

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00

Tittel Sunnal kommune. Undersøkelse for å finne miljømessig gunstig utslippsdyp for kommunalt avløpsvann	Løpenr. (for bestilling) 5837-2009	Dato 21.9.2009
	Prosjektnr. Undernr. O-29173	Sider Pris 29
Forfatter(e) Jarle Molvær og Pierre Jaccard	Fagområde Oseanografi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Møre og Romsdal	Trykket NIVA

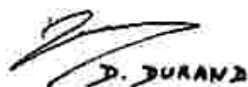
Oppdragsgiver(e) Sunnal kommune, Pb. 94, 6601 Sunndalsøra	Oppdragsreferanse
--	-------------------

Sammendrag
Sunnal kommune vurderer å flytte utslippet av kommunalt avløpsvann ved Sunndalsøra til større dyp for å unngå påvirkning av overflatelaget og av Drivas munningsområde. Det er gjort målinger av strøm, vertikal tetthetsprofiler og beregninger for å finne utslippsdyp og utslippsarrangement som sikrer at de to målene oppnås. I alt 418 kombinasjoner av utslippsmengde, dyp, tetthetsprofil og strøm er beregnet og vurdert. Man kan ikke helt se bort fra at det kan forekomme sjeldne kombinasjoner av stor mengde avløpsvann, svak sjiktning, svak strøm da avløpsvann innblandes i overflatelaget selv ved utslipp i 40 m dyp, men dette vil neppe i merkbar grad påvirke vannkvalitet eller biologiske forhold i elvemunningen. Som ekstra sikkerhet anbefales diffusor i enden av avløpsledningen.

Fire norske emneord 1. Sunndal kommune 2. Kommunalt avløpsvann 3. Avløpsdirektivet 4. Elvemunning	Fire engelske emneord 1. Sunndal municipality 2. Municipal wastewater 3. Urban wastewater directive 4. Estuary
---	--



Prosjektleder



Forskningsleder



Seniorrådgiver

O-29173

Sunndal kommune

Undersøkelse for å finne miljømessig gunstig
utslippsdyp for kommunalt avløpsvann

Forord

Den foreliggende rapporten er utarbeidet for Sunndal kommune i samsvar med NIVAs prosjektforslag av 24.3. 2009 og bestilling av 30.3.2009.

Vi takker Eilif M. Lervik og Anders Lillebråten for framskaffelse av data som var nødvendige for å gjennomføre prosjektet, og for hjelp under feltarbeidet.

Ved NIVA har Pierre Jaccard hatt ansvar for gjennomføring av strømmålinger og målinger av vertikalprofiler med STD, mens Jarle Molvær har utført beregninger for aktuelle utslippsdyp og –konfigurasjoner samt skrevet rapporten.

Oslo, 21.9.2009

Jarle Molvær

Innhold

Sammendrag	5
1. Bakgrunn og formål	6
2. Metodikk og data	8
2.1 Beregning av innlagringsdyp	8
2.2 Data	9
3. Resultater og vurderinger	12
3.1 Målinger av den vertikale sjiktningen i utslippsområdet	12
3.2 Strømforhold i utslippsområdet	13
3.3 Beregning av innlagringsdyp for avløpsvannet	21
4. Litteratur	29

Sammendrag

Sunndal kommune har utslipp av kommunalt avløpsvann til Sunndalsfjorden ved Sunndalsøra. Utslipet ligger på 23 m dyp og så nær munningen av Driva at det kan komme inn under Avløpsdirektivets krav til utslipp som ligger i elvemunninger. **Formålet** med dette prosjektet er å: *Finne en kombinasjon av utslippsdyp og utslippsarrangement som sikrer at avløpsvannet*

- *innlagres så dypt at det ikke kommer i kontakt med overflatelaget i fjordområdet*
- *ikke kommer i kontakt med munningen av Driva*

For å skaffe datagrunnlag for beregningene av innlagringsdyp for avløpsvannet ble det målt

- strømhastighet og –retning mellom overflate og 48 m dyp i 35 dager.
- 2 vertikalprofiler av temperatur og saltholdighet utenfor munningen av Driva.

Videre er det tatt i bruk 17 vertikalprofiler målt under fjordundersøkelsen i 1986-88. Det er utført beregningene med tre ulike vannmengder, tre strømhastigheter, for dagens utslippsdyp samt 30 m og 40 m dyp. I utgangspunktet 18 utslippskombinasjoner som hver ble kjørt mot 19 profiler fra fjorden som gir 342 kombinasjoner. I tillegg ble kjørt 4 utslippskombinasjoner for diffusor mot de samme 19 profilene. Resultatene er sammenfattet i Tabell A.

Tabell A. Resultat for beregninger av innlagringsdyp for de tre vannmengdene, for svak (p10), gjennomsnittlig (Avg) og sterk (p90) strøm og for utslipp gjennom et hull i hhv. 30 m (30-1) og 40 m (40-1) samt diffusor i 40 m dyp (40-12). Tallene angir antall tilfeller med innblanding i overflatelaget.

Dyp, m	Q=50 l/s			Q=100 l/s			Q=200 l/s		
	Svak	Avg	Sterk	Svak	Avg	Sterk	Svak	Avg	Sterk
30-1	2	0	0	3	2	1	3	3	3
40-1	1	0	0	1	0	0	3	2	1
40-12				0	0		1	0	

Sett i forhold til

- vårt mål om at avløpsvannet ikke bør innlagres høyere enn ca. 10-15 m dyp
- at en må legge vekt på resultatet for liten strømhastighet

viser resultatene at man selv for utslipp i 40 m dyp har kombinasjoner av stor vannmengde og svak vertikal sjiktning da målet ikke oppnås. Eneste mulighet for innlagring er da en diffusor med mange og små hull.

Imidlertid bekrefter Sunndal kommune at situasjoner med store vannmengde (for eksempel 200 l/s) er resultat av stor innlekking i ledningsnett i perioder nedbør eller snøsmelting, som også medfører stor vannføring i Driva. En bør dermed gå ut fra at kombinasjonen svak vertikal sjiktning (lite ferskvann) i fjorden og svært stor vannmengde i ledningsnett forekommer meget sjelden. Dette gir rimelig sikkerhet for at en løsning med diffusor vil fungere meget godt.

Likevel: for den kombinasjonen som gjennomgående gir påvirkning av overflatelaget er det lite sannsynlig at man kan registrere annet enn forringet hygienisk vannkvalitet i overflatelaget i situasjoner hvis det sterkt fortynnede avløpsvannet føres med strømmen inn mot Drivas munningsområde.

1. Bakgrunn og formål

Sunndal kommune er i gang med planleggingen av ny hovedplan for avløp. Dagens hovedutslipp av kommunalt avløpsvann ligger øst for munningen av Driva (**Figur 1**) og man tar sikte på å flytte utslippet til større dyp. Dette ble vurdert av NIVA i 1988-89 da man fant at i enkelte situasjoner kunne det være så svak vertikal sjiktning at avløpsvannet ikke ble innlagret, men steg helt opp til overflatelaget og ble blandet inn i dette (Molvær 1990b).

Kommunen ønsker et utslippsarrangement som sikrer at avløpsvannet ikke stiger opp til overflata. Utslipper ligger så nær munningen av Driva at det er risiko for at det kommer inn under Avløpsdirektivets krav til utslipp som ligger i elvemunninger.

En elvemunning er vanligvis karakterisert av tre forhold (se også **Figur 2**):

1. Et overflatelag med lav og vekslende saltholdighet.
2. Utgående strøm i overflatelaget og inngående strøm like under dette.
3. Biologiske forhold som er tilpasset dette spesielle miljøet.

For å fjerne et utslipp fra en elvemunning kan det flyttes i to retninger:

- Horisontalt utover i fjorden: avhengig av størrelsen av ferskvannstilførselen og topografi kan det dreie seg om forflytning på mange kilometer.
- Vertikalt: de forholdene som karakteriserer elvemunningen er oftest avgrenset til de øverste 5-10 m av vannmassen. Dermed er det et alternativ å etablere et dyputslipp der avløpsvannet innlagres godt under elvemunningen (se **Figur 2**). Dette forutsetter selvfølgelig at resipienten ellers "tåler" den mengden av næringsalter og organisk stoff som utslippet fører med seg.

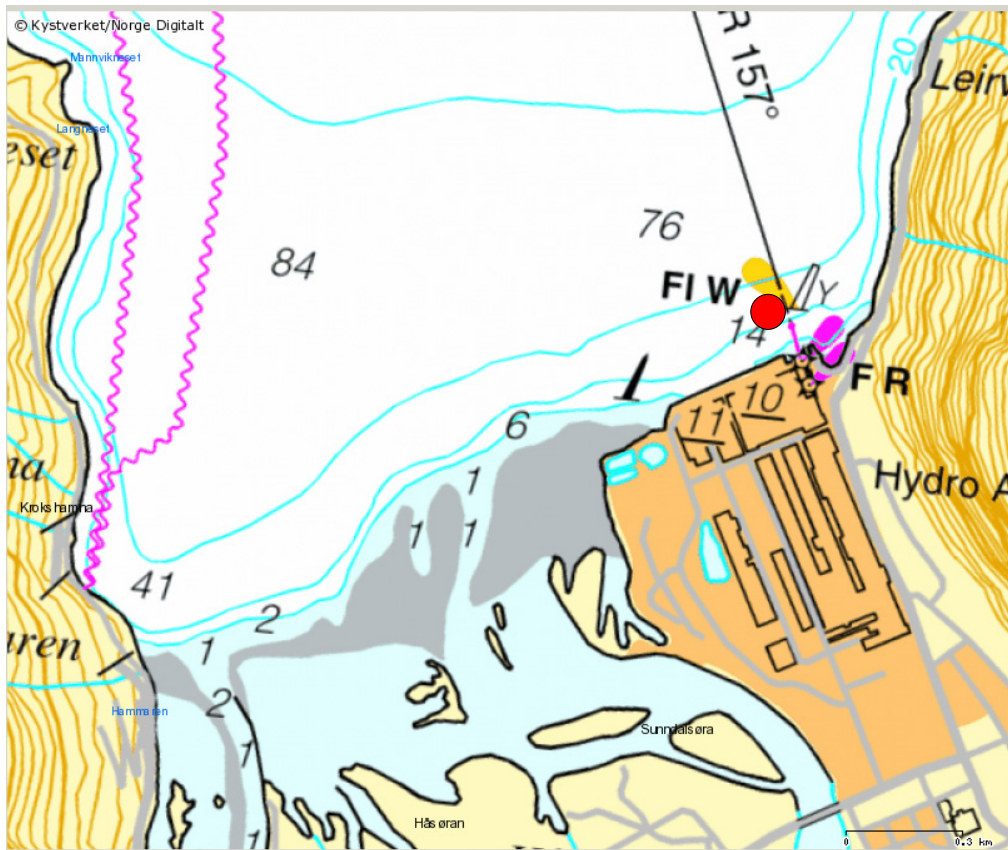
Utslippsproblematikken omkring RA9 ble 22.1.2009 diskutert i møte mellom Sunndal kommune og Fylkesmannens miljøvernavdeling, der også NIVA deltok. Fylkesmannen gav da uttrykk for at de ønsket opplysninger om strømforholdene for å kunne en beslutning vedr. utslippet. I denne sammenheng er strømmens retning og hastighet av betydning både mht:

- Hvor høyt avløpsvannet stiger før det innlagres, og
- Hvilken retning det innlagrede avløpsvannet forflytter seg

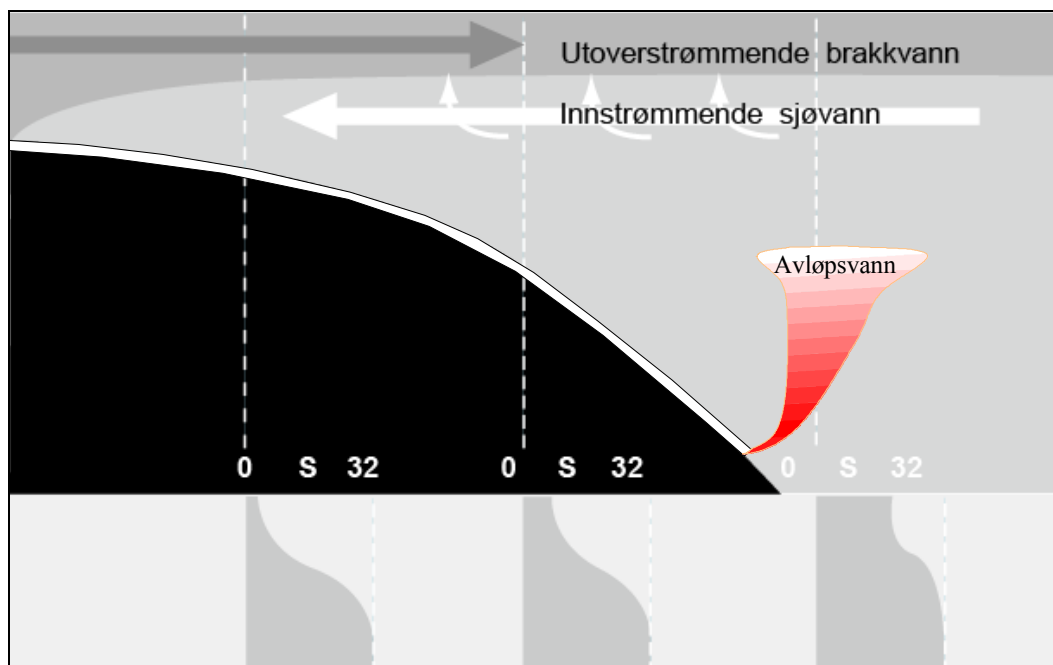
I det etterfølgende foreslås en undersøkelse med to deler:

- a. Gjøre målinger for å beskrive strømretning og strømhastighet ved det aktuelle utslippspunktet
- b. Beskrive resultatene i en kort rapport, der man på bakgrunn av de nye opplysningene vurderer risikoen for påvirkning av Drivas elvemunning.

Med "utslippsarrangement" menes utslipp gjennom 1 hull og gjennom en diffusor. Dette er problemstillinger som NIVA er vel kjent med (se Molvær et al. 2002 og Molvær og Velvin 2004). I praksis vil ofte en løsning som oppfyller pkt. 1 samtidig oppfylle pkt. 2.



Figur 1. Sunndalsøra. Posisjonen for utslippet er vist med fylt rød sirkel.



Figur 2. Skjematisk bilde av strømforhold ved en elvemunning, og hvordan et utslipp kan plasseres for at avløpsvannet ikke kommer i kontakt med elvemunningen. Nedre del av figuren antyder hvordan den vertikale saltholdighetsprofilen kan endres med økende avstand fra munningen.

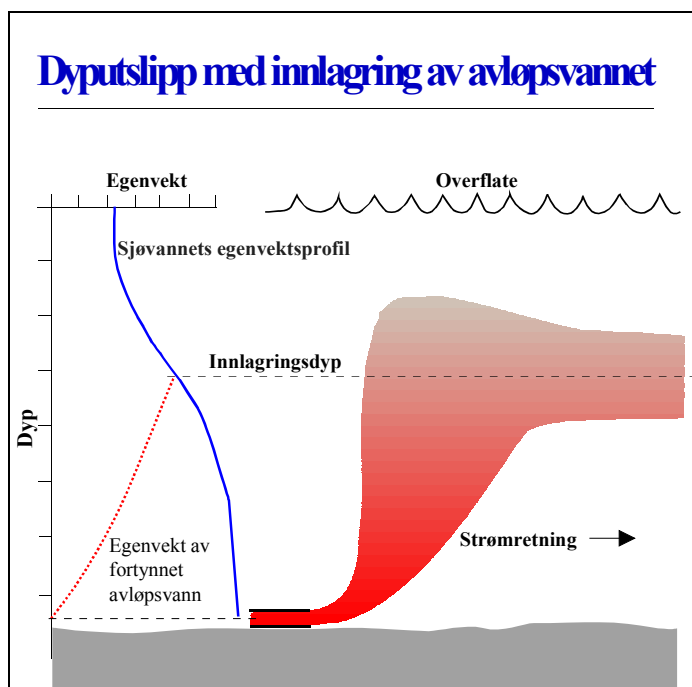
2. Metodikk og data

2.1 Beregning av innlagringsdyp

Avløpsvannet har i praksis samme egenvekt som ferskvann og dermed lettere enn sjøvann. Det vil derfor begynne å stige mot overflata 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+sjøvann øker samtidig som egenvekten til det omkringliggende sjøvannet avtar og i et gitt dyp kan dermed blandingsvannmassen få samme egenvekt som sjøvannet omkring (se **Figur 3**). Da har ikke lenger blandingsvannmassen noen "positiv oppdrift", men har fortsatt vertikal bevegelsesenergi og vil vanligvis stige noe forbi dette "likevektsdypet" for så å synke tilbake og innlagres. I en fjord er der vanligvis en vertikal sjiktning i sjøvannet og det fortynnede avløpsvannet kan innlagres uten å nå overflaten. Etter innlagringen vil avløpsvannet spres med strømmen samtidig som det fortynnes videre.

Innlagringsdypet beregner vi med den numeriske modellen Visual PLUMES utviklet av U.S. EPA (Frick et al., 2001). Nødvendige opplysninger er vannmengde, utslippsdyp, diameter for utslippsrøret samt strømhastigheten i resipienten.

For tilfeller der man står rimelig fritt i valg av utslippsdyp, blir beregningene utført for de dypene som er aktuelle. Svært sjelden er det aktuelt med utslippsdyp større enn 40 m. Ved utløpet er Driva ganske grunn (<5 m). Tatt i betraktning at vi ikke har tett med data for hele året må det som mål for å holde avløpsvannet unna elvemunningen legges inn en god margin, og en bør derfor ta sikte på at avløpsvannet innlagres dypere enn 10-15 m.



Figur 3. Prinsippskisse 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 Data

For beregningene av innlagringsdyp og spredning behøves opplysninger om

1. ledningsdiameter
2. vannmengder: 3-4 typiske
3. vertikale profiler av temperatur og saltholdighet
4. strømforhold i innlagringsdypet

Data om utslippet

Sunndal kommune har gitt opplysninger om utslippet og disse er sammenfattet i **Tabell 1**. Store deler av avløpsnettet er fellessystem, og det medfører store variasjoner i vannmengden.

Tabell 1. Karakteristiske tall for utslippet av kommunalt avløpsvann.

Utslippsdyp	Avløpsledning indre diameter	Vannmengde		
		50 l/s	100 l/s	200 l/s
23 m	420 mm	50 l/s	100 l/s	200 l/s

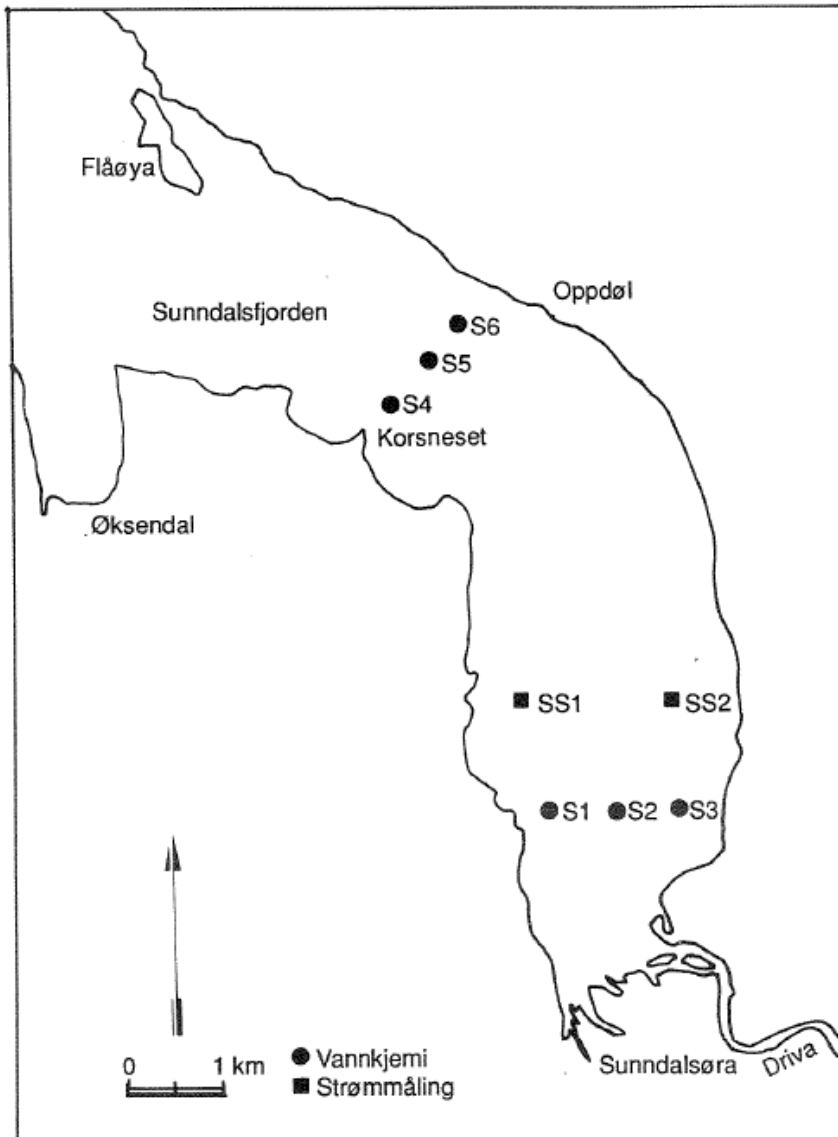
Vertikalprofiler av temperatur og saltholdighet

Ved undersøkelsen i 1986-88 ble det gjort mange målinger av temperatur og saltholdighet utenfor Sunndalsøra (Molvær, 1990a). Man brukte en Electronic Switchgear sonde, som ved regelmessig kalibrering og kontroll av data forventes å gi en nøyaktighet på $\pm 0,1$ i saltholdighet og $\pm 0,1$ °C for temperatur. Ved gransking av profilene ser man at en del målinger vinteren 1987/88 trolig gir for lav saltholdighet, og disse er ikke brukt i beregningene. De fleste målingene ble utført til 40-50 m dyp og 17 målinger på stasjon SS3 (**Figur 4**) er tatt i bruk i denne utredningen.

Den 4.5.09 og 25.5.09 ble det utført målinger av temperatur og saltholdighet til 50 m dyp nær utslippet (jfr. **Figur 1**) med en selvregistrerende sonde av typen SensorData 204. **Tabell 2** gir oversikt over det samlede datasettet (19 målinger) som bør være rimelig representativt for tilstanden i innerste del av Sunndalsfjorden.

Tabell 2. Dato for målinger.

Dato	Dato	Dato	Dato
13.5.87	25.6.87	3.8.87	9.5.88
25.5.87	30.6.87	12.8.87	27.7.88
6.6.87	7.7.87	3.9.87	4.5.09
11.6.87	15.7.87	11.2.88	25.5.09
19.6.87	24.7.87	15.3.88	

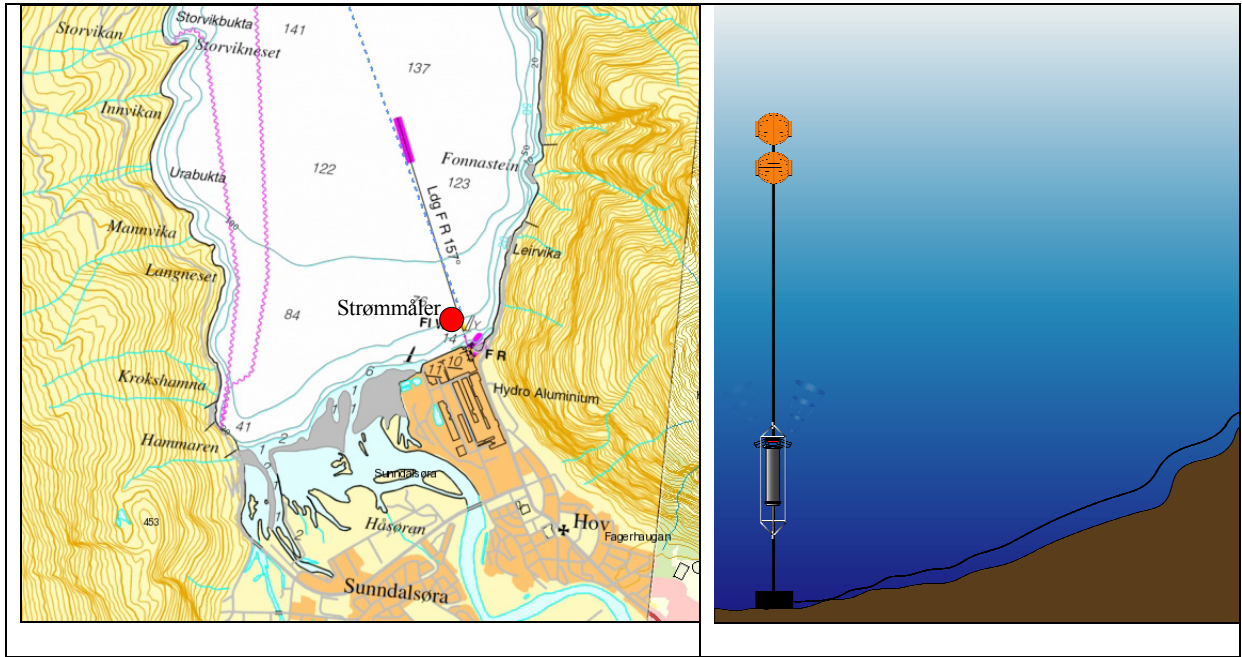


Figur 4. Stasjoner for måling av vannkvalitet og strøm i undersøkelsen i 1987-88 (kopi fra Molvær, 1990a).

Undersøkelse av strømforhold

Den 20.4.09 ble utplassert en strømmåler av type Nortek Continental (modell #6037) på 81 m dyp som vist i Figur 4. Dette er nær det aktuelle utslippspunktet og den posisjonen der det har vært målt vertikale profiler for temperatur og saltholdighet. Instrumentet var innstilt på måling av strømhastighet og strømrøtning i 12 stk. 4 m tykke vannlag med 10 minutters intervall. Vannlagene var 0-4, 4-8 m, 8-12 m, 12-16 m, 16-20 m, 20-24 m, 24-28 m, 28-32 m, 32-36 m, 36-40 m, 40-44 m, 44-48 m. For det øverste vannlag et blir hastighet og retning usikker. I det etterfølgende omtales vannlagene med midtverdien, dvs. 2 m, 6 m, 10 m, 14 m, 18 m, 22 m, 26 m, 30 m, 34 m, 38 m, 42 m og 46 m.

Måleren ble tatt opp 25.5.2009, dvs. 35 dager etter utsettingen. I forbindelse med opptak av måleren ble det målt en vertikalprofil for temperatur og saltholdighet, med samme metodikk som beskrevet ovenfor.



Figur 5. Posisjon for strømmåler og skisse av måler med forankring

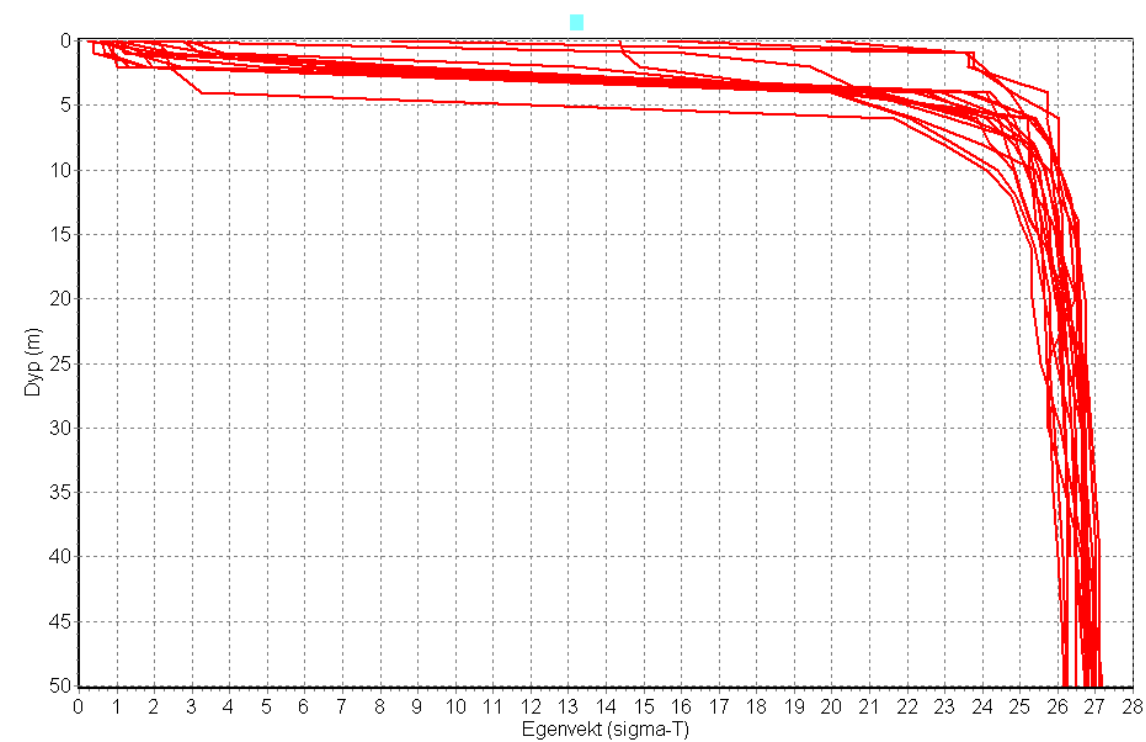
3. Resultater og vurderinger

3.1 Målinger av den vertikale sjiktningen i utslippsområdet

På grunn av varierende ferskvannsavrenning til fjorden og varierende vindforhold (bølger vil bidra til å blande ferskvannet med sjøvann) kan den vertikale tetthetssjiktningen variere mye med tiden.

Figur 6 viser tetthetsprofilen¹ fra de 19 målingene på stasjon SS3 og ved utslippet. Som ventet er variasjonene størst nær overflata og mindre dypere nede. Dette viser at selv for utslipp av en konstant mengde avløpsvann kan innlagringsdyptet variere mye fra gang til gang.

Alle målingene viser et overflatelag med lav egenvekt (i praksis ensbetydende med lav saltholdighet).



Figur 6. Beregning av vannets egenvekt på stasjon SS3 og ved utslippet, som beskrivelse av den vertikale sjiktningen.

¹ Sjøvannets egenvekt er beskrevet ved størrelsen $\sigma_t = (\text{egenvekten} - 1000)$, der egenvekten er oppgitt med enheten kg/m³. Den beregnes på grunnlag av målingene av temperatur og saltholdighet

3.2 Strømforhold i utslippsområdet

For beregninger av avløpsvannets innlagring er det i første rekke strømhastigheten som er utslagsgivende og **Tabell 3** gir en statistisk oversikt for målingene i 8-48 m dyp. For de videre beregningene vil vi bruke:

- Gjennomsnittshastighet
- En lav hastighet (10-persentilen)
- En høy hastighet (90-persentilen)

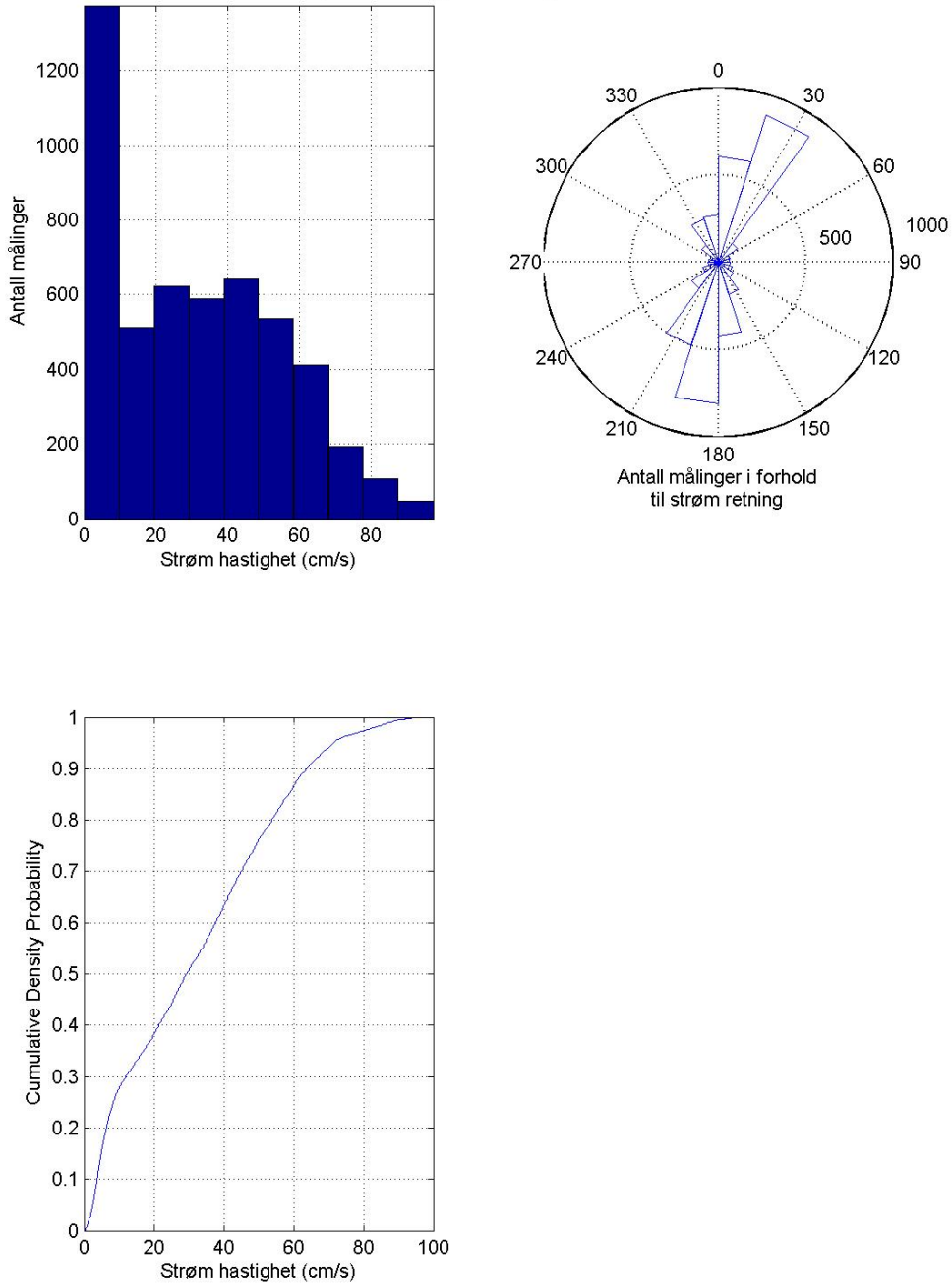
Tabell 3. Statistikk over strømmålingene (som cm/s) i 4 m tykke vannlag fra 8 m til 48 m. Dypene viser midtre dyp i hvert vannlag. Antall målinger i hvert dyp: 5033.

Dyp, m	Hastighet Means	Hastighet Minimum	Hastighet Maximum	Hastighet Q25	Hastighet Median	Hastighet Q75	Percentile 10,00000	Percentile 90,00000
10	4,3	0,0	18,7	2,6	3,9	5,5	1,5	7,4
14	3,9	0,0	25,1	2,3	3,5	5,0	1,4	6,9
18	3,7	0,0	30,1	2,2	3,4	4,8	1,3	6,3
22	3,5	0,0	21,5	2,1	3,3	4,6	1,3	6,3
26	3,4	0,0	27,8	2,0	3,1	4,3	1,2	5,9
30	3,1	0,0	17,2	1,9	2,9	4,0	1,1	5,3
34	2,8	0,0	16,6	1,7	2,7	3,8	1,0	4,9
38	2,7	0,0	11,5	1,6	2,6	3,7	0,9	4,8
42	2,6	0,0	12,9	1,6	2,5	3,5	0,9	4,5
46	2,7	0,0	10,7	1,6	2,5	3,6	1,0	4,6

En mer detaljert oversikt for dypene 6 m, 10 m, 18 m, 26 m, 34 m og 42 m er vist i **Figur 7-Figur 13**, og blir kort kommentert i figurtekstene.

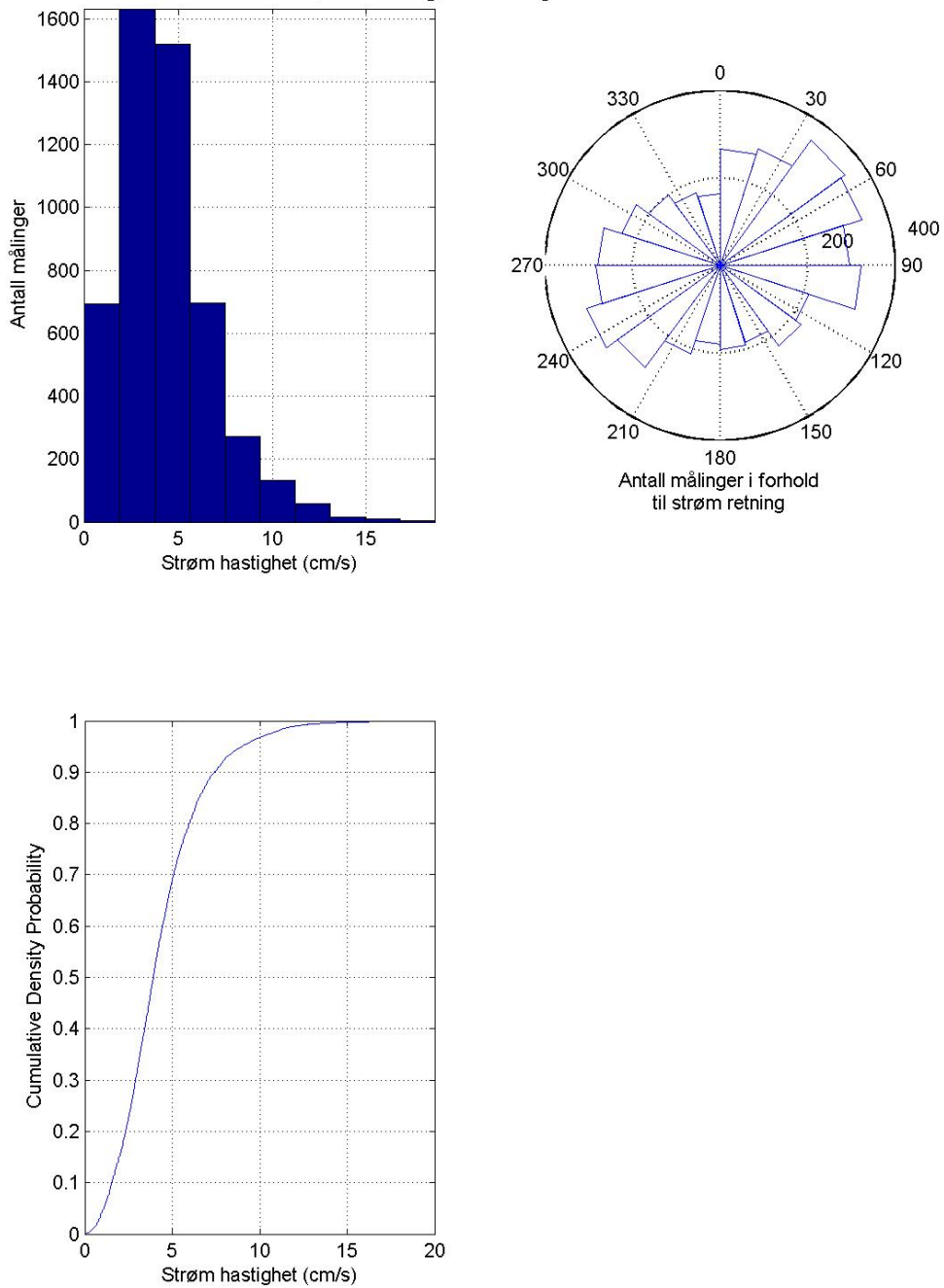
Oppsummert: inntrykket at man i alle dyp har en viss transport av vann i retning munningen av Driva. Skal man unngå påvirkning av elvemunningen (vannkvalitet, biologiske forhold) må derfor avløpsvannet innlagres så dypt at det ikke kommer i kontakt med elvemunningen. Antar vi at bunndypet i munningen er 5-8 m vil det bety at avløpsvannet bør innlagres dypere enn 12-14 m (for å ha en rimelig god margin).

SUNNDAL April/Mai 2009
Strømmålinger ved dybde 6m

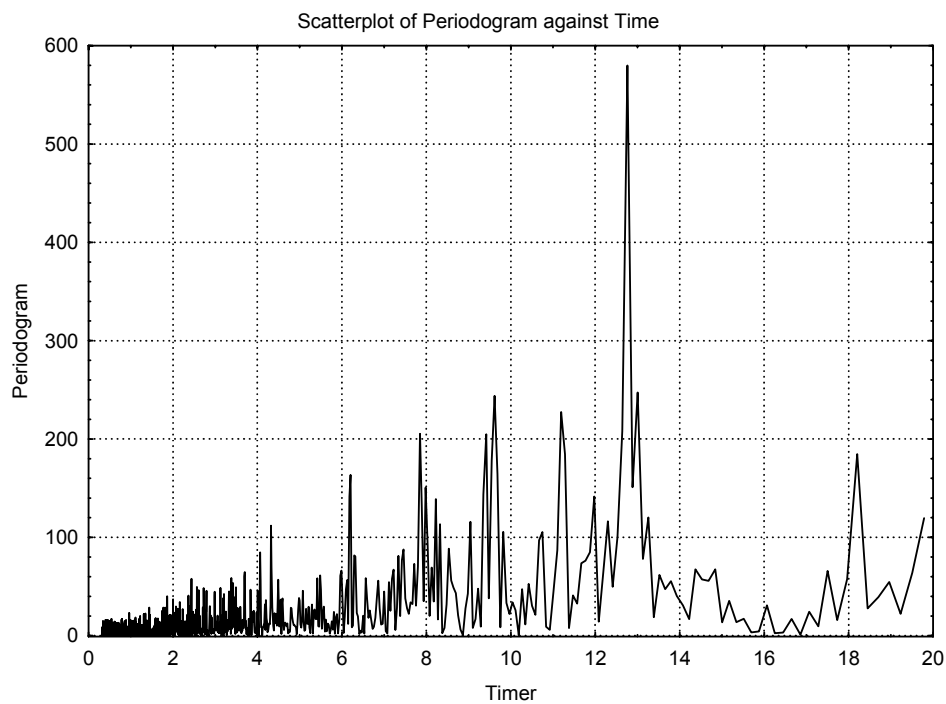
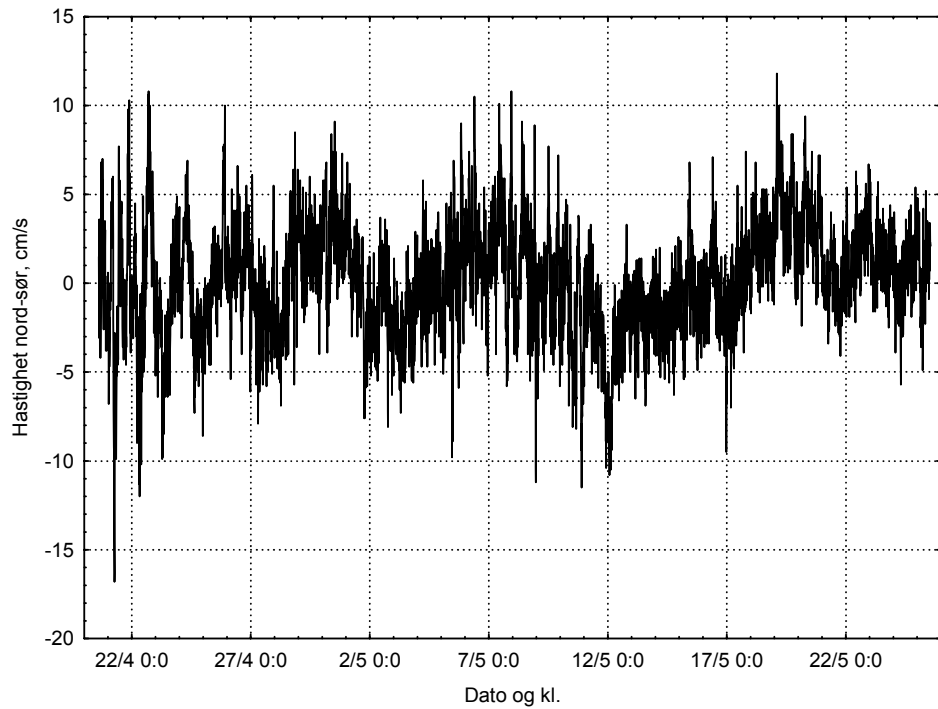


Figur 7. Måling i 6 m (4-8 m) dyp. To hovedretninger (se høyre figur) der den ene er rettet mot munningen av Driva.

SUNNDAL April/Mai 2009
Strømmålinger ved dybde 10m



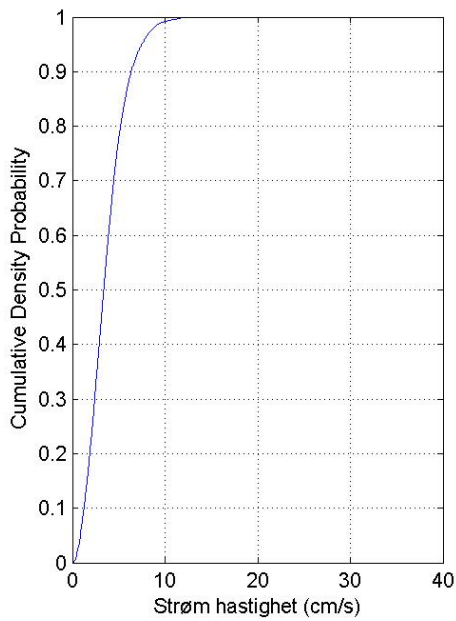
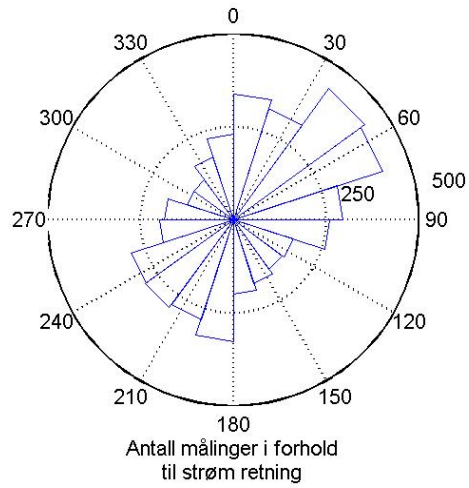
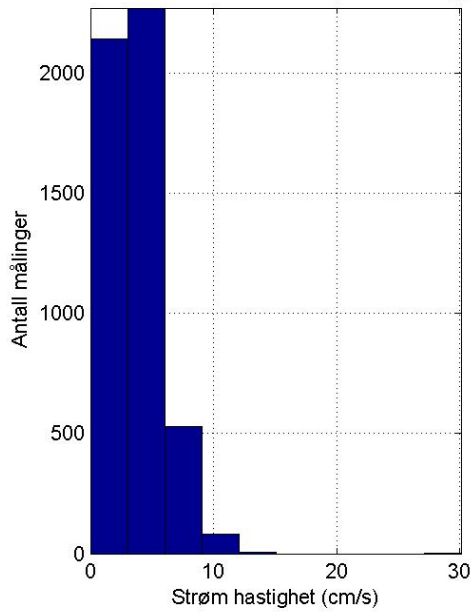
Figur 8. Måling i 10 m (8-12 m) dyp. I forhold til 6 m er strømretningen mer spredt, men med en betydelig andel i retning mot Drivas munningsområde.



Figur 9. Måling i 10 m (8-12 m) dyp. Øverst: strømmens nord-sør komponent i 10 m dyp. Vi ser betydelig variasjoner som har sammenheng med tidevann, vind, lufttrykk og kanskje vannføringen i Driva.

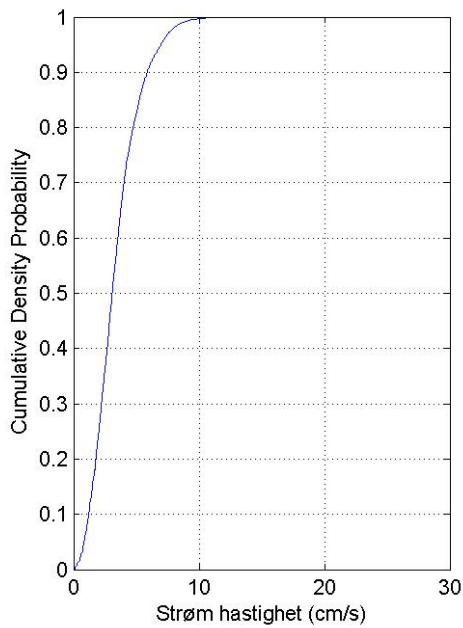
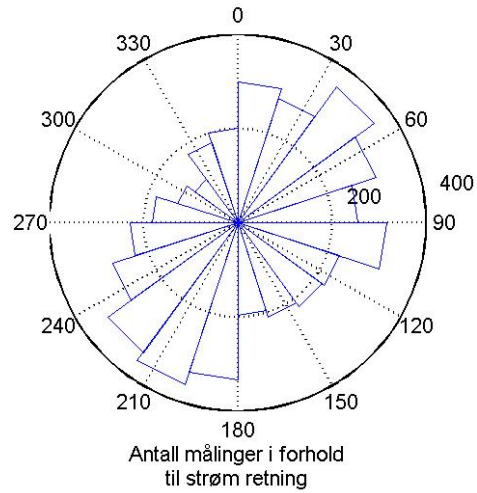
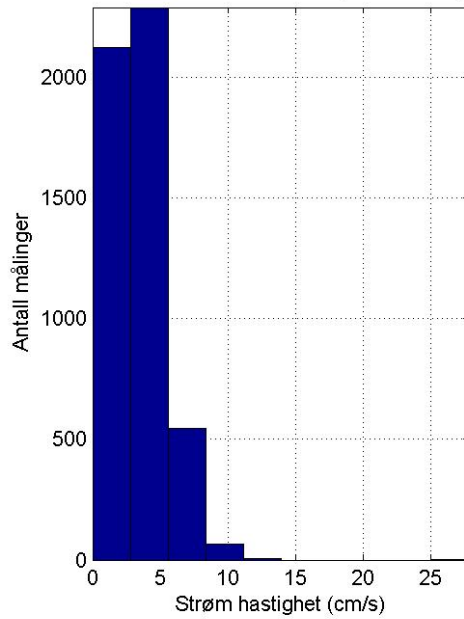
Nederst: figur fra en analyse av periodene i tidsserien fra 10 m dyp. Det halvdaglige tidevannet sees som en tydelig periode på mellom 12 og 13 timer.

SUNNDAL April/Mai 2009
Strømmålinger ved dybde 18m



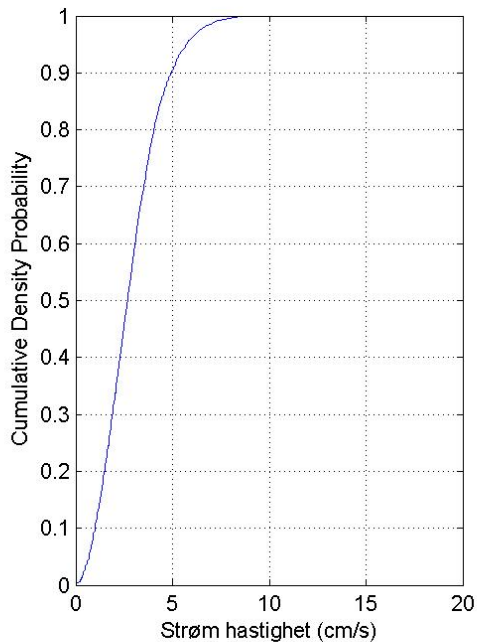
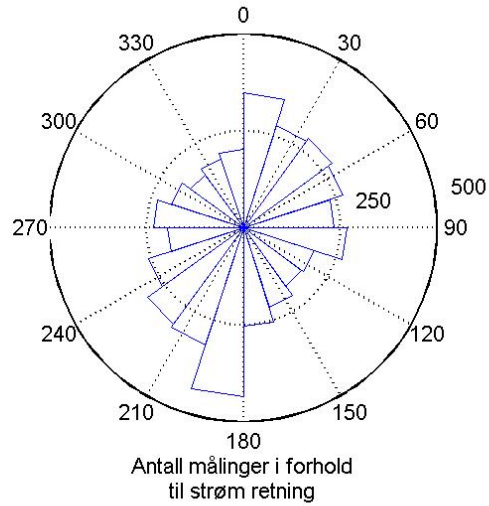
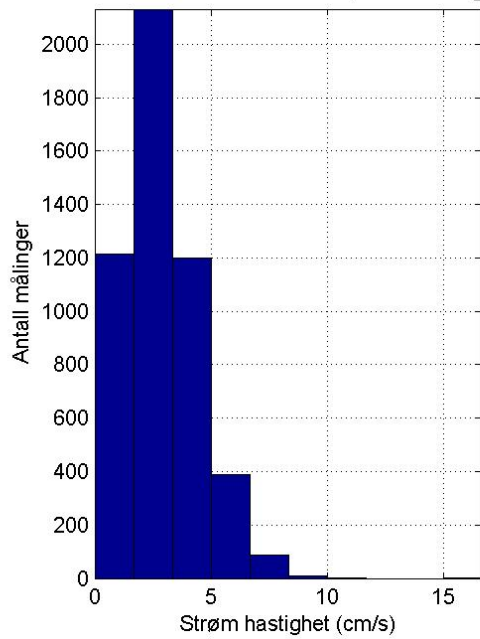
Figur 10. Måling i 18 m (16-20 m) dyp. Her er hovedretningen NØ-SV (se høyre figur), med en betydelig andel i retning mot sørvest. For dypt til at avløpsvann i dette laget kan påvirke elvemunningen.

SUNNDAL April/Mai 2009
Strømmålinger ved dybde 26m



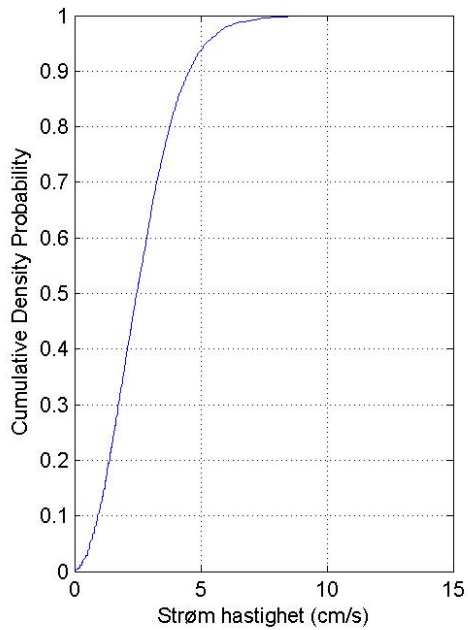
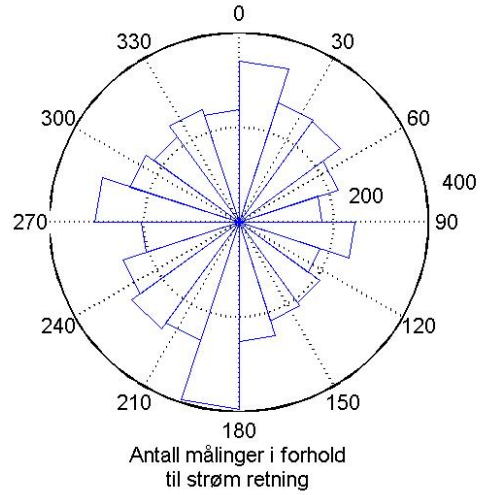
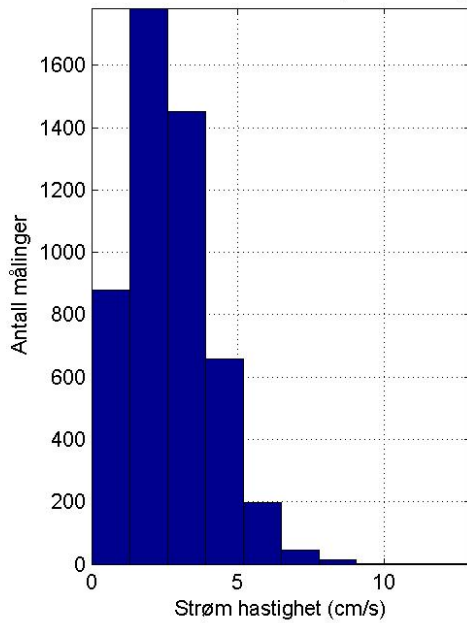
Figur 11. Måling i 26 m (24-28 m) dyp. Her er hovedretningen NØ-SV (se høyre figur), med en betydelig andel i retning mot sørvest. . For dypt til at avløpsvann i dette laget kan påvirke elvemunningen.

SUNNDAL April/Mai 2009
Strømmålinger ved dybde 34m



Figur 12. Måling i 34 m (32-36 m) dyp. Her er strømretningen varierende (se høyre figur), med en betydelig andel i retning mot sør-vest. . For dypt til til avløpsvann i dette laget kan påvirke elvemunningen.

SUNNDAL April/Mai 2009
Strømmålinger ved dybde 42m



Figur 13. Måling i 42 m (40-44 m) dyp. Her er strømretningen varierende (se høyre figur). . For dypt til at avløpsvann i dette laget kan påvirke elvemunningen.

3.3 Beregning av innlagringsdyp for avløpsvannet

Som beskrevet i Kap. 2.1-2.2 tar beregningene av innlagringsdypet utgangspunkt i tre vannmengder, utslipp i 30 m og 40 m dyp – og tre strømhastigheter. Dette gir 18 utslippkombinasjoner som hver er kjørt mot 19 tetthetsprofiler (situasjoner) i fjorden. Samlet sett: 342 beregnede kombinasjoner.

Innledningsvis ble det imidlertid gjort beregninger for dagens utslipp i 23 m dyp, gjennom en ledning som har et endehull med diameter 420 mm, vannmengde 50-100-200 l/s og ved gjennomsnittlig strømhastighet på ca. 3-8 cm/s i resipienten. Resultatet er vist i **Figur 14**. Strålebanene (senterlinjen i ”skyen” med fortynnet avløpsvann) viser hvordan avløpsvannet først stiger og deretter synker noe ned, og vanligvis innlagres mellom ca. 10 m og 14 m dyp (jfr. også **Figur 3**). Både for 100 l/s og 200 l/s vises situasjoner da avløpsvannet innblandes i overflatelaget. Ved lavere strømhastighet vil antall slike situasjoner øke mens antallet avtar ved større hastighet.

Figuren viser resultat fra kombinasjoner av alle vertikallprofiler og alle vannmengder, selv om noen kombinasjoner er mindre sannsynlig enn andre (som stor vannmengde og svak sjiktning i fjorden).

Figur 15 er samme type figur som **Figur 14** og viser resultat for utslipp i 30 m og 40 m dyp. Der er situasjoner da avløpsvannmengden 200 l/s innblandes i overflatelaget, og det samme gjelder for utslipp av 100 l/s i 30 m dyp. For utslipp av 50-100 l/s i 40 m dyp er der ikke innblanding i overflatelaget, men situasjoner der marginene er små.

Figur 16 er samme type figur, men med lav strømhastighet. I forhold til foregående figur gjør lavere strømhastighet at strålebanen blir brattere – fortynningsdistansen mindre – og innlagringen skjer dermed høyere. For begge dyp er der situasjoner da avløpsvannet innblandes i overflatelaget.

Figur 17 er samme type figur, men med høy strømhastighet. Der er situasjoner da avløpsvannmengden 200 l/s innblandes i overflatelaget både for utslipp i 30 m og 40 m dyp. For utslipp av 50-100 l/s er der ikke innblanding i overflatelaget, men situasjoner der marginene er små.

Problemene med gjennomslag til overflatelaget er knyttet til situasjoner med svak vertikal sjiktning, og særlig den 9.5.88. **Figur 18** viser vertikallprofiler for to situasjoner med liten vannføring i Driva, samt den 9.5.88. I sistnevnte situasjon var vannføringen ganske høy – og hadde vært det i en ukes tid, men ferskvannsmengden i fjordvannet under ca. 6 m dyp var svært liten. Langt mindre enn for situasjonene med lav vannføring tidligere på vinteren. Dette er uventet, men kan muligens skyldes at en periode med svært rolige vindforhold har gitt minimal blanding av ferskvann nedover i vannsøylen i Romsdalsfjordens indre del. Alternativet er feil i målingene av temperatur og saltholdighet, men det har vi ikke grunnlag for å avgjøre.

Beregninger for utslipp gjennom en diffusor² i 40 m dyp er vist i **Figur 19**, for de fire mest ”sensitive” situasjonene. Dette gir en dypere innlagring og større fortynning enn utslipp gjennom ett hull, og for gjennomsnittlig strømhastighet innlagres avløpsvannet for alle profiler. Ved den maksimalt ugunstige kombinasjonen av meget svak strømhastighet, stor vannmengde og svak vertikal sjiktning (9.5.88) kan det imidlertid fortsatt bli påvirkning av overflatelaget.

Resultatene for innlagringsberegningene er sammenfattet i **Tabell 4**. Som nevnt er beregningene gjort for alle kombinasjoner av vannmengder og vertikallprofiler, selv om noen kombinasjoner er mindre sannsynlig enn andre. Vi kjenner ikke mengden avløpsvann da målingene i fjorden ble gjort, men Sunndal kommune opplyser at der er stor innlekking i ledningsnettet under perioder med snøsmelting eller regn. Da har Driva som regel stor vannføring og kombinasjonene med utslipp av 200 l/s (mye

² Valg av antall hull og hullenes diameter er gjort etter skjønn, i hovedsak for å illustrere hva som oppnås ved bruk av diffusor.

overvann) og svak sjiktning (lite ferskvann i fjorden) synes lite realistiske – eller i alle fall sjeldne. Da reduseres betydelig sannsynligheten for situasjoner med påvirkning av overflatelaget.

Tabell 4. Resultat for beregninger av innlagringsdyp for de tre vannmengdene, for svak (p10), gjennomsnittlig (Avg) og sterk (p90) strøm og for utslipp gjennom et hull i hhv. 30 m (30-1) og 40 m (40-1) samt diffusor i 40 m dyp (40-12). Tallene angir antall tilfeller med innblanding i overflatelaget.

Dyp, m	Q=50 l/s			Q=100 l/s			Q=200 l/s		
	Svak	Avg	Sterk	Svak	Avg	Sterk	Svak	Avg	Sterk
30-1	2	0	0	3	2	1	3	3	3
40-1	1	0	0	1	0	0	3	2	1
40-12				0	0		1	0	

I tillegg kan man ta i betraktning at hvis/når det opptrer situasjoner da avløpsvann stiger så høyt at det blandes inn i overflatelaget, så vil dette sannsynligvis i liten grad påvirke tilstanden i selve munningen av Driva:

- Som vist ovenfor vil slike situasjoner inntreffe (meget) sjelden
- Beregninger av fortykning viser at når avløpsvannet stiger så høyt at det innblandes i overflatelaget vil fortykningen være 270-280x når dette skjer. Hvis vannmassen deretter følger med strømmen inn mot munningen av Driva (distanse ca. 1200 m) vil fortykningen med sjøvann og brakkvann øke og komme opp til 1000-4000x. Dette kan merkes på den hygieniske vannkvaliteten, men ikke i forhold til konsentrasjon av nitrogen, fosfor eller evt. organisk stoff. I tillegg er det sannsynlig at når vannmassen med fortyknet avløpsvann nærmer seg munningsområdet vil utstrømmingen av ellevann til overflatelaget vil føre avløpsvannet bort fra elvemunningen. Jevnfør sitatet i ramme nedenfor (fra side 17 i Molvær 1990a) og Figur 4.

Overflatestrømmen på fjordens vestsida (st. SS1, fig. 2.3) – utenfor munningen av Driva og Litledalselva var i hovedsak rettet ut fjorden. Midlere hastighet var høy, typisk 10-20 cm/s.

På fjordens østsida (st. SS2, fig. 2.3) var strømmen langt svakere (middel 5-10 cm/s) og retningen mer variabel. Men hovedtransporten var rettet mot sørvest, dvs. i retning munningen av Driva og Litledalselva.

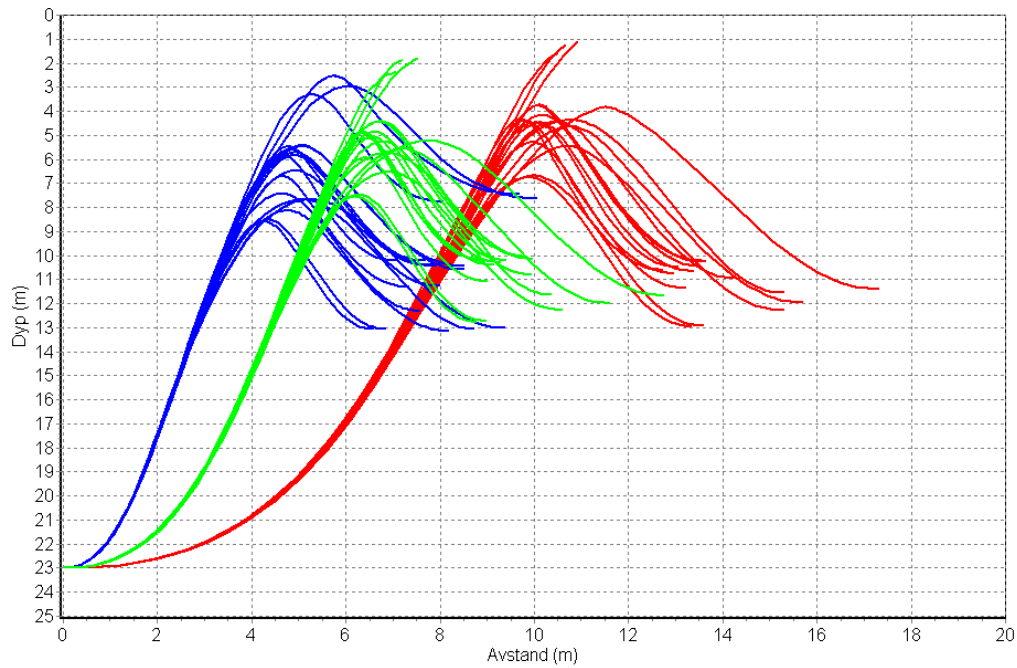
Sett i forhold til

- vårt mål om at avløpsvannet ikke bør innlagres høyere enn ca. 10-15 m dyp
- at en må legge vekt på resultatet for liten strømhastighet

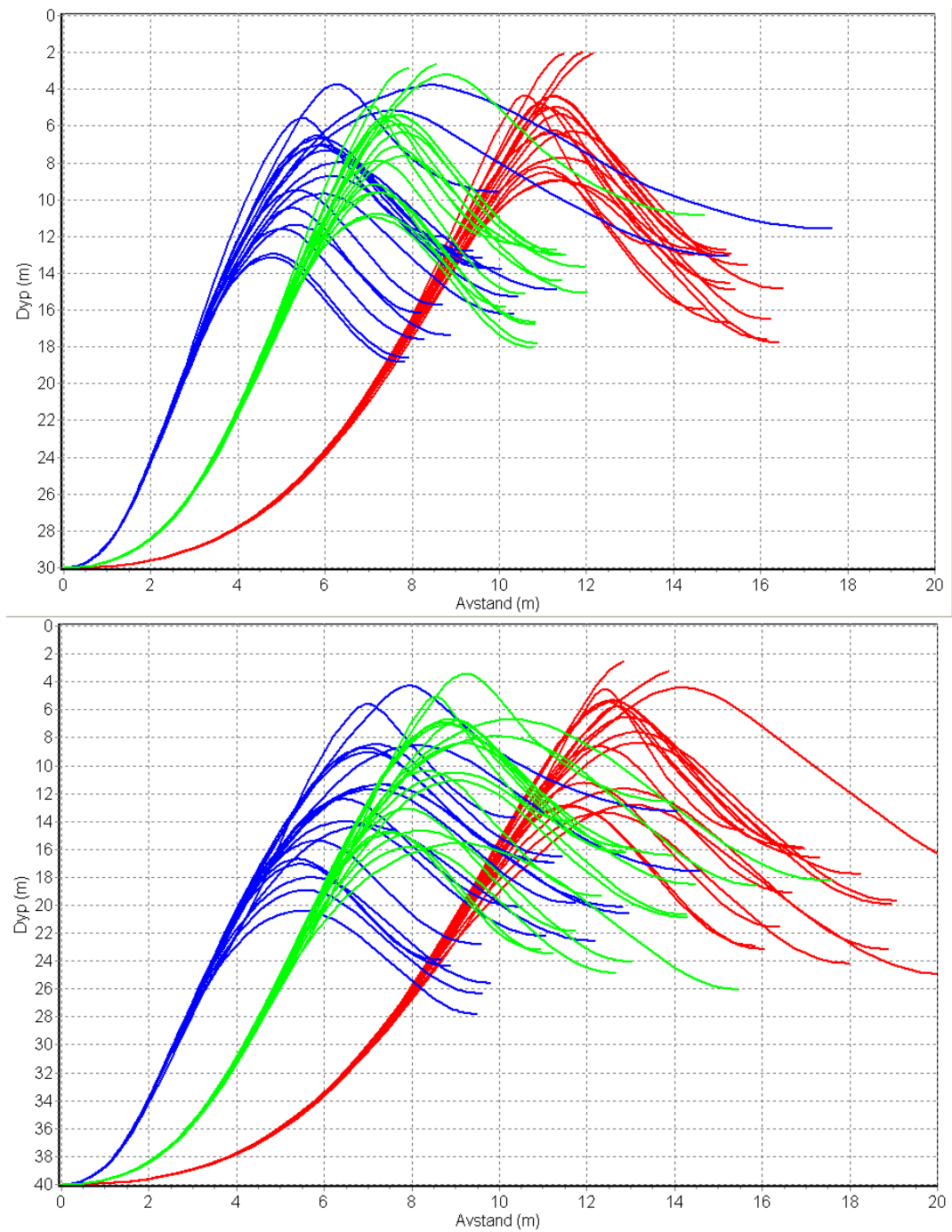
viser resultatene at man selv for utslipp i 40 m dyp har kombinasjoner av stor vannmengde og svak vertikal sjiktning da målet ikke oppnås. Eneste mulighet for innlagring er da en diffusor med mange og små hull.

Situasjoner med store vannmengde (som 200 l/s) er resultat av stor innlekking i ledningsnettet i perioder nedbør eller snøsmelting, som også medfører stor vannføring i Driva. En bør dermed gå ut fra at kombinasjonen svak vertikal sjiktning (lite ferskvann) i fjorden og svært stor vannmengde i ledningsnettet forekommer meget sjelden. Dette gir rimelig sikkerhet for at en løsning med diffusor vil fungere godt.

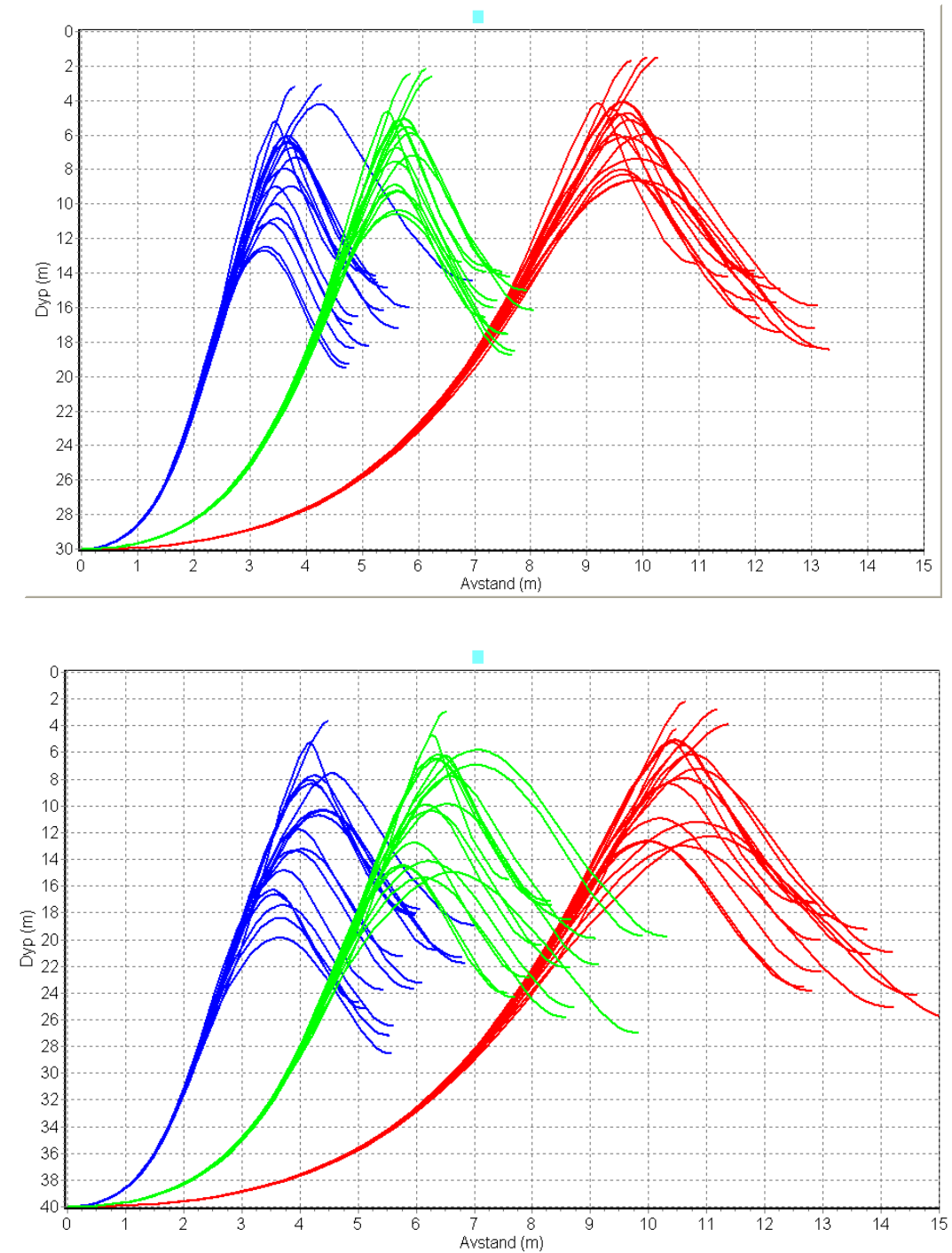
For den kombinasjonen som gjennomgående gir påvirkning av overflatelaget er det lite sannsynlig at man ville registrere annet enn forringet hygienisk vannkvalitet hvis avløpsvannet føres med strømmen inn mot Drivas munningsområde.



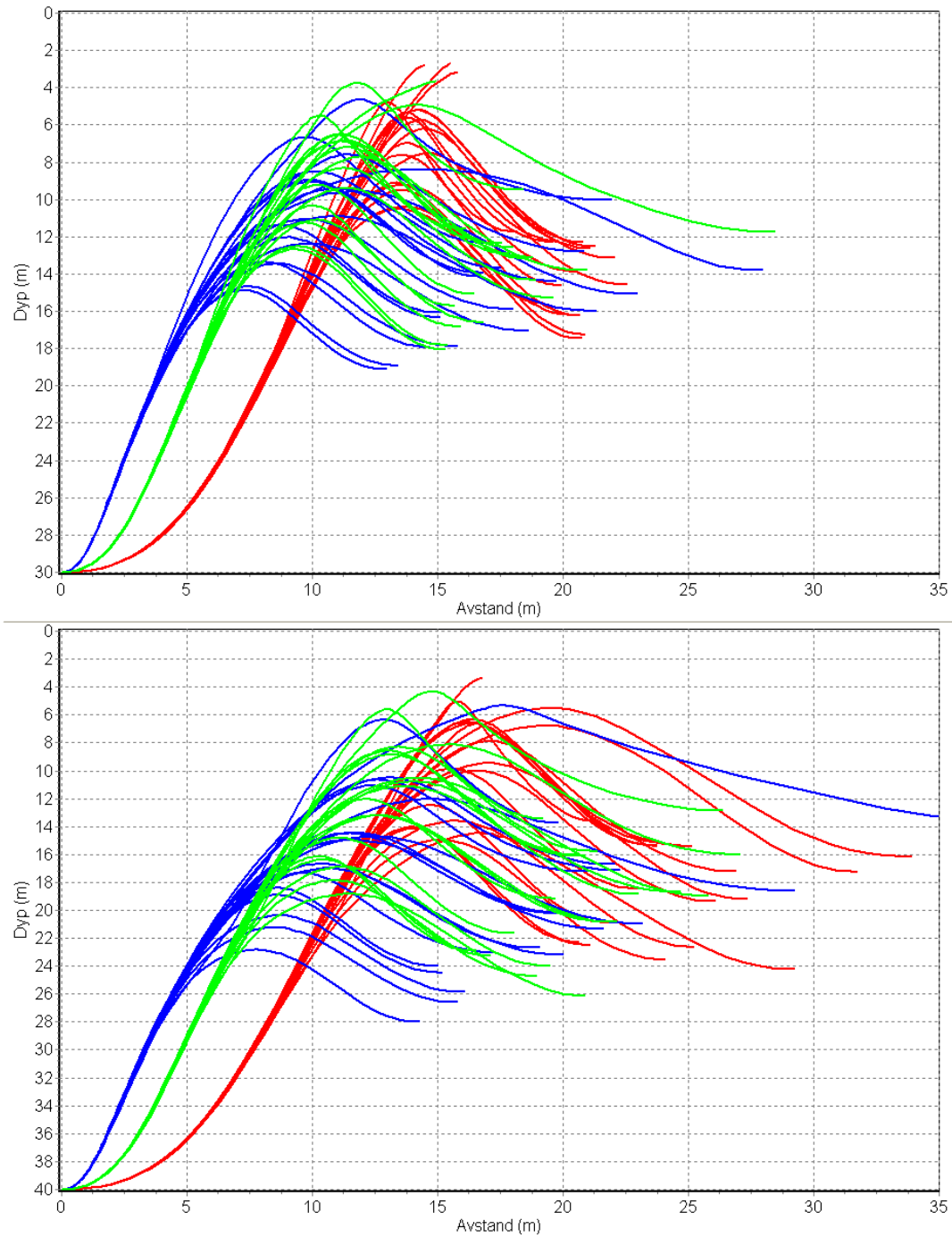
Figur 14. Innlagringsdyp for dagens utlipp i 23 m dyp når vannmengden er 50 l/s (blå linjer), 100l/s (grønne linjer) og 200 l/s (røde linjer) og gjennomsnittlig strømhastighet. Figuren viser "strålebanene" for de 19 vertikalprofilene. Ved vannmengde 100-200 l/s blir avløpsvannet innblandet i overflatelaget.



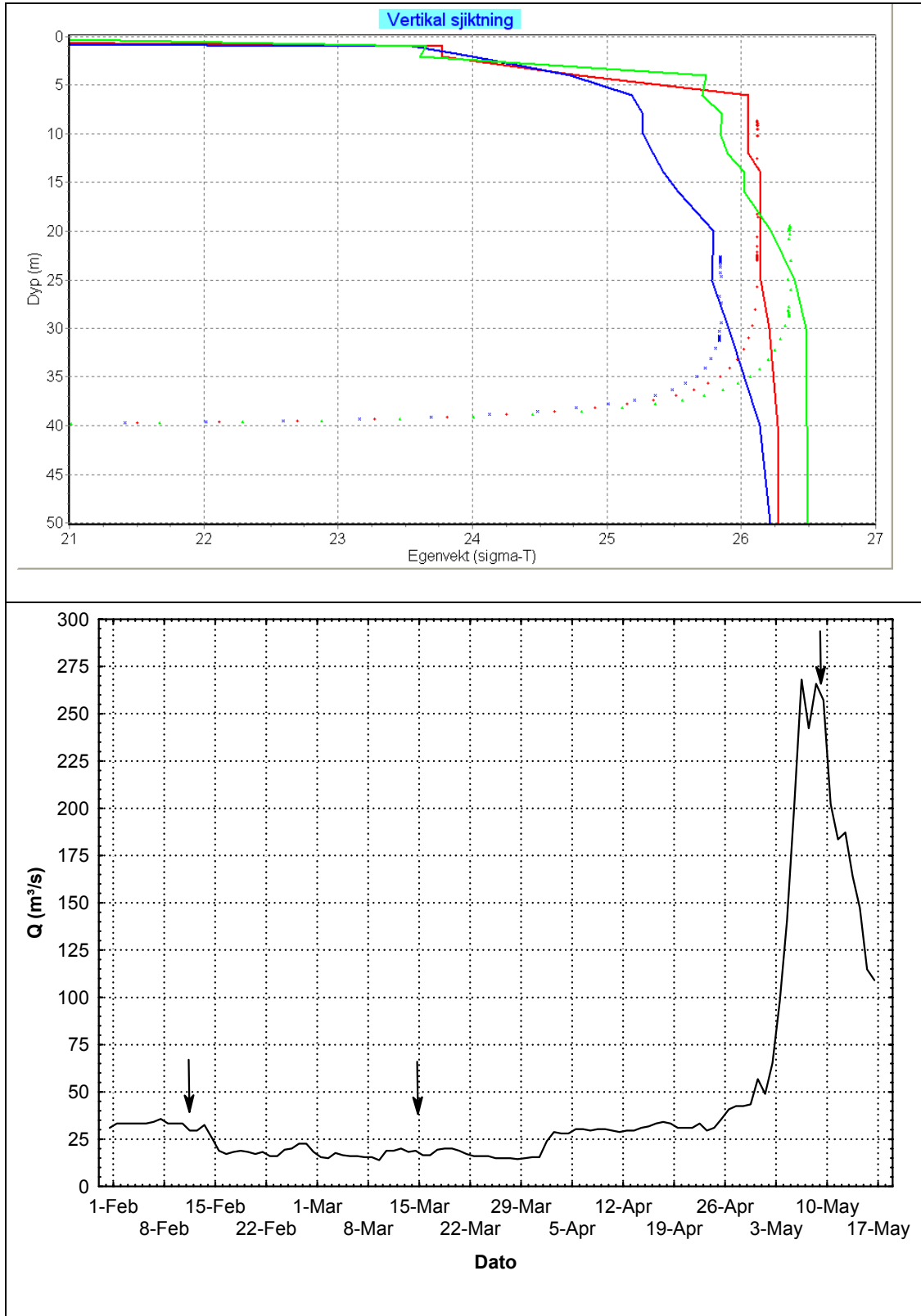
Figur 15. Innlagringsdyp ved utslipp i 30 m dyp (øverst) og 40 m dyp (nederst) når vannmengden er 50 l/s (blå linjer), 100 l/s (grønne linjer) og 200 l/s (røde linjer) og gjennomsnittlig strømhastighet. Figuren viser "strålebanene" for de 19 vertikallprofilene. Der er situasjoner da avløpsvannmengden 200 l/s innblandes i overflatelaget, og det samme gjelder utslipp av 100 l/s i 30 m dyp. For utslipp av 50-100 l/s i 40 m dyp er der ikke innblanding i overflatelaget, men situasjoner der marginene er små.



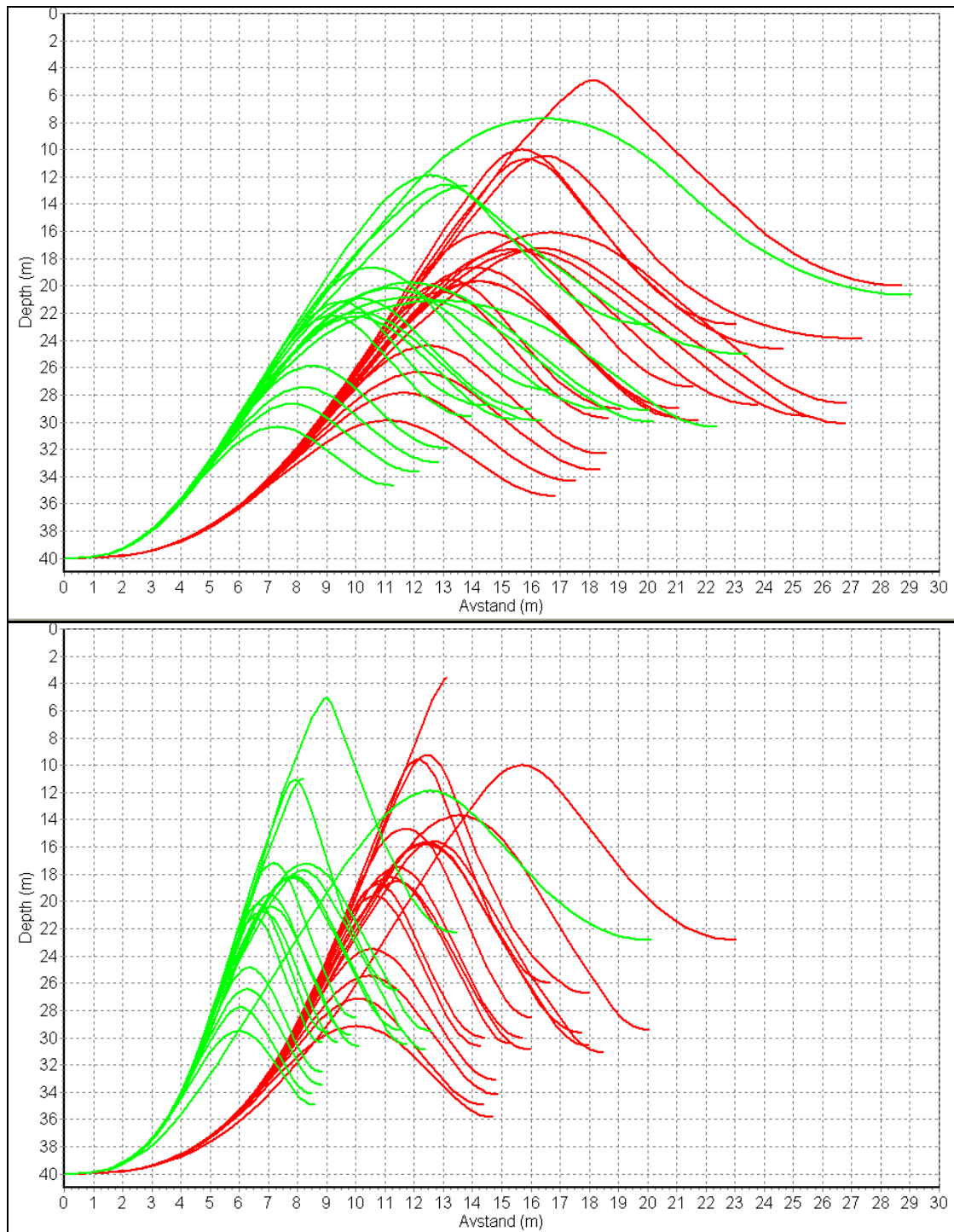
Figur 16. Innlagringsdyp ved utlipp i 30 m dyp øverst) og 40 m dyp (nederst) når vannmengden er 50 l/s (blå linjer), 100 l/s (grønne linjer) og 200 l/s (røde linjer) og 10-percentilen av strømhastighet. Figuren viser "strålebanene" for de 20 vertikallprofilene. For begge dyp er der situasjoner da avløpsvannet innblandes i overflatelaget.



Figur 17. Innlagringsdyp ved utslipp i 30 m dyp (øverst) og 40 m dyp (nederst) når vannmengden er 50 l/s (blå linjer), 100 l/s (grønne linjer) og 200 l/s (røde linjer) og 90-percentilen av strømhastighet. Figuren viser "strålebanene" for de 19 vertikallprofilene. Der er situasjoner da avløpsvannmengden 200 l/s innblandes i overflatelaget både for utslipp i 30 m og 40 m dyp. For utslipp av 50-100 l/s er der ikke innblanding i overflatelaget, men situasjoner der marginene er små.



Figur 18. Øverst: De tre tetthetsprofilene som representerer situasjoner med liten vannføring i Driva: 11.2.88 (blå kurve), 15.3.88 (grønn kurve) og 9.5.88 (rød kurve). Nederst: vannføringen i Driva. Vertikale piler viser de tre tidspunktene.



Figur 19. Innlagringsdyp ved utslipp i 40 m dyp gjennom en diffusor med 12 hull med diameter 8 cm og innbyrdes avstand 3 m. Vannmengde: 100 l/s (grønne kurver) og 200 l/s (røde kurver). Øverst: Gjennomsnittlig strømhastighet. Nederst: lav strømhastighet (10-persentilen)

4. 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 Division, U.S. Environmental Protection Agency, Athens Georgia, USA.

Molvær, J., 1990a. Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal, 1986-88. Delrapport 6. Vannutskiftning og vannkvalitet. Overvåkingsrapport nr. 382/89. NIVA-rapport nr. 2406-1990. 45 sider.

Molvær, J., 1990b. Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal, 1986-88. Konklusjoner. Overvåkingsrapport nr. 409/90. NIVA-rapport nr. 2425-1990. 27 sider.

Molvær, J., Velvin, R., Berg, I., Finnesand, T. og Bratli, J.L., 2002. EUs Avløpsdirektiv - Veileder i planlegging, gjennomføring og rapportering av resipientundersøkelser i fjorder og kystfarvann. SFT-rapport. TA-nr.1890/2002. 47 sider.

Molvær, J. og Velvin, R., 2004. EUs avløpsdirektiv. Hva er en elvemunning? VANN Vol.1/04

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