3 cm/s	3 %	
% av målinger < 3 > 1 cm/s	2 %	
% av målinger < 1 cm/s	95,2 %	
95-prosentil (95 % av målinger ligger mellom 0 og ant cm/s. =	1	
Residual strøm	0,7	
Residual retning	160	

Indre Ranfjorden st. 3 (28m dyp)

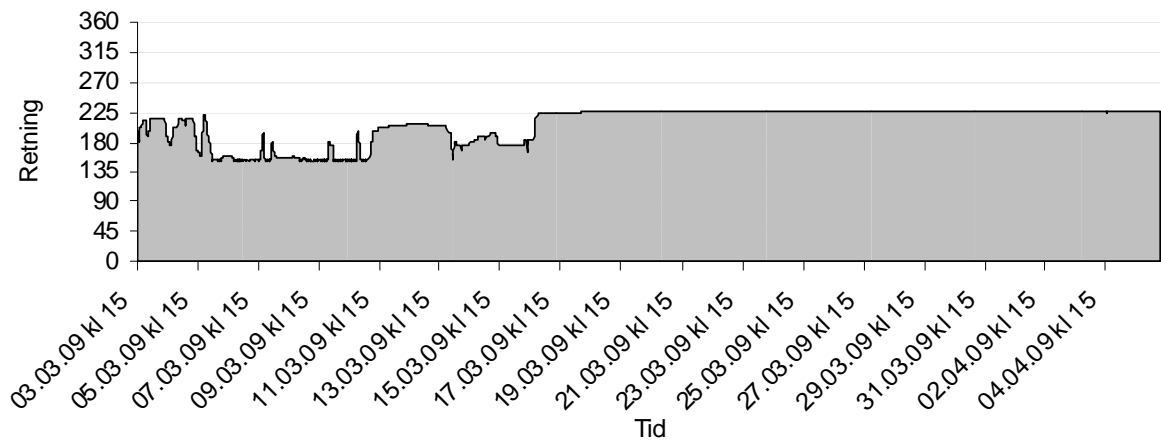


Indre Ranfjorden st. 3 (28m dyp)

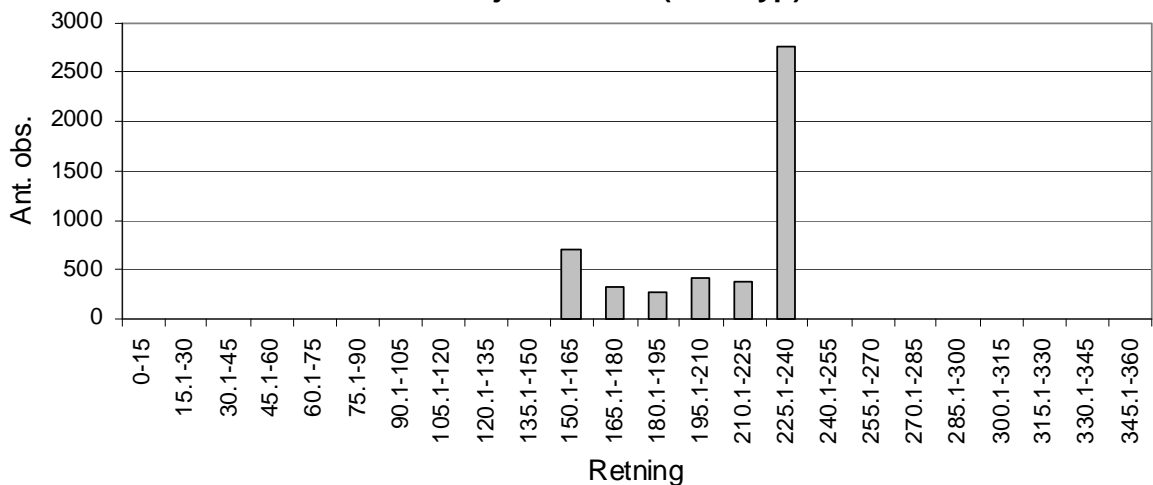


Indre Ranfjorden st. 3 (48m dyp)		
	Hastighet (cm/s.)	Temp
Max	2,8	6,65
Min	0,8	6,3
Gj.snitt	1,0	6,4
% av målinger < 10 > 3 cm/s	0 %	
% av målinger < 3 > 1 cm/s	0 %	
% av målinger < 1 cm/s	99,8 %	
95-prosentil (95 % av målinger ligger mellom 0 og ant cm/s. =	1	
Residual strøm	0,9	
Residual retning	206	

Indre Ranfjorden st. 3 (48m dyp)

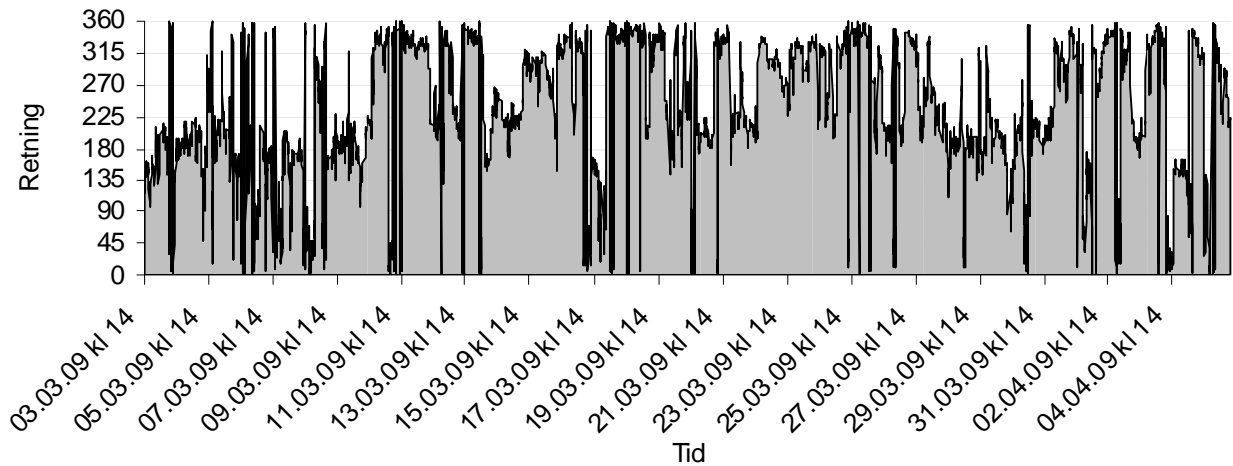


Indre Ranfjorden st. 3 (48m dyp)

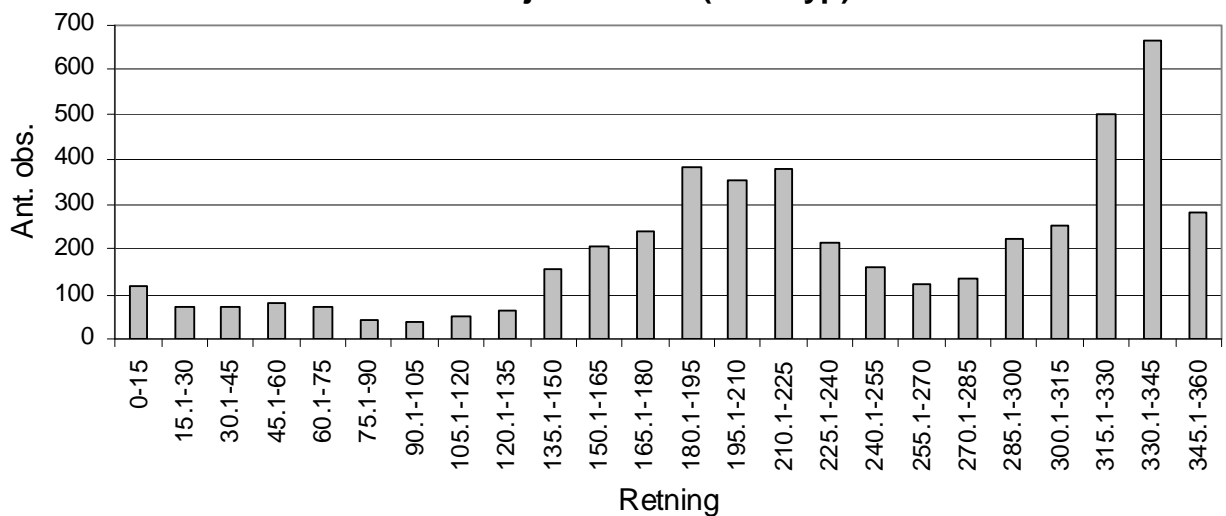


Indre Ranfjorden st. 4 (28m dyp)		
	Hastighet (cm/s.)	Temp
Max	12,4	6,9
Min	0,2	6,35
Gj.snitt	1,3	6,5
% av målinger < 10 > 3 cm/s	5 %	
% av målinger < 3 > 1 cm/s	4 %	
% av målinger < 1 cm/s	90,7 %	
95-prosentil (95 % av målinger ligger mellom 0 og ant cm/s. =	3,4	
Residual strøm	0,4	
Residual retning	282	

Indre Ranfjorden st. 4 (28m dyp)

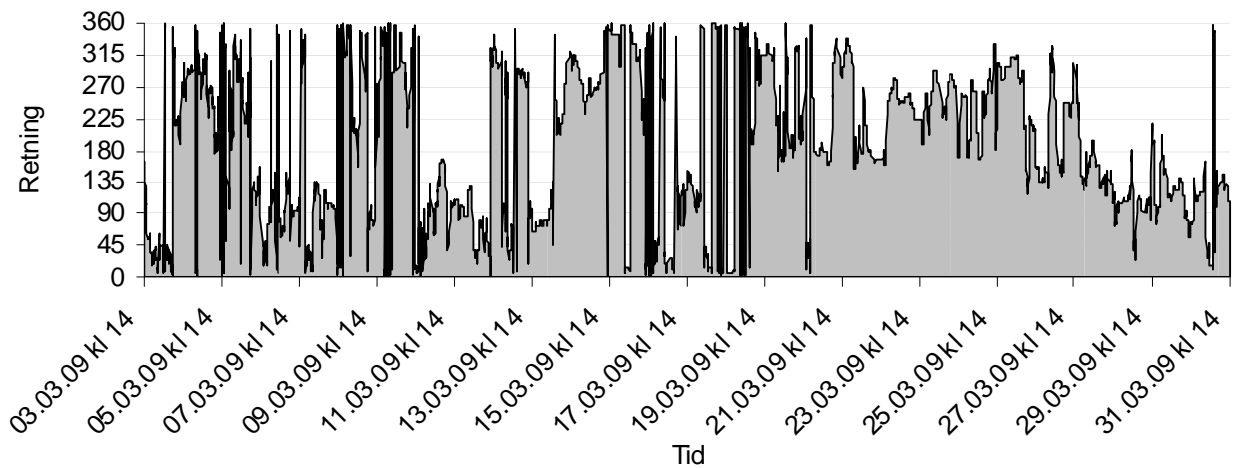


Indre Ranfjorden st. 4 (28m dyp)



Indre Ranfjorden st. 4 (48m dyp)		
	Hastighet (cm/s.)	Temp
Max	5,4	6,55
Min	0,4	6,15
Gj.snitt	1,0	6,3
% av målinger < 10 > 3 cm/s	0 %	
% av målinger < 3 > 1 cm/s	0 %	
% av målinger < 1 cm/s	99,9 %	
95-prosentil (95 % av målinger ligger mellom 0 og ant cm/s. =	1	
Residual strøm	0,0	
Residual retning	330	

Indre Ranfjorden st. 4 (48m dyp)



Indre Ranfjorden st. 4 (48m dyp)

