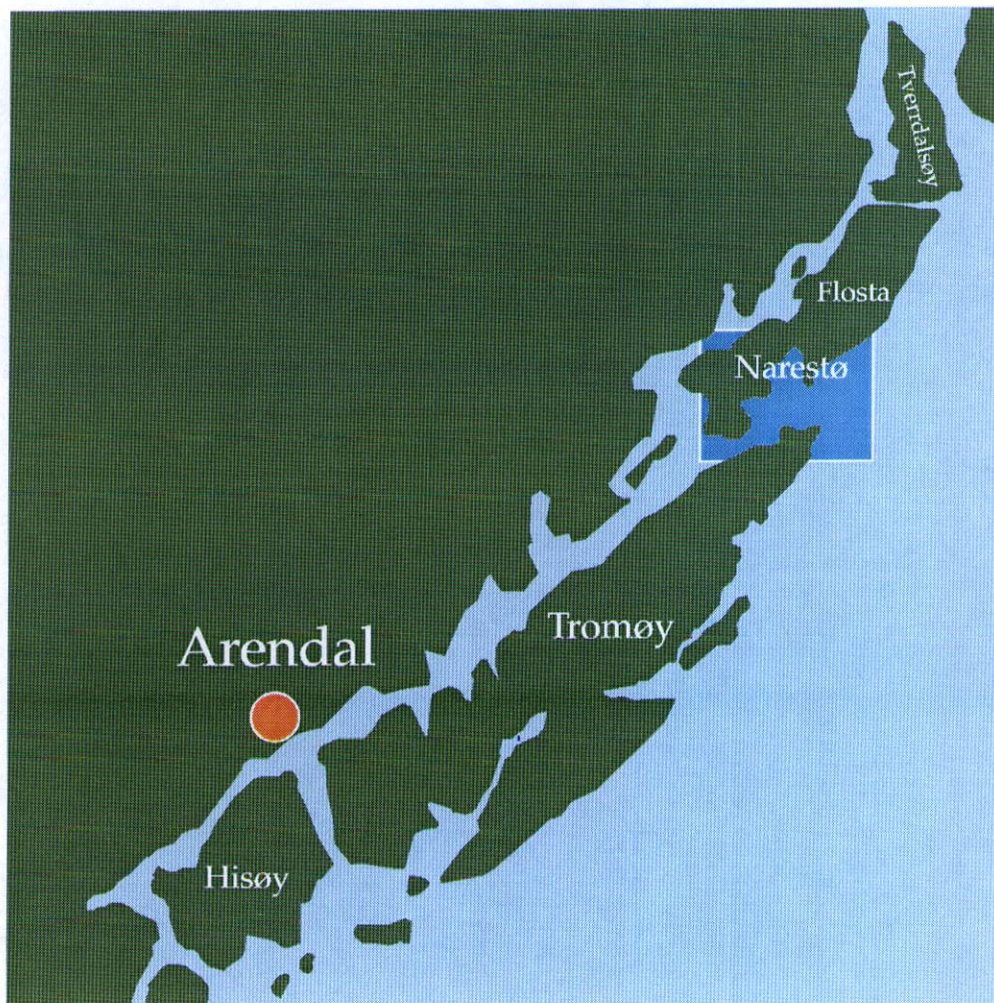


RAPPORT LNR 3721-97

Undersøkelse av resipientforholdene ved Narestø, Arendal kommune



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

Søndre Tollbugate 3
9000 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Undersøkelse av resipientforholdene ved Narestø, Arendal kommune	Løpenr. (for bestilling) 3721-97	Dato 15.10.97
	Prosjektnr. Undernr. O-96213	Sider Pris 65 100,-
Forfatter(e) Jacobsen, Tone Golmen, Lars Nygaard, Einar Oug, Eivind	Fagområde Marin eutrofi	Distribusjon
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Arendal kommune	Oppdragsreferanse
-------------------------------------	-------------------

Sammendrag

Rapporten beskriver resipientforholdene i Narestøfjorden, og vurderer mulige konsekvenser av økning i det kommunale utslippet fra 70 pe til 3340 pe. Det er gjort undersøkelser av hydrografi (temperatur og saltholdighet), næringssalter, strøm, gruntvannsorganismer og bløtbunnsfauna. Videre er det foretatt beregninger av innlagringsdyp og fortynningsgrad ved ulike utslippsmengder og -dyp. Resultatene viste god vannutskiftning i overflatelaget ned til ca. 10 meter (oppholdstid 3-4 timer). Bunnvannet var ikke stagnerende, men hadde en noe lengre oppholdtid enn overflatevannet, ca. 1-2 døgn. Det var ingen tegn til effekter av dagens utslipp på strandsonen eller bløtbunnsfaunaen. Selv om det var mindre vannutskiftning i dypvannet, anbefales en utslippsløsning med utslippsdyp på 36 m, rørdiameter 150 mm og Y-formet ende-rør for det nye utslippet. Utslippes vil da innlagres i ca. 22 meters dyp, og det vil være liten sannsynlighet for gjennomslag til overflaten. Overflatevannet har i utgangspunktet noe høytt næringsinnhold.

Fire norske emneord 1. Resipientvurdering 2. Avløpsvann 3. Hydrografi- og strømforhold 4. Biologi	Fire engelske emneord 1. Resipient 2. Waste water 3. Hydrography 4. Biology
---	---



Tone Jacobsen
Prosjektleder

ISBN 82-577-3289-3



Bjørn Braaten
Forsknings sjef

O-96213

Undersøkelse av resipientforholdene ved Narestø,
Arendal kommune

Prosjektleder: Tone Jacobsen
Medarbeidere: Lars Golmen
Einar Nygaard
Eivind Oug
Tore Sørvåg
Jarle Håvardstun

Forord

Avløpsvann fra områdene rundt Gartha, Strengereid, Flosta og Kilsund skal samles, og renses i mekanisk-kjemisk renseanlegg før utslipp til sjøen. I forbindelse med valg av utslippssted- og løsninger fikk NIVA i oppdrag å undersøke det eksisterende utslippsstedet ved Narestø med tanke på plassering av utløpet her. Et første forslag til undersøkelsesprogram for Narestø ble oversendt Arendal kommune, teknisk etat den 20.6.96. Forslaget ble diskutert i møte med Per Barth Svendsen (VAR-avd) og Erik Andreassen (miljøvernrådgiver) den 14.8.96, og det endelige prosjektforslaget forelå 22.08.96. Kontaktperson i prosjektiden har vært Per Barth Svendsen.

Prosjektet har vært gjennomført med god hjelp fra kommunen, og vi takker herved Arne Christen Bentzen ved teknisk etat for innsamling av hydrografidata.

Strømmåleren ble satt ut fra 'G.M. Dannevig'. Fisker Arnstein Støleffell stilte med båt da strømmåleren skulle opp. Vi takker for velvillig hjelp.

Ved NIVA har følgende personer deltatt:

<i>Tone Jacobsen</i>	<i>Prosjektleder. Innsamling, identifisering og rapportering av gruntvannssamfunn.</i>
<i>Lars Golmen og Einar Nygaard</i>	<i>Bearbeiding av hydrografidata, utslippsberegninger. Rapportering.</i>
<i>Eivind Oug</i>	<i>Identifisering og rapportering av bunnfauna</i>
<i>Tore Sørvalg</i>	<i>Innsamling av biologiske prøver</i>
<i>Jarle Håvardstun</i>	<i>Sortering av bunnprøver</i>

Grimstad, 15.oktober 1997

Tone Jacobsen

Innhold

Sammendrag og konklusjoner	5
1. INNLEDNING	7
1.1 OMRÅDEBESKRIVELSE	7
1.2 FORMÅL OG UNDERSØKELSESPROGRAM	10
1.3 TIDLIGERE UNDERSØKELSER	11
2. BESKRIVELSE AV HYDROGRAFISKE FORHOLD OG STRØM	12
2.1 METODER	12
2.1.1 Temperatur, salinitet og næringssalter	12
2.1.2 Strømmålinger	12
2.2 RESULTATER	14
2.2.1 Næringssalter	14
2.2.2 Temperatur og salinitet	15
2.2.3 Strømforhold	17
3. VANNUTSKIFTNING, INNLAGRINGSDYP OG FORTYNNINGSGRAD	20
3.1 VANNUTSKIFTNING	20
3.2 INNLAGRINGSDYP OG FORTYNNING	21
3.2.1 Modellverktøy	21
3.2.2 Resultater	21
3.3 VURDERINGER	23
4. GRUNTVANNSORGANISMER OG BLØTBUNNSFAUNA	25
4.1 METODER	25
4.1.1 Stasjoner og prøvetaking	25
4.1.2 Fauna-analyser	26
4.2 RESULTATER	27
4.2.1 Strandsone	27
4.2.2 Bløtbunn	31
5. REFERANSER	35
 VEDLEGG	

Sammendrag og konklusjoner

Formålet med den foreliggende undersøkelsen har vært å vurdere om Narestøfjorden er egnet som resipient for et framtidig utslipp på 3340 pe. Utslipet vil bli kjemisk rensert før utslipp til sjøen. I dag er denne utslippsmengden fordelt på flere avløp i den østre delen av kommunen, bl.a ved Strengereid og Kilsund. Utslippene er ikke rensert. Dagens utslipp til Narestøfjorden omfatter et kommunalt utslipp på 70 pe (25 meters dyp) samt spredte utslipp på tilsammen 130 pe. Av de spredte utslippene har 60 pe utslipp til indre del av fjorden (innenfor Helgetangen-Skinnefeltangen) og 70 pe til Dal.

Den foreliggende undersøkelsen omfatter en vurdering av strøm, vannutskiftning, avløpsvannets innlagringsdyp og fortynningsgrad. Undersøkelsen har også omfattet enkle biologiske undersøkelser som beskriver dagens miljøtilstand på grunt og dypt vann. Undersøkelsen omfatter kun Narestøfjorden.

Hydrografiske målinger (temperatur og salinitet) fra september 1996 til januar 1997 viste tydelig lagdeling av vannmassene ved de fleste måletidspunktene. Unntaket var i november hvor sjiktningen var svak, noe som kan gi vilkår for at man i enkelte perioder kan få gjennomslag av avløpsvann til overflaten. I vannmasser med tydelig lagdeling vil avløpsvannet bli liggende under et lettere, mindre salt overflatelag. Det var målbare endringer mellom hvert måletidspunkt som tilsier at vannet i Narestøfjorden er i stadig utskiftning.

Vannmassene ned til 20m dyp hadde stort sett lave *konsentrasjoner av næringsalter* om sommeren, men høye verdier av totalfosfor og nitrat om vinteren. Også tidligere er det målt enkelte høye vinterkonsentrasjoner i Narestø, og resultatene indikerer at overflatelaget kan til tider være i tilstandsklasse III-IV ("Mindre god"- "Dårlig").

Strømdata fra 28. november 1996 til 15. januar 1997 viste at vannmassene ned til ca. 10 meter hadde god strøm og kort midlere oppholdstid (3-4 timer). I vannlagene fra 14 meter og dypere ble strømmen svak og oppholdstiden betydelig lenger (1-2 døgn).

Beregninger av innlagringsdyp og primærfortynning viste at dagens utslipp innlagres i ca 14 meters dyp med fortynningsgrad på 30-60 ganger (gjennomsnitt for ulike hydrografiske forhold). Under enkelte hydrografiske forhold høst og vinter er det opptrenging av avløpsvann til overflaten. Økning i utslippsmengden til 9,7 l/s (framtidige utslippsmengde) vil gi grunnere innlagring og mindre fortynning med den eksisterende utslippsløsningen. Med grunnere innlagring vil det også være oftere gjennomslag til overflaten.

Framtidig innlagringsdyp og fortynningsgrad ble beregnet for 21 ulike situasjoner hvor både rørdiameter, utslippsdyp og utslippsmengder ble variert. Modellberegningene viste at dypeste innlagring for et utslipp på 9,7 l/s ble oppnådd med 150 mm rørledning og utslipp på 35 meters dyp. Midlere innlagring rundt 10 meters dyp kan bli oppnådd med 110 mm rørledning og 20 meters utslippsdyp.

Etter innlagring og fortynning av avløpsvannet vil utslippet på 3340 pe kun gi moderate konsentrasjonsøkninger i vannmassene ($< 1 \mu\text{g/l}$ for fosfor og $< 20 \mu\text{g/l}$ for nitrogen). Økningen vil ikke ha innvirkning på tilstandsklassen.

Fastsittende alger og dyr i strandsonen ble undersøkt på 6 lokaliteter den 19. september 1996. På vestsiden av fjorden var strandsonen preget av vinterens isskuring, som medførte et noe unormalt organismesamfunn på disse stasjonene (tette belter av strandtagl i øvre del av fjæra). På østsiden av fjorden var det ingen tydelige tegn til isskuring, men alle stasjonene hadde et noe mindre artsantall

enn tilsvarende stasjoner i regionen. Dette kan både være effekter av ekstra lav vintertemperatur året før, og at stasjonene ble undersøkt noe senere på året enn tidligere undersøkelser. Strandsamfunnet var noe preget av påvekstalger, spesielt på østsiden av fjorden (Nordstrand, Breivik). Ellers var stasjonene upåvirket og friske.

Bløtbunnsfaunaen rundt utslippet var ikke påvirket, og hadde friske sedimenter med lavt organisk innhold. På østsiden av fjorden (Breivik) var sedimentene og bunnfaunaen preget av noe organisk påvirkning. Sedimentanalysene (C/N forholdet) indikerte at det var særlige tilførsler av nitrogen i området.

Konklusjoner

Undersøkelsen viser at vannutskiftningen i Narestøfjorden er god, spesielt i øvre vannlag (ned til 10 meters dyp). På dypere vann ble det målt mindre strøm, men bunnprøver fra 30 meters dyp viste likevel tegn til strømpåvirkning.

Enkelte høye næringssaltmålinger indikerte relativt dårlig tilstand i overflatelaget, spesielt om vinteren. Tilstanden kan trolig tilskrives den generelle tilstanden i området, og ikke effekter fra utslippene til Narestøfjorden. *Bløtbunnsfaunaen* i dypområdet og algevegetasjonen på grunt vann var stort sett normal, men bar tegn til noe organisk anrikning i østre del av området. Dette kan skyldes oppsamling av organisk materiale fra fjordens naturlige produksjon, men det kan også tenkes at enkelte utslipp bidrar til denne oppsamlingen. Det kan likevel konkluderes med at tilstanden i organismesamfunnene er god.

Selv om det er mindre strøm og vannutskiftning på dypere vann i Narestøfjorden, vil vi anbefale at ved en eventuell økning i utslippsmengden, bør utslippet innlagres så dypt som mulig. Det minker faren for gjennomslag til overflaten og eventuelle negative effekter på badevann og strandsoner. Overflatevannet har i utgangspunktet noe høyt næringsinnhold, og bør ikke økes. Den beste utslippsløsningen av de vurderte alternativene, er utslipp i 35 meters dyp og 150 mm røråpning, fortrinnsvis med Y-formet ende. Middel innlagringsdyp vil da være ca. 22 meter.

Ethvert utslipp av avløpsvann vil medføre visse negative effekter. Dette gjelder spesielt nær utslippsstedet hvor man får utsynking av partikler og dermed forringelse av bunnforholdene. Dette vil også gjelde Narestøfjorden. Våre beregninger viser imidlertid at økningen i næringssaltkonsentrasjoner etter innlagring og fortynning vil være liten, og vi kan ikke se at fjorden er uegnet for de nye utslippsmengdene forutsatt at utslippet blir renset.

1. INNLEDNING

1.1 OMRÅDEBESKRIVELSE

Området

Tettstedet Narestø ligger i den østlige delen av Arendal kommune. Det er flere friområder/skjærgårdsparker i områdene rundt Narestø (Buøy, Skinnfellen), og sjøområdet blir mye brukt av både fritids-/yrkesfiskere og båtturister. Narestøfjorden er i realiteten en stor vik, ca. 500 meter bred og sørlig vendt. Området har ingen tydelige terskler som avgrenser vannmassene fra Tromøysund. Bunnen skråner jevnt ned til ca. 70 meters dyp i Tromøysund, og det er god forbindelse med ytre kyst. Det er ingen større elver som munner ut i fjorden. Kart over området er vist i Figur 1.

Tilførsler av næringsalter

Et kommunalt utslipp på ca. 70 pe (personekvivalenter) blir ført til 25 meters dyp i Narestøfjorden, ca. 150 meter sørøst for Skibeholmen i vestlige del av fjorden. Utslippsledningen er 546 meter lang, og er uten diffusor. Utslippsvannet blir pumpet via en ledning med kapasitet på 5 liter pr. sekund. Pumpa går totalt en time i døgnet, slik at det midlere utslippet over døgnet er 0,2 l/s (Arendal kommune). Utslippsmengdene er vist i Tabell 1 og Tabell 2.

I tillegg er det spredte direkteutslipp på tilsammen 130 pe i hele Narestøområdet. Av disse kommer 60 pe ut i den indre delen av Narestøfjorden (nord for Helgetangen-Skinnfelltangen). De resterende 70 pe kommer ut i Dal.

De naturlige tilførslene av fosfor (fra avrenning fra land o.l.) utgjør kun en liten del av totalmengden. Avrenningen av nitrogen er større, og utgjør en like stor del som det kommunale utslippet. De naturlige tilførslene er beregnet fra avrenningskart fra NVE og avrenningsareal (1.2 km²).

Framtidige utslipp

I forbindelse med kommunens saneringsarbeid er det planlagt å flytte alle større utslipp i den østlige delen av kommunen til Narestø, samtidig som renseanlegg skal bygges. Den framtidige belastningen på Narestøfjorden er beregnet til 3340 pe i år 2020. Kommunen har oppgitt rensegraden til 90% for fosfor, 20% for nitrogen, og 70% for organisk materiale. Omleggingen vil medføre en økning på 20 ganger i nitrogenutslippene, 2,3 ganger økning i fosforutslipp og nærmere 8 ganger økning i utslipp av organisk stoff til Narestøfjorden (Tabell 2).

Det er oppgitt følgende tall for framtidig vannfluks:

Midlere fluks:	9,7 l/s
Dimensjonerende fluks:	14,0 l/s
Maksimal fluks:	21,0 l/s

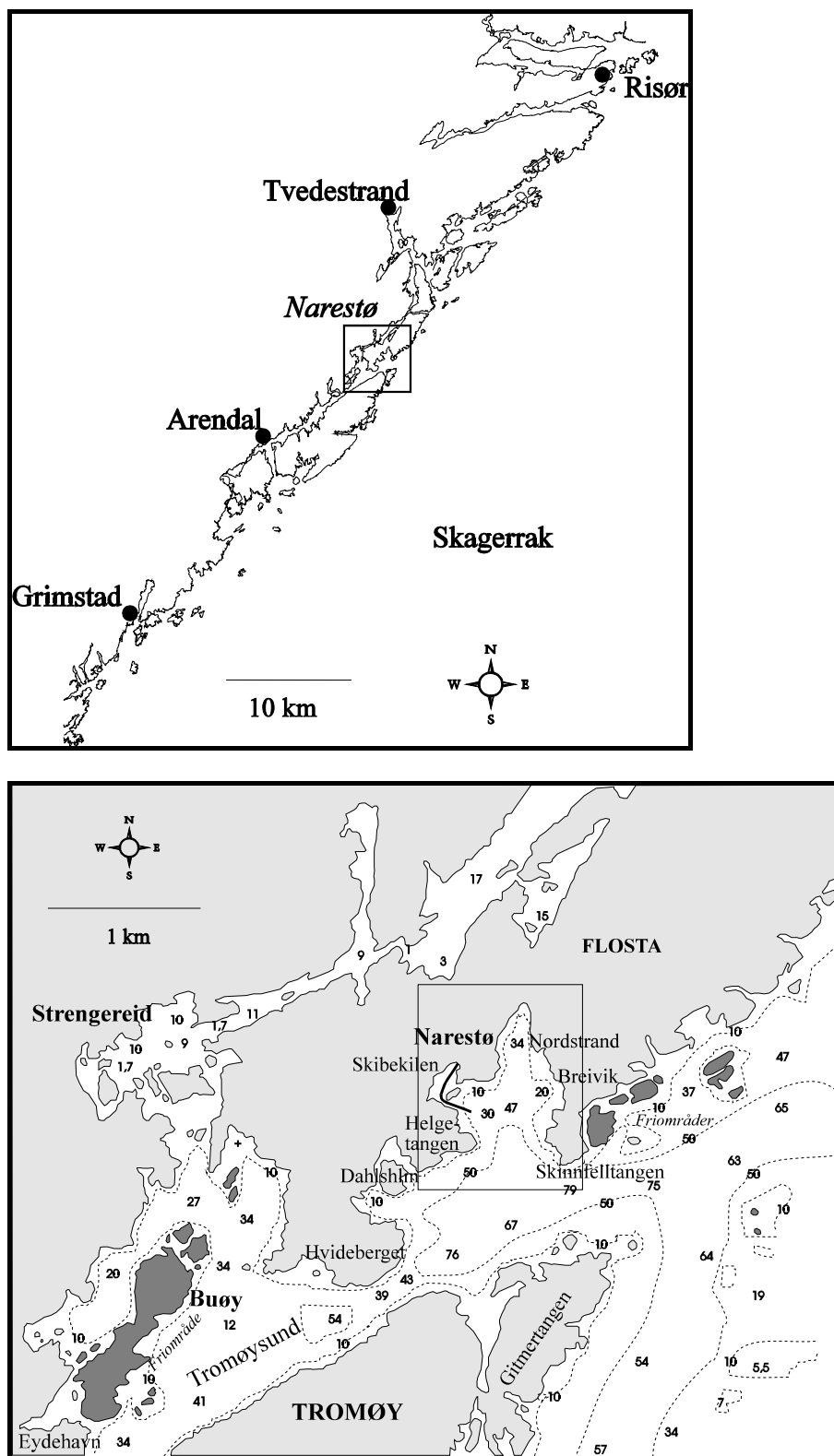
Tabell 1. Estimerte utslippskonsentrasjoner (døgnmiddel) for eksisterende og framtidig utslipp til Narestøfjorden. Tall fra Arendal kommune.

	Midlere vannføring (liter pr. person*døgn)	Nitrogen mg N/l	Fosfor mg P/l
Dagens utslipp	250	48,0	6,80
Framtidig utslipp (etter rensing)	250	38,4	0,68

Tabell 2. Utslippstall for indre del av Narestøfjorden (tall fra kommunen).

	Pe (person- ekvivalenter)	Nitrogen kg/år	Fosfor kg/år	BOF tonn/år	Vann m ³ /år
Avrenning fra land		343	7,8		
Avløpsledning	70	307	43	1,2	6 388
Dagens utslipp					
Spredte utslipp	60	263	37	1,0	5 475
Sum	130	570	80	2,2	11 863
Framtidig utslipp					
Før rensing	3 340	14 630	2 072	56,1	304 775
Etter rensing	3 340	11 704	207	16,8	304 775
Økning i utslipp	3 210	11 134	127	14,6	293 000

Utslippet av fosfor og nitrogen er beregnet på grunnlag av antall personekvivalenter. 1 pe = 1,7 g P pr person*døgn, 12 g N pr. person*døgn og 46 g BOF pr. person*døgn.



Figur 1. Kart over sjøområdet ved Narestø. Dybdeanvisninger i meter. Dagens utslipp ved Helgetangen er inntegnet.

1.2 FORMÅL OG UNDERSØKELSESPROGRAM

Formål

Formålet med den foreliggende undersøkelsen har vært å:

- *vurdere om Narestøfjorden er en egnet resipient for det nye utslippet*
- *være veiledende for nærmere valg av utslippsdyp og utslippsarrangement.*

Undersøkelsen skulle også gi tilstrekkelig grunnlag for sammenligning ved eventuelle senere oppfølgende undersøkelser.

Undersøkellesprogram

For å vurdere om Narestøfjorden er en egnet resipient for det nye utslippet, og finne egnet utslippsdyp og utslippsarrangement, ble det lagt hovedvekt på målinger av vannkvalitet, strøm og vannutskifting i fjorden. Det ble tatt utgangspunkt i nåværende utslippssted. Som et tillegg ble det også gjort enkle biologiske undersøkelser i nærområdet til utslippet. Slike undersøkelser er ikke nødvendig for valg av utslippssted, men bidrar til å beskrive dagens tilstand og sikrer referansegrunnlag for senere å kunne påvise eventuelle effekter av utslippsendringene.

Hydrografiske data (temperatur, salinitet) viser tetthetssjiktninger i dypet, og ved flere etterfølgende målinger kan man påvise eventuelle vannutskiftninger i måleperioden. Temperatur og salinitet er også nødvendig bakgrunnsdata for å modellere utslippsstrålen. Valg av høsten som måleperiode er gunstig med tanke på at det gjerne er høy produksjon i sjøen (tidlig høst) og samtidig lav oksygenkonsentrasjon i dypvannet. Negative effekter av kloakk og andre utslipp er gjerne mest tydelige under slike forhold. Oksygenprøver ble ikke tatt, da Narestøfjorden ikke har noen utpreget terskel, og det ikke var mistanke om langtids-stagnerende dypvann som kan gi oksygenvinn.

Strømmålinger i ulike sjikt av vannsøylen danner grunnlag for å bedømme oppholdstid og hovedstrømretning for vann, og for å finne det best egnede innlagringssjikt for avløpsvann i forhold til strømtransporten i fjorden.

Målinger av næringssalter gjøres for å påvise eventuelle overkonsentrasjoner. Næringssalter gir grunnlag for planteplanktonproduksjoner.

Organismesamfunnet i fjæra og på dype bløtbunner gir et bilde av den generelle miljøtilstanden eller endringer i denne. Organismesamfunnet på disse stedene består hovedsakelig av fastsittende eller lite bevegelige arter som er prisgitt forholdene på stedet. Ulike toleransegrenser og vekststrategier hos artene gjør at ulike artssamfunn utvikles ved ulike typer miljøforhold. Varige endringer i tilstanden vil medføre endring i organismesamfunnet.

1.3 TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Det er gjennomført flere marine undersøkelser i Flosta-regionen, og enkelte av disse har omfattet Narestøfjorden. Undersøkelser som er av relevans for den foreliggende undersøkelsen er nærmere omtalt nedenfor. For omtale av øvrige undersøkelser i Arendalsområdet henvises det til rapporten "Miljøstatus i vannforekomster i Aust-Agder" (Jacobsen et al. 1994).

Arendal 1992-1994

Under Arendals-undersøkelsen i 1992 - 1994 (Jacobsen et al. 1996) ble det utført vannkjemiske undersøkelser i indre kystområder av kommunen, fra Utnes i vest til Eikelandsfjorden i øst. En stasjon i Narestøfjorden og flere stasjoner i Tromøysund inngikk i programmet. Stasjonene ble undersøkt for næringssalter (tot-N, tot-P, NO₃, PO₄, SiO, NH₄), oksygen, siktedyp, temperatur og salinitet. Det foreligger også vannkjemiske målinger fra de indre kystområdene i kommunen fra 1975-1979 (Dahl og Danielssen 1986).

I samme undersøkelse ble en stasjon på Lamholmen i Narestø undersøkt for fastsittende alger og dyr, og en stasjon midt i fjorden (mellom Helgetangen og Skinnfelltangen) ble undersøkt for bløtbunnsfauna. Bløtbunnsstasjonen ble i tillegg undersøkt i 1985 under kartlegging av lokaliteter egnet for fiskeoppdrett (Wikander 1986).

Tromøysund

I årene 1989-1990 ble det foretatt en større undersøkelse i Tromøysund som omfattet miljøgifter og organisk materiale i bunnsedimenter, innhold av miljøgifter i ulike organismer og sammensetning av dyre- og planteliv på grunt vann (Næs et al. 1991). Ingen stasjoner ble lagt til selve Narestøfjorden. Undersøkelsen er senere fulgt opp med omfattende undersøkelser av miljøgiftinnholdet rundt Nitriden (Helland 1993, Helland et al. 1995). Det er også gjort enkelte strømmålinger i forbindelse med den siste undersøkelsen.

Kystovervåkingsprogrammet

I tillegg gjøres det hvert år undersøkelser av fastsittende alger og dyr, bløtbunnsfauna og hydrografi på utsiden Tromøya som ledd i det statlige overvåkingsprogrammet "Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge" (Pedersen et al. 1995).

2. BESKRIVELSE AV HYDROGRAFISKE FORHOLD OG STRØM

2.1 METODER

2.1.1 Temperatur, salinitet og næringsalter

Temperatur og salinitet ble målt tilsammen 12 ganger ved en stasjon i Narestøfjorden i 1996. Målingene ble gjort med ca 1 ukes mellomrom, fram til 17. november. Deretter fulgte to tokt med noe lengere mellomrom i forbindelse med utsetting og opptak av strømmåleren (se avsnitt 2.1.2). Tabell 3 gir oversikt over måletidspunktene, mens stasjonsplasseringen er vist i Figur 3. Målingene ble hovedsakelig foretatt med salinoterm, men i forbindelse med utsetting og opptak av strømmåler, ble en selvregistrerende sonde benyttet (Sea-Bird Electronics CTD). Sonden registrerer salinitet, temperatur og dyp 2 ganger i sekundet og lagrer målingene internt.

Vannprøver fra 0 m, 10 m og 20 meter ble samlet inn ved to anledninger og analysert for næringsalter (total-nitrogen, total-fosfor, fosfat, nitrat og ammonium). Prøvene ble analysert ved NIVAs laboratorium i Oslo og ved KM-lab i Grimstad. Analysemetodene følger Norsk Standard.

Tabell 3. Oversikt over hydrografi/kjemi målinger i Narestøfjorden i 1996/1997.

Toktnummer	Dato	Temperatur og salinitet. Instrument type:	Næringsalter (Total-P, total-N, PO ₄ , NO ₃ , NH ₄) Prøvetakingsdyp:
1	12.09.96	Salinoterm	0, 10, 20 m
2	19.09.96	"	
3	27.09.96	"	
4	05.10.96	"	
5	10.10.96	"	
6	21.10.96	"	
7	27.10.96	"	
8	02.11.96	"	
9	08.11.96	"	
10	17.11.96	"	
11	28.11.96	Seabird CTD	
12	15.01.97	"	0, 10, 20 m

2.1.2 Strømmålinger

Strømmålingene ble gjort med en Aanderaa Instruments DCM12 (Doppler Current Meter) strømmåler (Figur 2). Dette er en ultralyd strømmåler som bruker vertikale lyd-pulser til å beregne strømmen i 5-6 forskjellige sjikt fra bunn til overflaten. Strømmen vil i de fleste resipienter variere mye med dypet, både med hensyn til styrke og retning. Dette ble også forventet i Narestøfjorden. Variabiliteten er gjerne størst i overflatelaget (øverste 1-2 meter), særlig på grunn av vekslende vind. Verdiene for hvert sjikt må betraktes som middelverdier (dybdeintegreerte) over ca 7 m tykke sjikt i dette tilfellet. Resultatene fra det øverste sjiktet (0 m) gjelder kun de aller øverste centimeterne fra sjøoverflaten og ned.

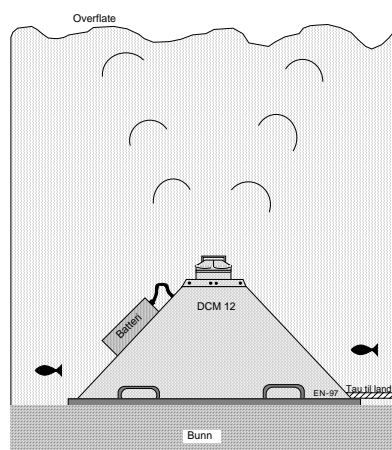
Strøm ble målt over en periode på 49 dager og dekket to vanlige spring/nipp tidevannsperioder. Måleperioder med over en måneds varighet er nødvendig for å vurdere korttidsvariasjoner i strømmen forårsaket av tidevannet. Eventuelle langperiodiske variasjoner eller episodiske fenomen blir ikke nødvendigvis registrert med såpass kortvarige målinger.

Måleresultatene gjelder i første rekke området øst for Helgetangen. Men i hovedtrekk kan det antas at det også reflekterer strømningsmønsteret videre innover i fjorden. Lengst inne vil naturlig nok strømmen avta i styrke, og retningen der vil påvirkes av den tversgående topografien.

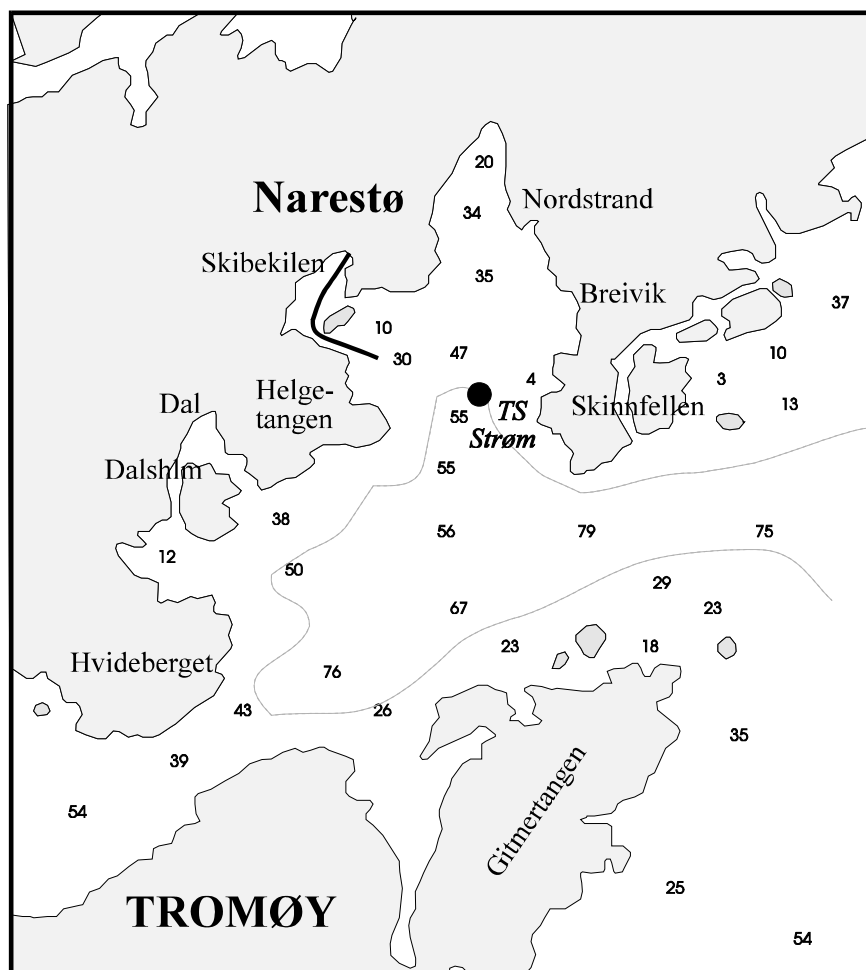
Den omtrentlige posisjonen for strømmålingene er inntegnet i Figur 2 og angitt i Tabell 4. Tabellen gir også oversikt over bunndyp, måledyp, dato for utsetting og dato for innhenting.

Tabell 4. Strømmålingene i Narestøfjorden. Måle-posisjon (WGS-84), bunndyp, måledyp, instrument nr, dato for utsetting og dato for opphenting.

Posisjon	Bunn-dyp (m)	Måledyp (m)	Måler nummer	Dato ut	Dato inn
N58° 31.300' E08° 56.360'	48	0, 7, 14, 21, 27 og 34	DCM12 # 21	28/11-96	15/1-97



Figur 2. Prinsippkisse av DCM12 strømmåler. Målenøyaktighetene for de enkelte sensorene er oppgitt til (Aanderaa Instruments, 1994): Strømretning: $\pm 5^\circ$, Fart: ± 3 cm/s.



Figur 3. Kart over Narestø og deler av Tromsøysundet. Hydrografi (TS)- og strømmålingsstasjonen er avmerket i kartet.

2.2 RESULTATER

2.2.1 Næringsalter

Målingene i Narestøfjorden viste lave næringsalterverdier om sommeren, både i overflatelaget og dypvann. Vinterverdiene var noe høyere enn sommerverdiene, spesielt for nitrat og totalfosfor (Tabell 5). Næringsalkonsentrasjonene er normalt høyest om vinteren på grunn av lavere planteplanktonproduksjon, men vinterverdiene i Narestø antydte likevel overkonsentrasjoner i overflatelaget. Antall målinger er for lavt til å kunne fastsette tilstanden (anbefalt prøvetakingsfrekvens er satt til min. 10 målinger (SFT 1997)).

De to forrige målingene i Narestøfjorden viste også forhøyde vinter-konsentrasjoner av enkelte næringsalter (Jacobsen et al. 1996). Resultatene indikerer at tilstanden i overflatelaget er i tilstandsklasse III-IV for total-fosfor og fosfat, og klasse II for nitrat. Konsentrasjonene i de øvrige næringsalterene var såpass varierende at de ikke indikerer noen bestemt klasse (Tabell 6).

Tilstanden er trolig ikke knyttet til utslippene i Narestø, men til summen av alle utslipp i omliggende områder. Det er tidligere målt overkonsentrasjoner av næringsalter også i Tromsøysund og områdene ved Strengereid (Jacobsen et al. 1996).

Tabell 5. *Næringssaltmålinger i 0m, 10m og 20m dyp i Narestøffjorden. Vannprøvene ble innsamlet med vannhenter den 12. september 1996 (sommer) og 15. januar 1997 (vinter). Øvre grense for tilstandsklasse I (Meget god) i overflatelag er angitt selv om det her kun foreligger en måling fra hver årstid.*

		NH ₄ -N µg/l	NO ₃ -N µg/l	Tot-N µg/l	PO ₄ -P µg/l	Tot-P µg/l
Sommer	0 m	6	4	165	2	7
	10 m	9	4	175	2	7
	20 m	9	7	175	4	10
	<i>Tilstandsklasse I</i>	< 19	< 12	< 250	< 4	< 12
Vinter	0 m	20	105	265	15	32
	10 m	5	95	185	17	24
	20 m	10	85	205	17	29
	<i>Tilstandsklasse I</i>	< 33	< 90	< 295	< 16	< 21

Tabell 6. *Næringssaltmålinger i 0,5 m dyp i Narestøffjorden. Tall fra 1992 og 1993 er hentet fra Jacobsen et al. (1996). Tilstandsklasser er antydnet (SFT 1997). I = meget god, II = god, III = mindre god, IV = dårlig og V = meget dårlig.*

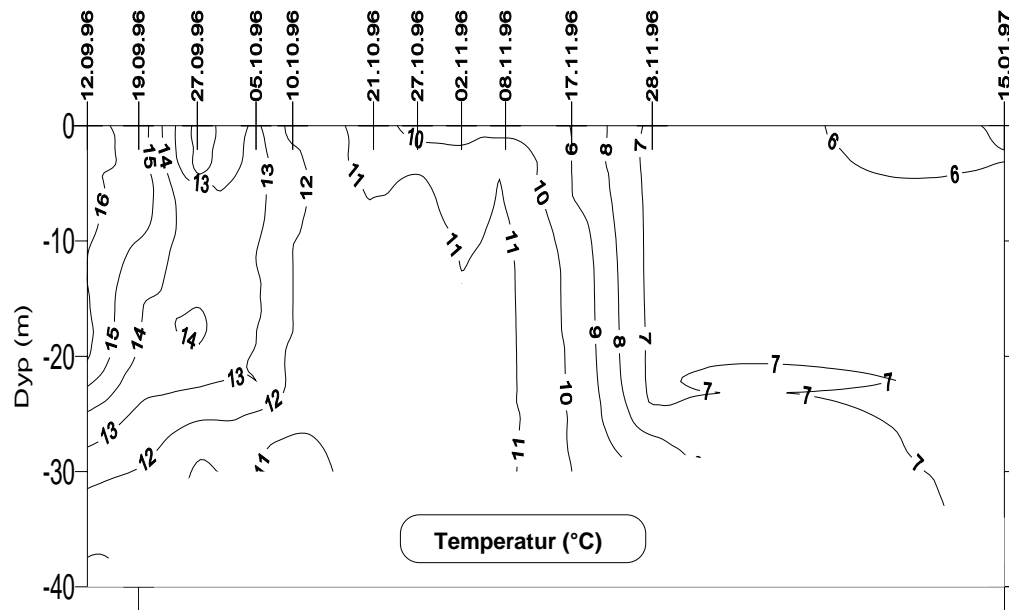
	NH ₄ -N µg/l	NO ₃ -N µg/l	Tot-N µg/l	PO ₄ -P µg/l	Tot-P µg/l
15.01.97	20 (I)	105 (II)	265 (I)	15 (I)	32 (III)
26.01.93	18 (I)	117 (II)	265 (I)	18 (II)	22 (II)
17.12.92	86 (II)	119 (II)	385 (III)	23 (III)	32 (III)

2.2.2 Temperatur og salinitet

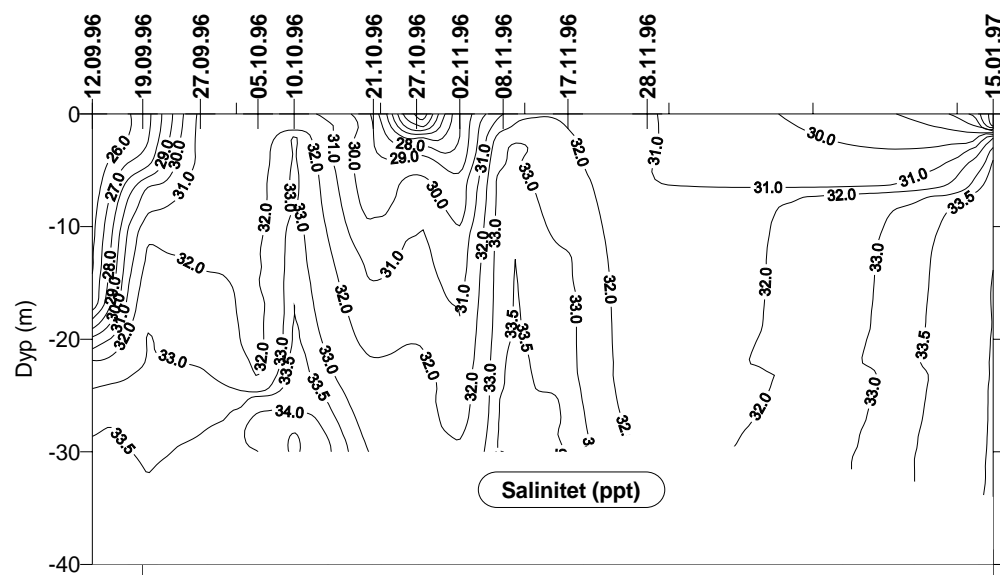
Måleresultatene for temperatur og saltholdighet er framstilt i Figur 4 og Figur 5. Profiler målt med spesialsonde i november og januar er vist i Figur 6. Figurene viser at det i løpet av perioden september-november var målbare endringer i vannsøylen mellom hvert måletidspunkt, og derfor ikke komplett stagnasjon i vannmassene lenger enn en uke. Ut fra hydrografimålingene og generell erfaring/kunnskap kan en si at det sannsynligvis ikke dreier seg om lengre stagnasjonsperioder enn 1-2 døgn.

Det kan bemerkes at selv med tilnærmet konstante hydrografiske forhold over et lengre tidsrom, kan man ha delvis utskifting av vannmassene i enkelte sjikt. Slike horisontale utskiftninger gir ikke alltid utslag i målingene. Videre vil det alltid skje en viss utlufting fra øvre sjikt mot atmosfæren, og det vil også pågå en viss diffusjonsdrevet utskifting selv i perioder med "stagnasjon".

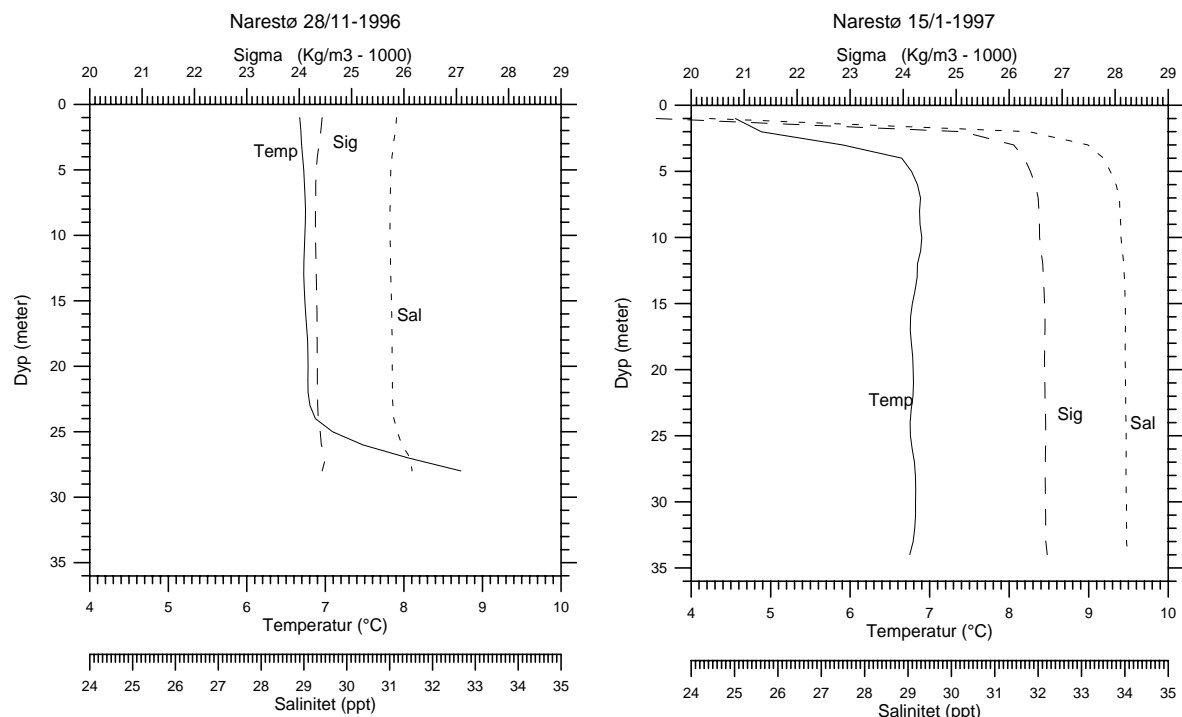
Sjiktforholdene (graden av lagdeling med lettere vann over tyngre) varierte noe. I slutten av november var det nesten ingen sjikting, mens det både tidligere og i januar 1997 var tydelig sjikting (se profilen i Figur 6). Når det gjelder dyputslipp av avløpsvann, er det periodene med svak sjikting som er mest kritiske for gjennomslag til overflaten.



Figur 4. Tidsutvikling i temperatur i vannmassene ved hydrografistasjonen i Narestøfjorden.



Figur 5. Tidsutvikling i salinitet i vannmassene ved hydrografistasjonen i Narestøfjorden.



Figur 6. Temperatur og salinitetsprofiler målt med spesialsonde i november 1996 og januar 1997.

2.2.3 Strømforhold

Resultatene for strømmålingene er vist som figurer i Vedlegg B. Vedleggsfigurene B1-B12 viser strømstyrke og retning i fjorden. Strømdataene er også framstilt ved hjelp av strømroser (middelverdier innenfor 15° sektorer) i vedleggsfigurene B14-B19.

For hver tidsserie er det blitt beregnet middelverdier for fart og vektorhastighet, middel temperatur, middel salinitet samt strømmens stabilitetsfaktor. Stabilitetsfaktoren er definert som absoluttverdien av middel strømvektor delt på middelverdien for fart i midlingsperioden. Dette gir et tall mellom 0 (tilsvare svært vekslende strøm) og 1 (tilsvare ensretta strøm). De beregnede verdiene er gitt i Tabell 7.

I beskrivelsene nedenfor er kun dominerende **strømretning** beskrevet, ikke netto strøm eller flux. Over tid vil nettostrømmen i teorien være null for hele tverrsnittet av utløpet. Men fordi målingene ikke dekker hele tverrsnittet vil man kunne registrere en dominerende strømretning i målepunktet hvis det f.eks. er en tendens til inngående strøm på østsiden og utgående på vestsiden. Denne usikkerheten gjelder spesielt øvre sjikt.

Overflaten:

Den hyppigst forekommende strømretningen var mot sør, ut av Narestøfjorden (Tabell 7). Det var også noen få lengre perioder (5. desember, 8.-9. desember, 27.-28. desember) med sterk strøm rettet innover i fjorden, og perioder hvor strømretningen varierte sterkt. Midlere strømfart var 35,6 cm/s, som er en relativt høy verdi. Høyeste målte strømværdi i følge figur B1 i vedlegget var 90 cm/s (nesten 2 knop). Av målingene framgår det at det var flere perioder av 1-3 dagers varighet med vedvarende sterk strøm. Disse ble avløst innimellom av kortere perioder med nesten strømstille. Det dreiet seg her om perioder av inntil 20 timers varighet (for det meste kortere enn 6 timer).

Som nevnt tidligere, dekker disse målingene kun de øverste få cm nær overflaten. Her vil det ofte være et tynt sjikt med brakkvann som følge av lokalt ferskvannstilrenning, og som de vanlige hydrografimålingene ikke avdekker. Det tynne overflatelaget akselereres raskt opp i fart p.g.a. vind. Laget kan også være preget av is om vinteren, som påvirker strømmønsteret. Det var noe is i innerste del av fjorden i prøveperioden. Om sommeren kan en forvente at middelstyrken er en god del lavere i dette sjiktet, dels p.g.a. mindre vind, og dels fordi det da er mindre tilrenning slik at de øverste centimeterne i større grad går i ett med underliggende vann.

7 m dyp:

Med enkelte unntak var strømrretningen lik til det som ble målt i 0 meters dyp. Den hyppigst forekommende strømrretningen var ut av Narestøfjorden, og med enkelte perioder med sterk strøm rettet innover fjorden (4.-5. desember, 8.-9. desember, 27.-28. desember). Innimellom var det perioder med svært vekslende strømrretning.

Høyeste målte strømfart var 60 cm/s, og ble målt 27.-28. desember med innoverrettet strøm (figurene A7, A8 og A19). Midlere strømhastighet var 16 cm/s (Tabell 7). Det var få strømsstille perioder. Perioden 5.-7. desember hadde svak strøm, men det var noen kortvarige strømsstøt innimellom (figur A7).

14 m dyp:

Målingene i dette dypet var vesensforskjellige fra de to øverste dypene. Strømfarten var mye lavere, og hyppigst forekommende strømrretning var vanskelig definerbar (figur A9 og A10). Middel strømhastighet var 1,6 cm/s mot nevnte 16 og 35 cm/s lenger opp i vannmassene. Høyeste strømfart var ca 30 cm/s, og typisk maksimalfart over en dag var 4-7 cm/s. Strømrretningen varierte, men det var en tendens til overvekt av inngående vannstrøm. Dette indikerer at sjiktet er mindre egnet som innlagingsdyp, noe vi kommer tilbake til senere i rapporten.

21 m dyp:

Som for 14 m dyp var det svak strøm i dette sjiktet. Midlere strømfart var bare 1,2 cm/s (Tabell 7) og høyeste målte strømfart 13 cm/s. Strømrretningene mot nord-øst og sør-vest forekom hyppigst, men med en viss overvekt av inngående vanntransport. Det var i større grad enn i de grunnere sjiktene hyppig veksling i strømrretningen (vedleggsfigur B8).

27 m dyp:

Midlere strømfart var 0,8 cm/s. Verdien er noe usikker, siden en her befinner seg ned mot grensen for hva måleren kan registrere (ca 0,5 cm/s). En kan fastslå at strømmen er svak. Høyeste målte strømsstyrke var 9 cm/s (vedleggsfigur B9).

Strømrretningen vekslet mellom nord-øst (inn), sør-vest (ut) og eventuelt sør-øst (ut). Det er vanskelig å se noen forskjell på inn- og utgående fluks. Såpass dypt vil det naturlig nok være symmetri mellom inn- og utgående strøm, siden effekt av lokal vind og tilrenning vil forsvinne med økende dyp.

34 m dyp (nær bunn):

Midlere strømfart var 0,9 cm/s, altså litt sterkere enn i sjiktet over. Dette kan komme av innsmalende topografi (renne) som medfører litt større strømfart nær bunn, selv om bunnfriksjonen virker bremsende.

Høyeste målte strømfart var 11 cm/s (figur A15). Også i dette dypet var det vanskelig å definere noen hovedretning på strømmen (figur A23). Innstrømming er mot nord-øst, i likhet med sjiktet over. Utstrømming er enten mot sør-vest eller mot sør-øst. Grunnen til denne splittingen på utgående er ikke klar, og noen nærmere analyse av dette blir ikke gjort.

Tabell 7. *Middelverdier av strømmålingene i Narestøfjorden vinteren 1996/97.*

Dyp (m)	Middel hastighet (cm/s)	Hyppigst forekommende retning (°)	Aritmetisk middelfart av hele strømserien (cm/s)	Stabilitets- faktor
0	18.3	136	35.6	0.51
7	6.1	131	16.1	0.38
14	0.21	289	1.60	0.13
21	0.11	10	1.15	0.10
27	0.06	59	0.82	0.07
34	0.16	105	0.85	0.19

Tidligere omtaler av strømforholdene i Tromøysund

Det er tidligere rapportert at under vanlig vannføring i Nidelva (regulert), blir mesteparten av ferskvannet fra Nidelva ført ut gjennom Galtesund (Dahl og Danielsen 1986) og bidrar mindre til strømføringen i Tromøysund. Videre vil et slikt utstrømmende ferskvann i overflaten erstattes av et innstrømmende lag i sjiktet under (kompensasjonsstrøm). Dette er ikke vist for Galtesund, hvor målinger fra 1975 -79 isteden tyder på at strømmen under overflatelaget stort sett kommer fra Tromøysund (som gir sørvestlig rettet strøm i Tromøysund).

I flomsituasjoner transporteres vann fra Nidelva østover ut Tromøysund såvel som ut Galtesund, og gir en nordøstlig strømreretning i Tromøysund.

I 1994 var strømreretningen på 5 meters dyp ved Buøy i Tromøysund stort sett sør-vestlig (Helland et al. 1995). Molvær (1996) nevnte også at strømmen i Tromøysundet ved Viddeberget var oppgitt som sør-vestlig.

3. VANNUTSKIFTNING, INNLAGRINGSDYP OG FORTYNNINGSGRAD

Dette kapittelet omhandler hovedproblemstillingen for prosjektet, å vurdere Narestøfjordens egnethet som resipient for det framtidige utslippet som blir vesentlig større enn i dag, og dernest vurdere egnet utslippssted/dyp i fjorden.

Det kan forventes at et neddykket utslipp av ferskvann (avløpsvann) p.g.a oppdriften alltid vil stige oppover i sjøen, og gradvis blande seg med omgivende vann. Hvor langt vannet fra et gitt utslipp stiger opp, avhenger i første rekke av sjiktningen (hydrografiske forhold) i sjøen. En viss utgangsfart fra røråpningen (eller evt. diffusor) bidra til å øke blandingen i begynnelsen, og strøm i resipienten vil bidra til å fortenne og spre avløpsvannet nedstrøms utslippet (se beregninger av oppholdstid nedenfor). For å vurdere eksisterende og framtidig utslipp er det altså nødvendig å kjenne til både selve utslippsarrangementet (rør, dyp etc), og til forholdene i resipienten.

Hvis vannet i resipienten (Narestøfjorden) er tilstrekkelig lagdelt med lett vann (lav salinitet, høy temperatur) over tyngre vann (høy salinitet, lav temperatur), vil avløpsvannet ikke nå opp til overflaten. Grunnen er at egenvekten til blandingsvannmassen (avløpsvann+sjøvann) etterhvert blir lik egenvekten til det omkringliggende sjøvannet. Da stopper den vertikale bevegelsen og fortennet avløpsvann begynner å bre seg horisontalt utover, mens det fortynnes videre. Avløpsvannet er da "innlagret".

3.1 VANNUTSKIFTNING

Vannutskiftingen i Narestøfjorden er vurdert ut fra hydrografiske data og strømdata. I tillegg er det gjort anslagsberegninger ved å bruke modellen "Fjordmiljø". Modellen er best egnet for terskelfjorder, men er også relevante for en fjord som Narestøfjorden. Tilført vannvolum fra utslippsledningen (dagens situasjon) er for lite til å innvirke på vannutskifting eller dynamikken for Narestøfjorden, og er ikke tatt hensyn til i beregningene. Vannvolumet av fjorden er estimert til 10 mill m³.

Hverken strømmålingene eller modellen gir et fullstendig bilde av vannutskiftingen i Narestøfjorden (dynamikk, virvler, bakevjer, lagdeling i strøm m.m), men gir nødvendig informasjon om oppholdstider i ulike vannlag til bruk i de videre beregningene.

Hydrografimålingene (kapittel 1) viste at det ikke var langtids-stagnerende vannmasser i Narestøfjorden. Ut fra strømmålingene er det tydelig at det er stor variasjon i oppholdstider for ulike sjikt. Den indre delen av fjorden har en lengde på ca 1 km, og en bredde på 5-600 m. Om en tar utgangspunkt i strømmålingene og antar en lineær reduksjon i strømfart innover i fjorden, er det tale om **midlere oppholdstid på 3-4 timer for sjikt ned til 10 meter. I dypere sjikt med midlere strømfart på 1-2 cm/s, vil det være tale om midlere oppholdstider på 1-2 døgn.**

Modellberegningene viste at den tetthetsdrevne sirkulasjonen gir det alt vesentligste av bidraget til vannutskiftingen. Tidevannsdrevet sirkulasjon bidrar kun til ca 2%. Dette er kvalitativt sett i samsvar med strømmålingene, som viste lite av mønsteret med regelmessig vekslende strømrøtning i takt med halvdaglig tidevann. Den estuarine (ferskvannsdrevne) sirkulasjonen ved mye tilrenning (2 m³/s) bidrar i tillegg til 10-30% ekstra utskifting, avhengig av vinden. Dette berører i så fall det øverste 0,5-1 m tykke laget, og er sannsynligvis kun representativt for perioder med ekstra mye nedbør.

Modellen ga en midlere oppholdstid for vann i fjorden på 0,9 døgn (ca 22 timer). Dette gjelder øvre lag og dypvann, sett under ett. Våre anslag for det øvre laget basert på strømmålingene var på 3-4

timer. Ut fra usikkerhetene som både modellen og målingene representerer, er det ingen sterk motsetning mellom disse resultatene. En realistisk verdi for det øvre laget (0-5, evt. 0-10 m) ligger sannsynligvis nærmere de 3-4 timene som målingene indikerer. Men en bør ta høyde for at det i perioder, særlig i godvær (om sommeren) eller i perioder med mye is og dermed lite vindeffekt (vinteren) kan være vesentlig lengre oppholdstid, kanskje 1-2 døgn eller lengre i øvre lag.

3.2 INNLAGRINGSDYP OG FORTYNNING

3.2.1 Modellverktøy

Modellberegningene utføres i to trinn. Først beregnes innlagringsdyp og primærfortynning utført med et EDB-program, JETMIX, utarbeidet av Bjerkeng og Lesjø (1973). Programmet beregner fortytning og innlagringsdyp for en enkelt stråle avløpsvann i en sjiktet resipient, på basis av tetthetsprofiler i resipienten og data om strålen i utløpet. Programmet beregner ikke eksakt innlagringsdyp, men gir det nivået der "blandingsvannets" egenvekt er den samme som omgivelsenes egenvekt. Blandingsvannets vertikale bevegelsesenergi gjør imidlertid at det stiger noe forbi dette "likevektsdypet", før det synker tilbake og innlagres. I det følgende vil imidlertid innlagringsdyp være ensbetydende med likevektsdypet.

Dataprogrammet beregner imidlertid den teoretisk høyeste opptrengning på to måter:

- ved fortsatt fortytning etter at likevektsdypet er "passert" (EQS).
- uten blanding eller friksjon etter likevektsdypet er "passert" (GRAV).

Den første metoden (EQS) antas å gi mest sannsynlig resultat.

JETMIX inkluderer ikke virkningen av varierende strømhastighet, "sammensmelting" av strålene fra forskjellige diffusorhull og fortytningen videre i strømmens retning etter at avløpsvannet er innlagret.

Inn-parametre til modellen:

- *Tettheten til utslippsvannet* er satt til 1000 kg/m^3 . Mindre avvik fra dette på grunn av temperaturvariasjoner i avløpet kan nok forekomme, men vi har ikke datagrunnlag til å kunne vurdere dette. Effekten av slike variasjoner er sannsynligvis marginal.
- *Rørdiameteren* på utslippet (sirkulært tverrsnitt) er i første omgang satt lik nåværende diameter, d.v.s. 110 mm. Det er også utført beregninger med større diameter (150 og 300 mm) i forbindelse med simulering av framtidig utslipp.
- *Vannfluksen* er satt til max 5 l/s for nåværende utslipp (vannføring når pumpa går). Framtidig utslipp er simulert for de oppgitte verdiene 9,7 l/s (middelvannføring) og 21 l/s (maksimal vannføring for dimensjonering).
- *Utslippsdypet* er satt til 25 m i første omgang. Dette tilsvarer dagens utslippsdyp. Det er også gjort beregninger for andre utslippsdyp.
- *Hydrografi*: Målingene fra 1996-1997 er benyttet i simuleringene. Det er 12 profiler (12 ulike tidspunkt) i alt, fra september til januar. De fleste profilene gikk ikke dypere enn ca 30 m, slik at for simuleringene for 35 m dypt utslipp har vi skjøtt på profilene med en ekstra verdi i 35 m som er lik dypeste målte verdier på det aktuelle tidspunktet.

For andre tekniske parametre i tilknytning til modellen henvises det til Bjerkeng og Lesjø (1973).

3.2.2 Resultater

Tabeller med beregninger av innlagringsdyp, ekstremdyp og senterfortynning ved innlagring (fortynningsfaktor) for ulike utslippsløsninger er vist i Vedlegg C. Middelerverdier for innlagringsdyp er vist i Tabell 8.

Dagens utslipp

Beregninger av dagens utslipp (25 m dyp, 110 mm rørdiameter, 5 l/s vannfluks) viser at det i enkelte situasjoner (hydrografimålingene ved sen høst/ vinter) kan forekomme opptrenging av avløpsvann til overflaten eller innlagring høyt opp i vannsøylen. Fortynningen i disse tilfellene er svært høy (> 200X). Strømmålingene som ble gjennomført i perioden like etter at disse hydrografimålingene ble gjort, viste at det var i hovedsak utgående strømetning i overflaten. Altså at mye av det fortynta avløpsvannet blir ført ut av fjorden i slike tilfeller.

I middel innlagres vannet i følge beregningene i ca 14 m dyp, med fortykning på typisk 30-60 ganger for høst-situasjonen, og mye større fortykning om vinteren. I forhold til strømmålingene kan det tyde på at innlagring oftest skjer noe dypere enn i det sjiktet som hadde mye utgående strøm.

Framtidig utslipp

Med dagens utslippsløsning (110 mm rørdiameter, 25 m utslippsdyp) og framtidige utslippsmengder (9,7 l/s vannfluks), vil innlagringsdypet bli noe grunnere og senterfortynningen noe mindre enn for dagens situasjon. Middel innlagringsdyp vil være ca. 13 m (Tabell 8). Dette er resultat av økning (dobling) av vannfluksen. Ved maksimal framtidig vannfluks (21 l/s) vil innlagringen skje noe dypere, på 13,5 meters dyp i gjennomsnitt.

Innlagringsdypet kan reguleres ved å øke rørdiameteren eller endre utslippsdypet. Økning i rørdiameteren medfører grunnere innlagringsdyp, mens senking av utslippsdypet gir dypere innlagring. Tabell 8 angir innlagringsdyp ved ulike utslippsdyp og rørdiameter.

Med 150 mm rørdiameter, som kommunen anser som mest aktuell, viser beregningene at utslippet bør ligge på 25 m eller dypere dersom kravet om dypere innlagring enn 10 m skal tilfredsstilles. Selv denne løsningen gir enkelte tilfeller med grunn innlagring i noen vinter-situasjoner (se vedlegg C).

Bruk av diffusor eller Y-forma rør-ende har vært diskutert som alternativ. Som en tilnærming til denne problemstillingen har vi sett på effekten av å fordele framtidig utslipp (9,7 l/s) i to greiner (Y-rør), med diameter 110 mm. Dette gir en vannfluks fra hvert rør temmelig likt dagens max-verdi for utslippet (5,0 l/s). Resultatene i form av middelerverdier for innlagringsdyp for hver stråle er vist i Tabell 8, for ulike utslippsdyp. Det framgår at en oppnår en økning i innlagringsdyp på anslagsvis 1 meter ved å velge denne løsningen.

Dersom en legger maksimal vannfluks på 21 l/s til grunn, kan innlagringsverdiene forventes å endre seg noe. Vi har forsøksvis også gjort beregninger for denne vannfluksen, for. h.h.v. 110 og 150 mm rør. Resultatene for midlere innlagringsdyp er vist i Tabell 8. For denne høyere vannfluksen viser beregningene litt grunnere middelerverdi for innlagringsdyp med 110 mm rør, og utslipp i 30 og 35 m dyp, forhold til resultatene for middelvannfluksen. For 150 mm rør gir 25 og 30 m utslipp anslagsvis 1 m grunnere innlagring, mens 35 m alternativet gir 1,5 m større middeldyp. Forskjellene mellom middelvannfluks og max vannfluks når det gjelder innlagringsdyp er altså ikke store. Utslipp i 35 m trekker igjen i retning av enda dypere innlagring enn ved middelvannfluks.

En Y-forma utslippsanordning på 35 m dyp gir altså den dypeste innlagringen, og er den beste løsningen blant de alternativene vi har vurdert så langt med tanke på å unngå gjennomslag til overflaten eller påvirkning i øvre lag.

Tabell 8. Middelerverdier for innlagringsdyp for ulike scenarier

Vannfluks: Rørdiam.:	Dagens utslipp	Framtidig utslipp			
	Maks 5 l/s	Middel, 9,7 l/s			Maks 21 l/s
110 m	110 mm	150 mm	300 mm	110 mm	150 mm
Utslippsdyp					
18 m:	-	-	8,0 m	-	-
20 m:	10,2 m	9,6 m	9,4 m	-	-
25 m:	14,2 m	13,3 m	12,5 m	12,3 m	13,5 m 11,9 m
30 m:	18,6 m	17,8 m	17,6 m	-	17,5 m 16,7 m
35 m:	22,4 m	21,1 m	20,8 m	19,9 m	19,9 m 22,3 m

3.3 VURDERINGER

Jo grunnere avløpsvannet innlagres, jo større risiko er det også for gjennomslag til overflaten. Det er derfor viktig å sørge for innlagring i dyp hvor gjennomslag til overflaten er lite sannsynlig. I tillegg er det viktig å innlagre avløpsvannet i sjikt med god vannutskiftning for å redusere effektene i innlagingsdypet.

I Narestø hadde vannmassene ned til ca. 10 meter god strøm, og liten oppholdstid (3-4 timer). Vannstrømmen er hyppig rettet ut av fjorden, men der forekommer enkelte perioder med sterk innovergående strøm. I vannlagene fra 14 meter og dypere var strømmen svak og oppholdstiden betydelig lenger (anslagsvis 1-2 døgn). Strømmen er heller ikke like hyppig utoverrettet som i vannlagene over. I forhold til strømforholdene er det derfor mest gunstig å la avløpsvannet innlagres rundt 7-10 meters dyp. For å oppnå dette må avløpsvannet slippes ut på 18-20 meters dyp i følge beregningene over.

Tallene for næringssaltkonsentrasjoner (Tabell 4) indikerer imidlertid at Narestøfjordens overflatelag og nedover til 20 m dyp om vinteren ikke har optimal vannkvalitet (SFT tilstandsklasse II/III for fosfat, som sammen med ammonium er en typisk "kloakk-parameter"). Samtidig gir våre beregninger for utslipp i 20 m overflatepåvirkning for 2-3 tilfeller (hydrografiske profiler) om vinteren.

Det framtidige utslippet vil representere anslagsvis 150% økning i fosforsutslippene, og mye mer, prosentvis sett, for andre parametre.

Følgende spørsmål reiser seg da:

1. Har fjordens overflatelag (0-5 m, evt. 0-10 m dyp) kapasitet til å motta den økte belastningen, i forhold til dagens belastning og miljøtilstand?
2. Er det i stedet bedre å oppnå dypere innlagring, og dermed unngå risiko for eventuell påvirkning i øvre lag? Hvilke negative konsekvenser kan dette evt. ha?

Spørsmål nr. 1:

De økte tilførselene av næringssalter vil fordele seg over en viss dybdesjikt. Ut fra modellresultatene (JETMIX) som ga halvbredde for innlagringssjiktet, er det rimelig å anslå sjikttykkelsen til 5 m. Om en videre antar at dette dreier seg om et sjikt rundt 10 m dyp, vil det dreie seg om et volum inne i fjorden av størrelsesorden 1-1,5 mill m³.

Om en nøkternt sett regner med en oppholdstid på 1 døgn for dette sjiktet, vil konsentrasjonsøkningen for fosfor (som i dag representerer den dårligste tilstandsklassen) kunne bli av størrelsesorden 0,3 µg/l. Dette er lite i forhold til målte verdier i dag på 7-32 µg/l (Tabell 4), og ut fra dette vil sjiktet kunne tåle den økte fosforbelastningen dersom miljøtilstanden i dag er tilfredsstillende. Dette sistnevnte kan imidlertid være diskutabelt sett ut fra tilstandsklassifiseringen.

Økingen i nitrogentilførslene (Tabell 4) representerer om lag 30 kg/døgn. Om en bruker samme resonnement som for fosfor, vil dette kunne representere en konsentrasjonsøkning på anslagsvis ca. 20 µg/l som tilsvarer ca. 10% økning. Dette må karakteriseres som lite i forhold til målte konsentrasjoner.

Ut fra disse regneeksemplene vil utslipp i 18-20 m ikke medføre signifikante effekter i innlagingsdypet eller evt. i øvre lag. Dette harmonerer også med resultatene fra fjordmodellen, som i alle fall ikke ga noen effekter når det gjaldt siktedyp.

Spørsmål nr. 2:

Et utslipp som tidvis kan gi grunn innlagring, kan muligens medføre visse negative estetiske effekter, og i tillegg også medføre en risiko for økte bakteriekonsentrasjoner. Dette taler for å legge utslippet så dypt at en unngår enhver overflatepåvirkning, selv vinterstid. I så måte vil en lande på noe som likner vårt alternativ med utslipp i 35 m dyp, gjerne med en Y-forma avslutting. Dette gir i følge beregningene liten/ingen risiko for overflatepåvirkning. Ved et slikt alternativ vil det midlere innlagingsdypet ligge rundt 20-21 m (Tabell 8), m.a.o. i et midt-sjikt i fjorden. Selv om en i et slikt sjikt kanskje nærmer seg 1-2 døgn i midlere oppholdstid, og at sjikt-volumet er mindre enn om innlagringen skjer rundt 10 m dyp, vil konsentrasjonsøkningen av næringsalter fortsatt være liten.

Betraktningene ovenfor gjelder vannfase og vannkvalitet. Rundt et dykket utslipp, vil en uansett måtte regne med en sone der det foregår en viss utsynking av partikler og dermed forringing av bunnforholdene. Her vil et grunnere utslipp sannsynligvis medføre mindre omfang av negative effekter enn det et dypt utslipp vil gjøre, p.g.a. raskere regenerering og resuspending av sedimentert materiale på grunnere vann.

Forsøksvis ble det også lagt inn næringssalttilførsler i Fjordmiljø-modellen som tilsvarer framtidig kloakkutslipp (Tabell 2). Dette medførte ikke noen nevneverdig endring i det midlere siktedypet, som indikerer at kort oppholdstid/stor vannutskifting holder primærproduksjonseffekter av tilførslene i sjakk. Modellen gir imidlertid ikke noen tids-oppløsning som kan avdekke evt. problemer i stagnasjonsperioder eller perioder med høy temperatur/mye lys.

Ut fra avveiningen mellom å legge utslippet slik at fortynt avløpsvann fraktes raskest mulig ut av fjorden, og det at en må unngå effekter i øvre lag i forhold til at fjorden allerede synes overbelastet, anbefaler vi å legge ledningen i 35 m dyp, fortrinnsvis med Y-formet ende. Utslippet bør legges nærmest mulig munningen av Narestøfjorden. Detaljert utslippssted bør vurderes nærmere ut fra bunnforhold og bunn-biologien på stedet. Næringssalt-målingene indikerer påvirkning av kloakk eller andre utslipp i vannmassene, særlig vinterstid. Dette er et hovedgrunnlag for vår anbefaling. SFT gir i sitt nye veiledningshefte (SFT 1997) anbefaling om minimums måleomfang for næringsalter som ikke er tilfredsstillt i den siste undersøkelsen. En fullstendig prøvetakingsserie burde derfor uansett foretas.

4. GRUNTVANNSORGANISMER OG BLØTBUNNSFAUNA

Enkle undersøkelser av gruntvannsorganismer og bløtbunnsfauna ble gjort for å beskrive dagens tilstand i Narestøfjorden og danne referansegrunnlag for eventuelle senere undersøkelser. Et referansegrunnlag er nødvendig for å kunne påvise eventuelle effekter av utslippsendringene.

Tidligere er det undersøkt en bløtbunnsstasjon mellom Hvideberget og Skinnfelltanggen (1985 og 1984), og det ble derfor ikke ansett som nødvendig med flere prøvetakinger fra denne stasjonen før utslippenes endres. En undersøkelse av de mer lokale forhold rundt det kommunale utslippet styrker imidlertid tilstandsvurderingen, og det ble lagt opp til en forenklet prøvetaking i og rundt utslippsstedet.

En strandsonestasjon i Narestøfjorden er tidligere undersøkt to år på rad. Denne stasjonen, i tillegg til 5 nye stasjoner, inngår i denne undersøkelsen.

4.1 METODER

4.1.1 Stasjoner og prøvetaking

Strandsone

Undersøkelsen av gruntvannsorganismer omfatter registrering av alle makroskopiske alger (større enn 1 mm) og de vanligste dyrene på 0-1 meters dyp langs et ca. 50 meter langt belte langs stranden. Registreringen er kvalitativ og delvis kvantitativ ved at artenes forekomst (mengde) blir angitt etter en subjektiv skala:

- 1= enkeltfunn (e)
- 2= spredt (s)
- 3= vanlig (v)
- 4= dominerende (d).

Arter som var vanskelig å identifisere i felt ble samlet inn og senere mikroskopert i laboratoriet. Samme undersøkelsestype har vært brukt flere ganger i regionen.

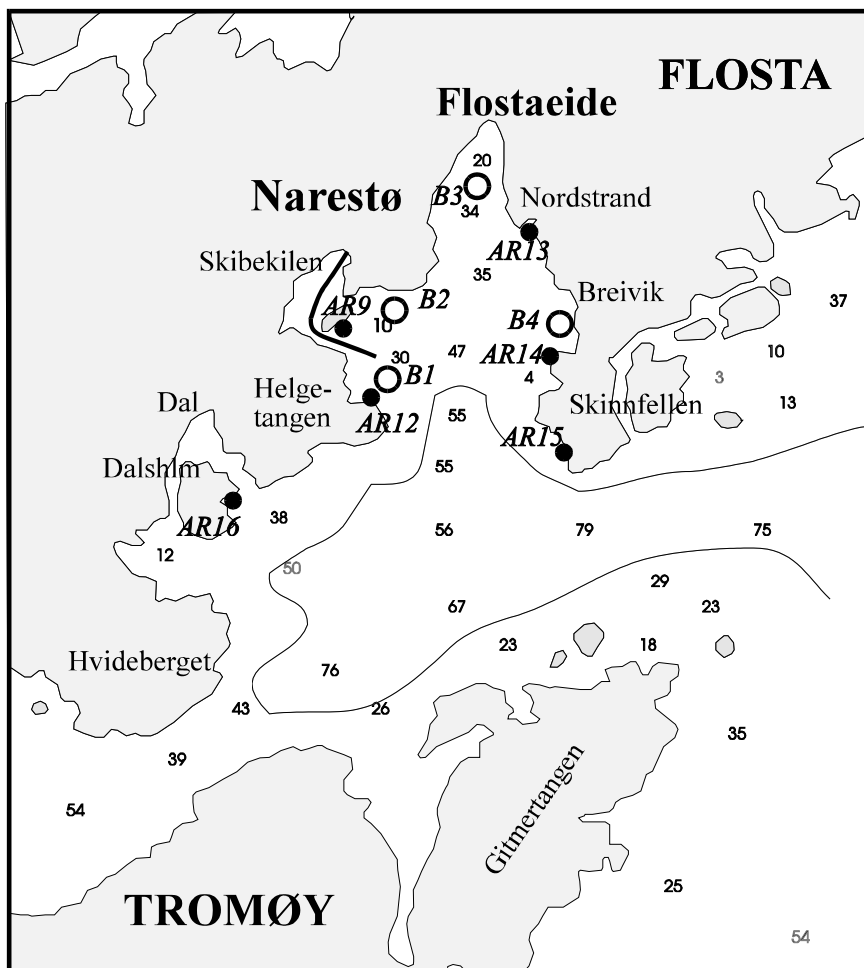
Alle stasjonene ligger i Narestøfjorden, med Dahlsholmen og Skinnfellodden som yttergrenser (Figur 7). Stasjonene på Langtønna (AR9) og Rønningsbukta (AR12) ligger i nærområdet til det kommunale utslippet, mens Nordstrand (AR13) representerer indre del av fjorden. De øvrige stasjonene ble plassert med ulik avstand til utslippet. Tilsammen 6 stasjoner ble undersøkt den 19. september 1996 under gode registreringsforhold (lite bølger, sol).

Stasjonen i Narestø (Langtønna) er tidligere undersøkt i 1993 og 1994 (Jacobsen et al. 1996).

Bløtbunn

Det ble tatt bunnprøver på fire stasjoner ved Narestøfjorden og Flosta (Figur 7). Stasjonene ble plassert med sikte på å gi en best mulig beskrivelse av dagens tilstand i grunne områder nær land. Stasjonene B1 og B2 ble tatt ganske nær dagens utslipp av kommunalt avløpsvann.

Prøvene ble tatt med en håndoperert 15 x 15 cm Ekman bunngrabb. Det viste seg vanskelig å få gode prøver på grunn av bunnforholdene, og det ble derfor bare tatt to parallelle grabbhugg på hver av stasjonene. Under prøvetakingen ble det gjort en visuell beskrivelse av bunnsedimentet og det ble kontrollert for innhold av hydrogensulfid (H_2S). Fra en av prøvene ble en delprøve av overflatesedimentet tatt av for analyse av sedimentvariable. Prøvene for fauna ble slått sammen og bearbeidet som en prøve. Denne representerer et bunnareal på ca. $0.05 m^2$.



Figur 7. Kart som viser stasjoner for undersøkelse av bløtbunn (o) og strandsone(•). Prøvetakingen ble foretatt 19. september 1996.

4.1.2 Fauna-analyser

Faunaprøvene ble siktet på 1 mm sikt og restmaterialet konserverert i 4 % nøytralisert formaldehydløsning. Ved opparbeidingen i laboratoriet ble dyrene sortert fra siktematerialet, identifisert og telt. Prøvene er bearbeidet og identifisert ved NIVA-Sørlandsavdelingen, Grimstad.

Sedimentprøvene ble analysert for partikkelsammensetning (innhold av finmateriale) og organisk innhold. Finmaterialet (partikler $<63 \mu m$) ble bestemt ved våtsikting. Organisk innhold ble bestemt som totalt organisk karbon (TOC) og totalt nitrogen (TN). TOC og TN ble analysert ved en elementanalysator etter at uorganiske karbonater var fjernet med saltsyre. Analysene ble utført ved NIVAs laboratorier i Oslo.

Prøvene vurderes dels på grunnlag av kunnskap om hva som er naturlig tilstand og dels på basis av SFTs kriterier for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (SFT 1993). Dette

systemet opererer med et sett av fem tilstandsklasser som går fra klasse I 'god tilstand' til klasse V 'meget dårlig tilstand'. Sedimentene vurderes på grunnlag av måleverdiene for TOC og TN, mens faunaen vurderes på grunnlag av artsrikhet og artsmangfold (=diversitet). Artsmangfoldet er et uttrykk for hvor variert faunaen er sammensatt og beregnes ved *Shannon-Wiener indeksen (H')*. Indeksen har et verdiområde fra null til ca. 5 og antar økende verdier ved økende antall arter og når individene er jevnt fordelt mellom artene. Lave verdier markerer dårlige forhold, mens verdiområdet 3-5 indikerer normale til gode forhold. I SFTs klassifisering er 'god tilstand' representert ved verdier >3.1 (SFT 1993).

4.2 RESULTATER

4.2.1 Strandsone

Det ble i alt registrert 49 fastsittende alger i Narestøfjorden. Av disse var 25 rødalger, 18 brunalger, 6 grønnalger. Til sammenligning ble det registrert 47 algearter i områdene rundt Grimstad med de samme metodene (Jacobsen et al. 1997), og tilsammen 43 alger i Kilsund, Narestø og Utnes i 1993 (Jacobsen et al. 1996).

Artssammensetning

Forekomst av utvalgte arter er vist i Tabell 9. Fullstendig artsliste er gitt i Vedlegg D. De vanligste artene i området var sagtang (*Fucus serratus*), rekeklo (*Ceramium*), strandtagl (*Chordaria flagelliformis*), finsveig (*Dictyosiphon foeniculaceus*), rugl (*Corallinaceae*) og rur (*Balanus*) (Tabell 9). Flere stasjoner hadde relativt mange påvekstalger på tangen, og gav inntrykk av noe næringsrike forhold. Dette var spesielt tilfelle for stasjon AR12 Rønningsbukta og AR13 Nordstrand. Det var ingen store forekomster av spesielt forurensningstolerante alger.

Et iøynefallende trekk var at blæretang (*Fucus vesiculosus*) kun vokste på to stasjoner (AR13, AR14). Denne tangen er ellers svært vanlig på grunt vann, og dominerer som regel øvre del av fjæra sammen med grisetang (*Ascophyllum nodosum*). Flere av stasjonene som manglet blæretang hadde til gjengjeld ensartet samfunn av brunalgen strandtagl (*Chordaria flagelliformis*) i øvre del av fjæra. Også på stasjon AR9 hvor det ble registrert blæretang i 1993 og 1994, var tangen borte og tydeligvis erstattet av strandtagl. Dette er trolig et resultat av den forutgående isvinteren med utstrakt isskuring i ytre strøk. Vanligvis vil flerårige arter som tang overleve vinteren i fjæra, men under isvintre kan fjell og steiner bli skurt helt rene av isen. Dermed kan slike enkeltarter etablere seg og dominere fjæra inntil tang og andre flerårige arter igjen okkuperer det meste av plassen. Strandtagl vokser best på steder som er eksponert mot bølgeslag, og er en vanlig art fra Svalbard til Frankrike. I Norge er den tilstede fra april til november.

Artsantall

På de enkelte stasjonene varierte artsantallet mellom 21 og 31. Sammenlignet med artsantallet på stasjon AR9 i 1993/1994 og andre registreringer i området, var artsantallet på de enkelte stasjonene noe lavt (Figur 8). På noen stasjoner kan det lave artsantallet forklares med isskuring, men også stasjoner som ikke har vært spesielt utsatt for isskuring hadde lavt artsantall (f.eks Skinnfellen, AR15). Det tyder på at det også kan være andre årsaker til det lave artsantallet, som f.eks at undersøkelsen ble foretatt noe senere på året enn de andre undersøkelsene, og at enkelte sommeralger var forsvunnet.

Stasjonene i Narestøfjorden hadde lav diversitet, spesielt Langtønna og Dahlsholmen. Disse stasjonene hadde samtidig lav verdi for jevnhet, som viser at et fåtall arter dominerer samfunnet (Figur 9).

Fordelingen mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger var normal (Figur 10). Det var ingen tydelig overvekt av grønnalger og få rødalger som det ofte vil være i belastede områder.

Langtønna (stasjon AR9) i 1993, 1994, 1996.

Stasjonen på Langtønna er undersøkt to ganger tidligere, i 1993 og 1994. Undersøkelsen ble gjennomført med de samme metoder som den foreliggende undersøkelsen.

Det ble registrert adskillig færre arter i 1996 enn i 1993 og 1994. Mens det kun ble registrert 26 arter på denne stasjonen i 1996, ble det registrert 37 arter i 1993 og 35 arter i 1994. Blant annet var flerårige arter som blæretang, krusflik, vanlig grønn dusk og blåskjell tilsynelatende forsvunnet fra lokaliteten i 1996, og erstattet av strandtagl og rekeklo. Endringene i øvre del av fjæra skyldes mest sannsynlig isskuring.

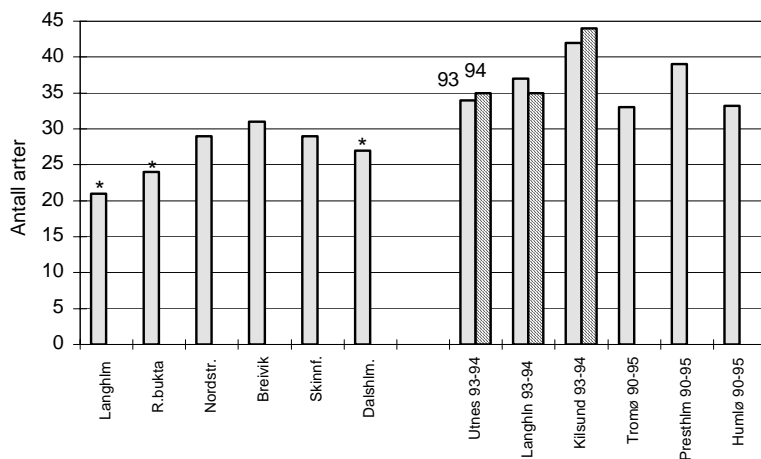
Vurderinger

Undersøkelsen viste generelt gode forhold, men med noe tegn til næringsrike forhold på østsiden av fjorden. Dette kan være effekter av et eller flere av utslippene, men også naturlige forhold. Dagens utslipp er små, og har trolig små effekter på vegetasjonen.

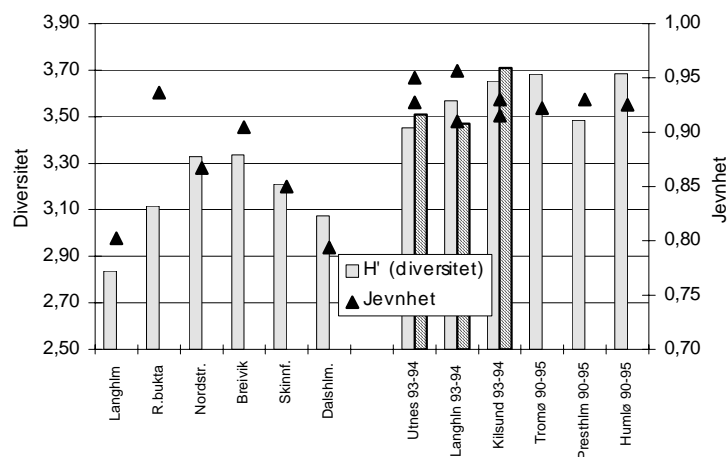
Siste års isskuring har redusert artsantallet i Narestøfjorden. Enkelte steder er tangen skurt bort, og det vil ta flere år før tangsamfunnet er tilbake til utgangspunktet før isskuringen. Tang har en strukturerende rolle i gruntvannssamfunnet, og fjerning av slike arter har påvirkning på det øvrige samfunnet.

Tabell 9. Forekomst av utvalgte arter i Narestøffjorden høsten 1996. Forekomsten er angitt etter følgende skala: e = enkeltfunn, s = spredt, v = vanlig, d = dominerende.

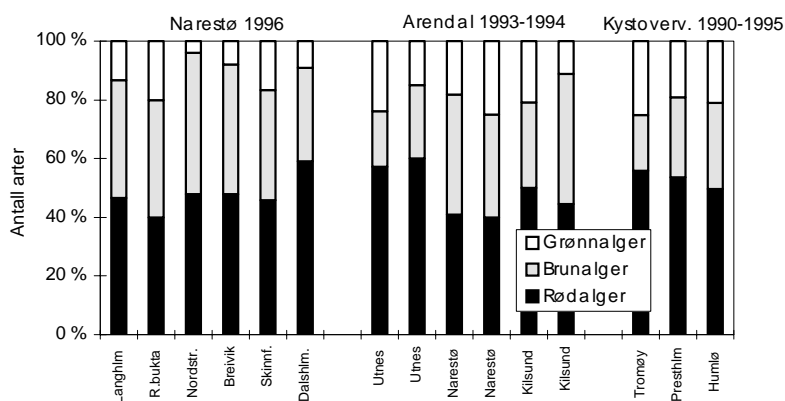
Stasjonsnummer		AR16	AR15	AR14	AR13	AR12	AR9	AR9	AR9
		Dals- holmen	Skinnfell -tangen	Breivik	Nord- strand	Rønnings- bukta	Lang- 1996	tønna 1993	1994
Tang	<i>Ascophyllum nodosum</i>				s				
	<i>Fucus serratus</i>	s	d	d	d	s	d	d	d
	<i>Fucus vesiculosus</i>			s	s			v	s
Under- vege- tasjon	<i>Coralinaceae</i> , skorpeformet	d	d	d	d	d	d	d	v
	<i>Chordaria flagelliformis</i>	d	s	s-v	v	d	d	e	s
	<i>Cruoria pellita</i>		v	v	v				s
	<i>Corallina officinalis</i>	s-v	s-v	s	s	s	s	v	s
	<i>Cystoclonium purpureum</i>	e-s	s	s-v	s	s		s	v
	<i>Chondrus crispus</i>	s	s-v	s	e-s			v	v
	<i>Cladophora rupestris</i>	s	v					s	s
	<i>Nemalion helminthoides</i>	e-s	e-s						
Typiske påvekst- alger	<i>Ceramium nodulosum</i>	d	d	d	d	d	d	v	v
	<i>Ulva lactuca</i>	s	s	s		s	s		
	<i>Ectocarpus</i> sp.	e-s	e-s	e-s	s	v	s	s	
	<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>	v-d	e-s	v	s	v			
	<i>Erythrothrichia carneae</i>	e-s			e-s		e-s		
	<i>Cladophora</i> sp.		s	e-s	v	s		e	s
Fauna	<i>Asterias rubens</i>	v	v	s	s	v	s	s	s
	<i>Balanus</i> sp.	d	v	v		v-d	v-d	d	d
	Hydroider på tang	v	v		v	s	v	d	v
	Mosdyr		v	v			v	d	d
	<i>Spirorbis</i> sp.			v-d	d				s



Figur 8. Antall arter registrert i Narestøfjorden i september 1996, sammenlignet med tidligere undersøkelser og nærliggende stasjoner (Jacobsen et al. 1996). Tromøy, Prestholmen og Humlø er Kystovervåkingsstasjoner i hhv. Arendal, Grimstad og Lillesand. Stjerner indikerer stasjoner som var preget av isskuring.



Figur 9. Diversitet og jevnhet på stasjonene i Narestøfjorden 1996, samt ulike referansestasjoner (se. figur 8).



Figur 10. Fordeling mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger på 6 stasjoner i Narestøfjorden i 1996 samt referansestasjoner.

4.2.2 Bløtbunn

Bunnsedimenter

På stasjonene B1 og B2 ved det kommunale utslippet var det forholdsvis grov sandbunn (Tabell 10). Det var ikke synlige forurensningsobjekter i prøvene og ingen lukt av sedimentet. På grunt vann (St. B2, 5 m) var det et betydelig innslag av skjellsand i prøvene bestående av sterkt forvitrede rester av muslinger og småsnegl. På B3 ved Flostæidet var det mørkt sediment med skjellrester og litt slagg. På B4 (5 m) i Breivik var det sort mudder med mye rester av ålegress og løsevrener alger. Sedimentet luktet av hydrogensulfid.

Sedimentanalysene viser at sandbunnen på st. B1 og B2 inneholdt svært lite finmateriale (Tabell 11). Også på B3 og B4 var det forholdsvis mye grovpartikulært materiale i sedimentene. Verdiene for organisk karbon (TOC) og nitrogen (TN) var lave på alle stasjonene, med unntak for en nokså høy verdi for nitrogen på st. B4. I henhold til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet faller verdiene for karbon og nitrogen innenfor tilstandsklassene I og II 'god/mindre god tilstand' på alle stasjonene (SFT 1993). Det er normalt med lave verdier for TOC og TN i sandholdige sedimenter.

Forholdstall mellom karbon og nitrogen (C/N-forholdet) kan brukes som en indikator på hva det organiske materialet i sedimentet består av og hvilken opprinnelse det har. Marint plankton er forholdsvis nitrogenrikt og har et forholdstall på 6-8. Fastsittende alger og plantemateriale fra land inneholder mindre nitrogen og har normalt forholdstall > 10 . I indre kystområder hvor det tilføres mye planterester fra land (dødt løv, gress, mose) og løsevrener alger fra strandsonen, vil C/N-forholdet i bunnsedimentene være omkring 10 eller høyere. Verdier lavere enn 6 tyder på tilførsler av spesielt nitrogenholdig materiale. Det forholdsvis lave C/N-forholdet på st. B3, beliggenheten tatt i betraktning, og det svært lave forholdstallet på B4 kan derfor tyde på en nitrogenkilde i området. På B4 kan imidlertid sedimentene også være påvirket av ålegresset som har nitrogenbindende bakterier i rotsystemet. I undersøkelser har det vært påvist økte nitrogenverdier i sedimenter under dekke av ålegress (Kenworthy et al. 1982).

Resultatene viser at området ved dagens utslipp er betydelig strømpåvirket. I dette området avsettes det så godt som ikke finmateriale. På de to andre stasjonene tilføres det skjellrester og løsevrener alger fra strandområdene omkring som bidrar til grovmaterialet i sedimentet. Det lave innholdet av finmateriale indikerer at også disse områdene påvirkes av strøm, i hvert fall periodevis.

Bunnfauna

På stasjon B1 var det få arter og individer i prøvene og nedsatt artsmangfold (Tabell 12). Dette er vanlig på sandbunn og har sammenheng med at substratet er ustabil. På stasjon B2 var det også forholdsvis lave arts- og individtall, men normalt artsmangfold.

På B3 ved Flostæidet og B4 i Breivik var det omtrent normale arts- og individtall. Individuttallene i prøvene tilsvarer en tetthet på 3000-4000 ind/m², noe som er innen normale grenser for kystområder. Artsmangfoldet var også normalt og faller i klasse I 'god tilstand' etter SFTs kriterier for miljøkvalitet.

Fåbørstemarken *Tubificoides benedii*, som dominerte på st. B4, opptrer ofte i organisk anrikede sedimenter. Trolig er dette tegn på en viss organisk påvirkning. Flere av de andre artene på lokaliteten er tolerante for organiske tilførsler, men generelt må artssammensetningen karakteriseres som normal for grunt vann. Børstemarken *Platynereis dumerilii* er en karakterart i beskyttede områder med ålegressvegetasjon. Lignende artssammensetning er for eksempel påvist på grunt vann i Isefjærfjorden i Høvåg (Fylkesmannen i Aust-Agder 1993).

De viktigste artene på st. B3 er vanlig forekommende i dypere bløtbunnsområder på kysten. Børstemarken *Myriochele oculata* og slangestjernen *Amphiura filiformis* er begge arter som begunstiges av moderate organiske tilførsler, men som blir borte ved tung organisk belastning. Rygg (1995) klassifiserer artene som vanligst ved lavt arts mangfold og som tolerante for forurensninger.

Vurderinger

Utslipet av kommunalt avløpsvann ved Narestø ligger i et godt strømpåvirket område. Bunnsedimentene inneholdt lite finmateriale, var friske og hadde lavt organisk innhold. Bunnfaunaen besto av arter som normalt forekommer på sandbunn. Undersøkelsen har derfor ikke kunnet påvise noen effekter av utslippene, men det må understrekes at prøvetakingen ikke er tilstrekkelig til å gi en sikker karakterisering av tilstanden.

Ved Flostæidet innenfor Narestø og i Breivik er det mer lokal beskyttelse slik at finmateriale avsettes på bunnen. På bunnen avsettes også døde skjell og snegl og løsevne alger som tilføres fra strandområdene omkring. Dette er normalt for strandnære områder i kystsonen. Generelt var det lavt organisk innhold i bunnsedimentet og normal bunnfauna i begge områdene. I Breivik var det imidlertid lukt av hydrogensulfid og dominans av fåbørstemark, noe som viser at tilførslene er i overkant av den naturlige nedbrytningskapasiteten i området.

Sedimentanalysene fra stasjonene ved Flostæidet og Breivik kan tyde på at det er særlige tilførsler av nitrogen i området. Også undersøkelsene av fjæreorganismer tyder på noe næringsrike forhold i denne delen av fjorden (kap. 4.2.1). Det er mulig at dette kommer fra utslippene i området. Ved undersøkelsene av vannkvalitet i Arendal kommune i 1992-94 ble det flere ganger påvist forholdsvis høye nitrogenverdier i vannmassene utenfor Narestø (Jacobsen et al. 1996). I samme undersøkelse ble det også funnet ganske høyt innhold av organisk materiale i bunnsedimentet på dypere vann utenfor Narestø (56 m), men her var C/N-forholdet normalt.

Tidligere undersøkelser av bunnfaunaen utenfor Narestø (56 m) har vist at faunaen var artsrik og hadde en sammensetning lik det man finner i andre ytre områder på kysten (Jacobsen et al. 1996). Tilsammen gir derfor denne og de tidligere undersøkelsene av bunnfauna inntrykk av at fjordområdet ved Narestø var lite påvirket av tilførsler av næringssalter og organisk materiale.

Tabell 10. Bunnprøvetaking i Narestø 19. september 1996: Stasjoner, dyp, visuelle observasjoner og karakteristikk av grovmaterialet i prøvene.

St.	Beliggenhet	Dyp m	Visuelle observasjoner	Karakteristikk av sikterest
B1	Helgetangen (ved utslipp)	30	Sandbunn. Ingen lukt.	Litt grov mineralsand og fin grus. Noen få skallrester av muslinger.
B2	Narestø	5	Sandbunn. Ingen lukt.	Skjellsand og fin grus. Skallrester finfordelte og sterkt forvitret, mest rester av muslinger og småsnegl (<i>Bittium</i> , <i>Littorina</i> , <i>Rissoa</i>). Skall av østers. Noen småstein.
B3	Flostæidet	30	Sort mudder. Ingen lukt.	Forholdsvis grov skjellsand, rester av muslinger (<i>Venus</i> , <i>Thyasira</i> , <i>Astarte</i>), snegl (<i>Bittium</i> , <i>Turritella</i> , <i>Littorina</i>), noen rur og kalkplater av kråkeboller. Litt grus og småbiter av slagg. Noe rester av tang og plantemateriale fra land.
B4	Breivik	5	Sort mudder. Lukt av hydrogensulfid.	Mye (ca. 1 liter) grovmateriale. Mye rester av ålegress (<i>Zostera</i>) under nedbrytning. Løsrevne rødalger og grønnaalger. Mange døde skall av større snegl (strandsnegl, purpursnegl). Også endel finere skjellsand, vesentlig rester av småsnegl (<i>Bittium</i> , <i>Hydrobia</i>). Litt rester av skjell og kalkplater av kråkeboller.

Tabell 11. Bunnsedimenter i Narestø 19. september 1996. Resultater for finpartikulært materiale (% < 0.063 mm), totalt organisk karbon (TOC), totalt nitrogen (TN) og forholdstallet mellom karbon og nitrogen (C/N-forhold) er vist. Tilstandsklasser i henhold til SFTs kriterier for vurdering av miljøkvalitet er også vist: I 'god', II 'mindre god' (SFT 1993).

Stasjon	Beliggenhet	Finmateriale %	TOC mg/g	TN mg/g	C/N	Klasse TOC / TN
B1	Helgetangen	3.7	2.8	< 1.0	-	I/I
B2	Narestø	1.9	2.3	< 1.0	-	I/I
B3	Flostæidet	23.2	11.6	1.8	6.4	I/I
B4	Breivik	11.3	11.3	3.3	3.4	I/II

Tabell 12. Bunnfauna i Narestø 19. september 1996. Tabellen gir individtall for de viktigste artene, og oversikt over antall registrerte arter, totalt individtall og arts mangfold i prøvene. På hver stasjon ble det innsamlet 2 prøver med Ekman bunngrabb, tilsvarende en bunnflate på ca. 0.05 m². Verdier for arts mangfold (Shannon-Wiener H') > 3.1 tilsvarer tilstandsklasse I 'god' i henhold til SFTs kriterier for vurdering av miljøkvalitet. Fullstendige resultater er gitt i Vedlegg E.

	Stasjon	B1	B2	B3	B4
NEMERTINI (båndmark)		-	-	5	1
POLYCHAETA (mangebørstemark)					
<i>Pholoe</i> sp.		1	-	3	2
<i>Phyllodoce</i> sp., juv.			-	2	5
<i>Platynereis dumerilii</i>		-	9	-	8
<i>Scoloplos armiger</i>		10	2	8	8
<i>Prionospio fallax</i>		-	-	11	-
<i>Chaetozone setosa</i>		-	-	4	-
<i>Myriochele oculata</i>		-	-	97	-
<i>Pectinaria auricoma</i>		-	-	5	-
<i>Sosane sulcata</i>		-	-	6	-
<i>Eupolymnia nesidensis</i>		-	8	-	5
OLIGOCHAETA (fåbørstemark)					
<i>Tubificoides benedii</i>		-	3	-	52
CRUSTACEA (krepsdyr)					
<i>Corophium</i> sp.		-	3	1	6
<i>Amphipoda</i> ind.		-	12	-	8
<i>Galathea intermedia</i>		-	-	-	3
BIVALVIA (muslinger)					
<i>Corbula gibba</i>		-	-	2	1
<i>Mysella bidentata</i>		-	-	4	-
ECHINODERMATA (pigghuder)					
<i>Amphiura filiformis</i>		-	-	10	-
<i>Echinocardium cordatum</i>		-	2	-	1
ASCIDIACEA (sekkedyr)		-	8	-	1
Samlet artstall		7	17	39	32
Samlet individtall		16	58	197	124
Arts mangfold Shannon-Wiener H' (log 2)		1.9	3.7	3.4	3.6

5. REFERANSER

- Aanderaa 1994. DCM 12 Doppler Current Meter. Operating Manual, preliminary version. Aanderaa Instruments, Bergen, Norway.
- Bjerkeng, B. og Lesjø, A., 1973: Mixing of a jet into a stratified environment. PRA 5.7. NIVA-rapport O-126/73. Oslo.
- Dahl, F.E. og E.S: Danielsen 1986. Resipientundersøkelser i Arendalsområdet i perioden 1975-1979. Flødevigen meldinger nr. 6 - 1987. 205s.
- Helland, A. 1993. Nitriden-industriområde i Arendal. Prosjektområde 6: Sedimenter i Tromøysund og Heggedalsbukta. NIVA-rapport 2846. 73s.
- Helland, A., T. Bakke, T. Jacobsen, J. Magnusson 1995. Nitriden. Utvidete undersøkelser av den marine resipient. Heggedalsbukta, Buesund og Tromøysund. NIVA-rapport 3315. 44 pp + vedl.
- Jacobsen, T., E. Dahl, E. Oug 1994. Miljøstatus i vannforekomstene i Aust-Agder. Del II. Marine resipienter. NIVA/HFF. Rapp. nr. 3154. 115s + vedl.
- Jacobsen, T., E. Dahl, E. Oug, T. Johannessen, F. Moy 1997. Tilstanden i sjøområdene ved Grimstad før start av biologisk renseanlegg på Groos. NIVA-rapport nr. 3622-97.
- Jacobsen, T., E. Oug, J. Magnusson 1996. Vannkvalitet i kystområdene i Arendal kommune 1992-1994. NIVA-rapport 3378-95, 100s.
- Næs, K., Oug, E., Knutzen, J. & Moy, F. 1991. Resipientundersøkelse av Tromøysund. Bunnsedimenter, organismer på bløt- og hardbunn, miljøgifter i organismer. NIVA rapport O - 89170, L.nr. 2645.
- Pedersen A., J. Aure, E. Dahl, N.W. Green, T. Johnsen, J. Magnusson, F. Moy, B. Rygg, M. Walday 1995. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Fem års undersøkelser: 1990 - 1994. Hovedrapport. Overvåkingsrapport nr. 624/95. TA-nr. 1264/1995. NIVA-rapport nr.3332.
- Wikander 1986. Egnethetsundersøkelser for havbruk i Aust-Agder fylke. NIVA-rapport 1898. 159 s.
- Kenworthy, W.J., J.C. Zieman & G.W. Thayer 1982. Evidence for the influence of seagrasses on the benthic nitrogen cycle in a coastal plain estuary near Beaufort, North Carolina (USA). *Oecologia* 54: 152-158.
- Molvær 1996. Grovvurderinger av miljøeffekter fra havbruksvirksomhet ved Viddeberget ved Tromøysund. Notat O-90023. 28s.
- Rygg, B. 1995. Indikatorarter for miljøtilstand på marin bløtbunn. Klassifisering av 73 arter/taksa. En ny indeks for miljøtilstand, basert på innslag av tolerante og ømfintlige arter på lokaliteten. NIVA rapport nr. 3347. 68 s.
- SFT 1993 (Rygg, B., og I. Thelin). Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkninger av næringssalter. SFT Veiledning 93:04. SFT TA-924/1993.

SFT 1997 (Molvær, J., J. Knutzen, J., Magnusson, B. Rygg, J. Skei og J. Sørensen). Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT Veiledning 97:03. SFT TA-1467/1997. Oslo. 36 s.

Vedlegg A. Hydrografi

Vedleggstabell A1. 1996/1997.

Temperatur og saltholdighet i Narestøfjorden høsten/vinteren
Data fra 28.11.96 og 15.1.97 er vist i figur 6 i rapporten.

Dato: 12-9-96			19.9.96			27.9.96			5.10.96		
Dyp	Temp	Salt	Dyp	Temp	Salt	Dyp	Temp	Salt	Dyp	Temp	Salt
0	16,2	25,3	0	15,7	26,3	0	11,6	31,4	0	13,2	31,4
0,5	16,2	25,2	0,5	15,7	26,3	0,5	11,3	31,4	0,5	13,2	31,5
1	16,2	25,1	1	15,6	26,4	1	11,6	31,4	1	13,3	31,5
2	16,1	25,1	2	15,5	26,5	2	11,8	31,4	2	13,3	31,4
3	16,1	25,1	3	15,5	26,6	3	11,5	31,3	3	13,3	31,4
4	16,1	25,2	4	15,5	27,2	4	11,5	31,3	4	13,3	31,4
5	16,2	25,3	5	15,9	27,7	5	13,3	31,5	5	13,3	31,5
6	16,2	25,3	6	15,7	29,7	6	13,3	31,5	6	13,3	31,6
7	16,2	25,4	7	15,6	30,4	7	13,3	31,6	7	13,3	31,6
8	16,2	25,5	8	15,5	30,5	8	13,3	31,6	8	13,3	31,6
9	16,2	25,6	9	15,4	30,7	9	13,3	31,6	9	13,2	31,7
10	16,1	25,7	10	14,8	31,8	10	13,3	31,7	10	13,1	31,7
11	16,0	25,7	11	14,7	31,9	11	13,3	31,8	11	13	31,8
12	16,0	25,9	12	14,6	32,0	12	13,3	31,9	12	13	31,9
13	16,0	25,9	13	14,5	32,2	13	13,4	32	13	13,1	31,9
14	16,0	25,9	14	14,2	32,4	14	13,4	32	14	13,2	31,8
15	16,1	26,2	15	14,0	32,6	15	13,5	32,1	15	13,1	32
16	16,1	26,1	16	14,0	32,8	16	14,2	32,3	16	13,2	31,8
17	16,2	26,2	17	14,0	32,9	17	14,2	32,5	17	13,1	31,6
18	16,3	27,8	18	13,8	32,8	18	14,2	32,6	18	13	31,7
19	16,2	28,9	19	13,8	33,0	19	14	32,7	19	13	31,7
20	16,1	30,3	20	13,8	33,1	20	13,9	32,8	20	12,9	31,7
21	15,8	31,1	21	13,6	33,0	21	13,5	32,8	21	12,9	31,7
22	15,3	32,2	22	13,5	33,0	22	13,3	32,9	22	13	31,8
23			23	13,3	33,2	23	12,8	33,1	23	13	31,9
24			24	12,9	33,2	24	12,7	33,2	24	12,4	32,1
25	13,9	33,2	25	12,8	33,2	25	12,3	33,3	25	11,8	33,7
26			26	12,5	33,2	26	11,8	33,4	26	11,8	33,8
27			27	12,5	33,3	27	11,3	33,4	27	11,2	34,2
28			28	12,4	33,4	28	11,2	33,5	28	11,2	34,4
29			29	12,1	33,4	29	11	33,5	29	11,2	34,4
30	12,4	33,6	30	12,0	33,4	30	10,8	33,7	30	11,2	33,8
			32	11,5	33,5						
40	10,9	33,9	34	11,5	33,6						

Vedleggstabell A1 forts.

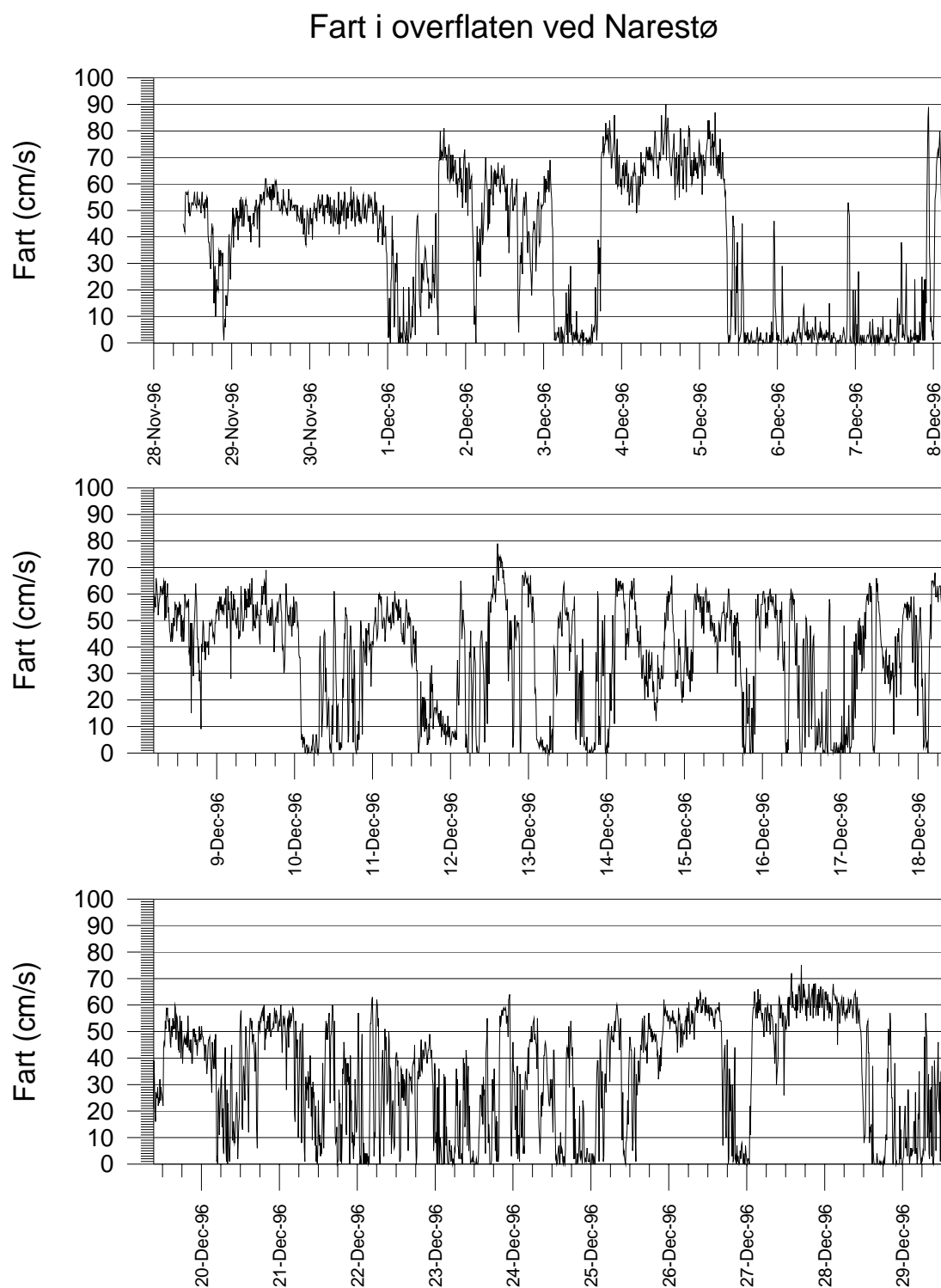
10.10.96			21.10.96*			27.10.96*			2.11.96*		
Dyp	Temp	Salt	Dyp	Temp	Salt	Dyp	Temp	Salt	Dyp	Temp	Salt
0	11,6	31,1	0	10,5	29,0	0	9,4	21,4	0	9,6	28
0,5	11,6	31,1	0,5	10,6	29	0,5	9,4	21,4	0,5	9,8	28
1	11,7	31,2	1	10,7	29,1	1	9,6	21,5	1	9,8	28
2	12,2	33,2	2	10,7	29,1	2	10,6	28,5	2	10,1	28
3	12,4	33,1	3	10,7	29,1	3	10,8	28,7	3	10,2	28,1
4	12,3	33,1	4	10,7	29,1	4	11	29,5	4	10,4	28,2
5	12,2	33,2	5	10,8	29,1	5	11,2	29,8	5	10,4	28,9
6	12,2	33,2	6	10,9	29,2	6	11,3	30,2	6	10,5	29,4
7	12,2	33,2	7	11,0	29,2	7	11,4	30,6	7	10,5	29,4
8	12,1	33,1	8	11,1	29,4	8	11,4	30,8	8	10,6	29,4
9	12,1	33,1	9	11,2	29,6	9	11,6	31	9	10,8	29,5
10	12,0	33,4	10	11,3	30,1	10	11,6	31,1	10	10,9	30,1
11	12,0	33,4	11	11,4	30,1	11	11,7	31,2	11	10,9	30,4
12	12,0	33,4	12	11,6	30,5	12	11,7	31,3	12	11	30,4
13	12,0	33,4	13	11,7	30,7	13	11,7	31,3	13	11	30,5
14	12,0	33,4	14	11,7	30,8	14	11,7	31,3	14	11	30,5
15	12,0	33,5	15	11,7	30,9	15	11,6	31,4	15	11	30,7
16	12,0	33,5	16	11,8	31,1	16	11,6	31,4	16	11,1	30,7
17	12,0	33,5	17	11,8	31,3	17	11,6	31,5	17	11,1	30,9
18	12,0	33,5	18	11,8	31,4	18	11,6	31,8	18	11,2	31
19	11,8	33,6	19	11,8	31,4	19	11,7	31,9	19	11,2	31
20	11,7	33,6	20	11,8	31,5	20	11,8	32	20	11,2	31,1
21	11,7	33,7	21	11,8	31,8	21	11,8	32,1	21	11,2	31,1
22	11,8	33,8	22	11,8	32,1	22	11,9	32,3	22	11,2	31,2
23	11,8	33,8	23	11,9	32,3	23	11,9	32,4	23	11,2	31,4
24	11,8	33,8	24	11,9	32,4	24	11,9	32,5	24	11,2	31,5
25	11,1	33,9	25	11,9	32,5	25	11,9	32,6	25	11,2	31,5
26	11,1	33,9	26	11,9	32,6	26	11,9	32,6	26	11,3	31,5
27	11,1	33,9	27	11,9	32,6	27	11,9	32,6	27	11,3	31,6
28	10,5	35,0	28	11,9	32,7	28	11,8	32,6	28	11,3	31,7
29	10,0	35,2	29	11,9	32,8	29	11,8	32,6	29	11,3	32,1
30	10,0	35,2	30	11,8	32,9	30	11,8	32,6	30	11,4	32,2

Vedleggstabell A1 forts.

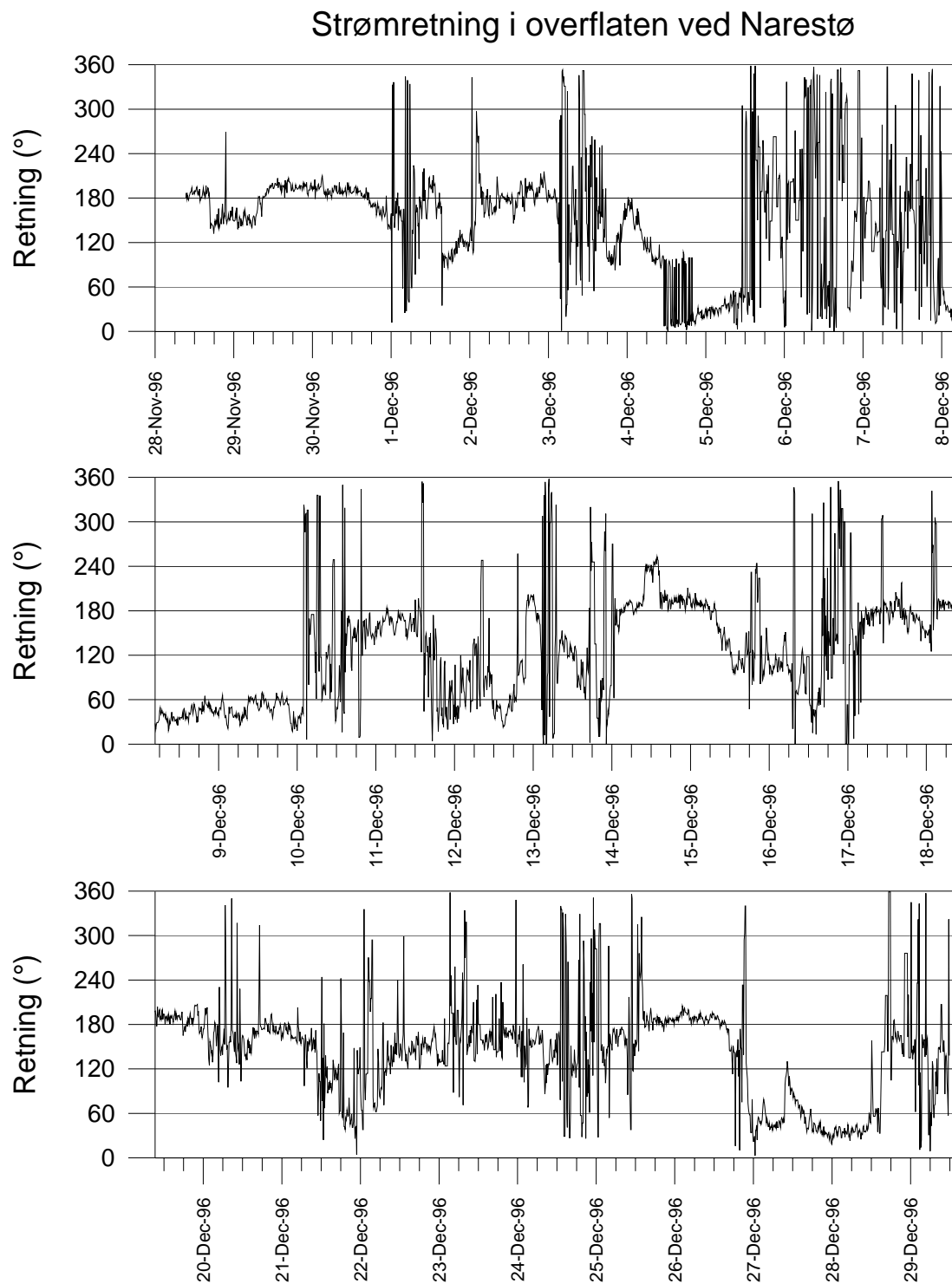
8.11.96*			17.11.96*		
Dyp	Temp	Salt	Dyp	Temp	Salt
0	9,6	31,0	0	9,0	32,0
0,5	9,7	31	0,5	9,0	32
1	9,9	31,4	1	9,0	31,9
2	10,4	32,9	2	9,0	32,1
3	10,9	33,2	3	9,0	32,1
4	11,1	33,4	4	9,0	32,2
5	11,1	33,5	5	9,0	32,2
6	11,1	33,6	6	9,0	32,3
7	11,1	33,6	7	9,1	32,5
8	11,2	33,6	8	9,5	32,6
9	11,2	33,6	9	9,7	32,6
10	11,2	33,6	10	9,7	32,7
11	11,2	33,6	11	9,7	32,8
12	11,2	33,6	12	9,8	33,0
13	11,2	33,6	13	9,8	33,1
14	11,2	33,6	14	9,8	33,1
15	11,2	33,6	15	9,8	33,1
16	11,2	33,6	16	9,8	33,2
17	11,2	33,6	17	9,8	33,2
18	11,2	33,6	18	9,8	33,2
19	11,2	33,6	19	9,9	33,2
20	11,2	33,6	20	9,9	33,2
21	11,2	33,7	21	9,9	33,2
22	11,2	33,7	22	9,9	33,2
23	11,2	33,7	23	9,9	33,2
24	11,2	33,7	24	9,9	33,3
25	11,2	33,7	25	9,9	33,3
26	11,2	33,7	26	9,9	33,4
27	11,2	33,7	27	9,9	33,4
28	11,2	33,7	28	9,9	33,4
29	11,2	33,7	29	10,0	33,5
30	11,2	33,7	30	10,0	33,5

* Målt med Salinity and Temperature Bridge. Type M.C.5. Kent EIL5005. Resten er målt med salinoterm.

Vedlegg B. Figurer fra strømmålingene

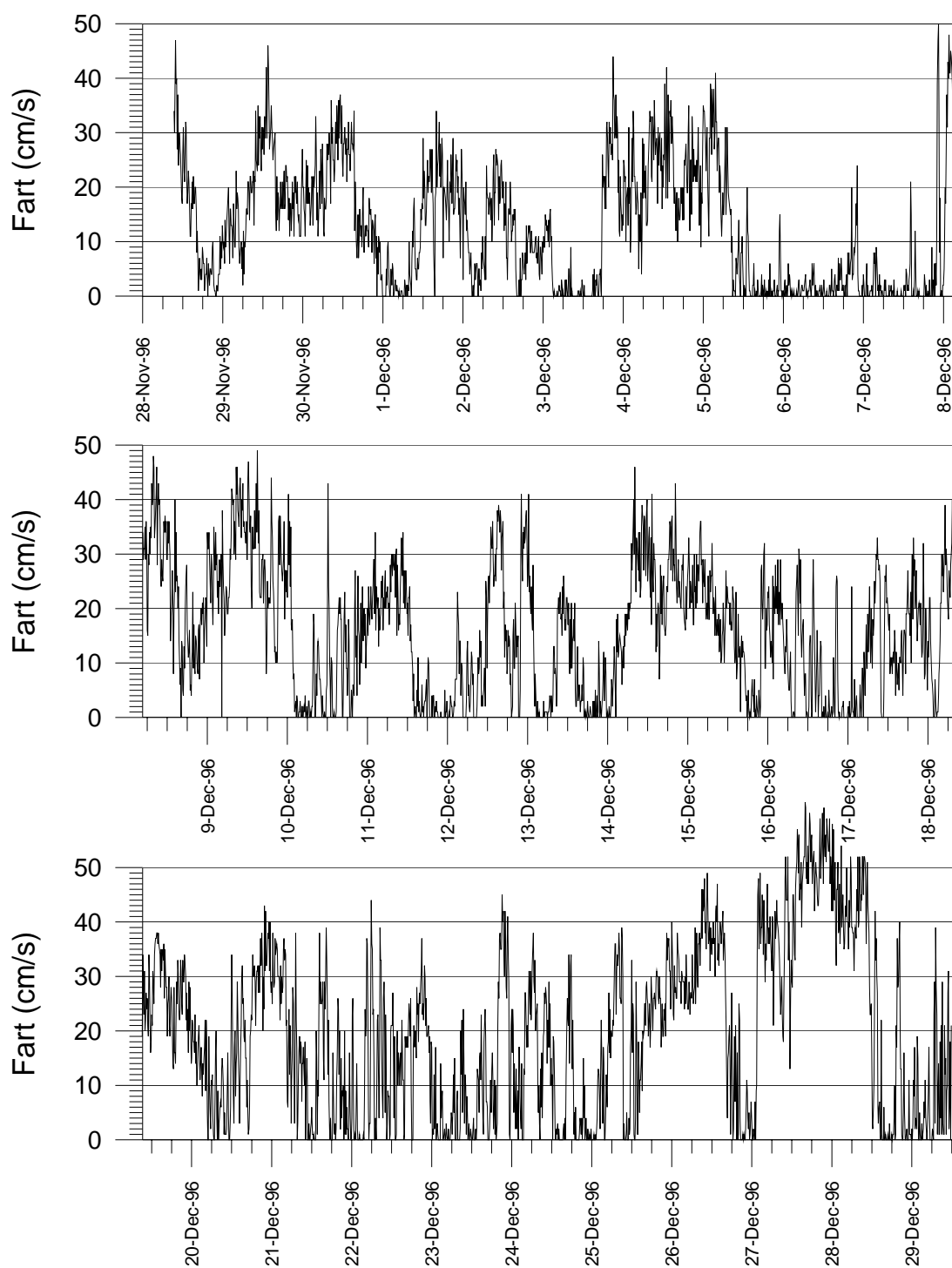


Figur B11. Strømfart i 0 m dyp ved Narestø.

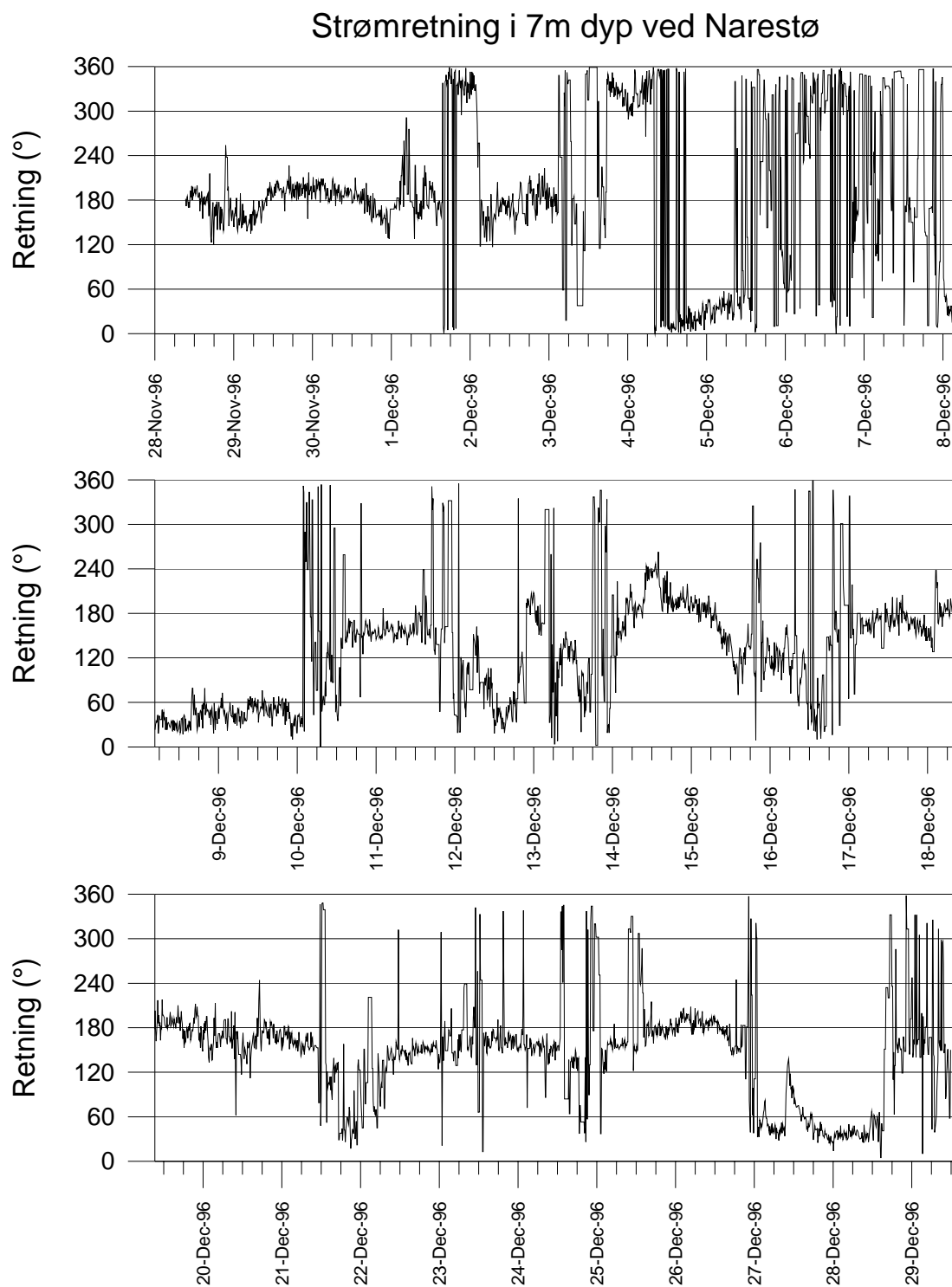


Figur B12. Strømretning i 0 m dyp ved Narestø.

Fart i 7 m dyp ved Narestø

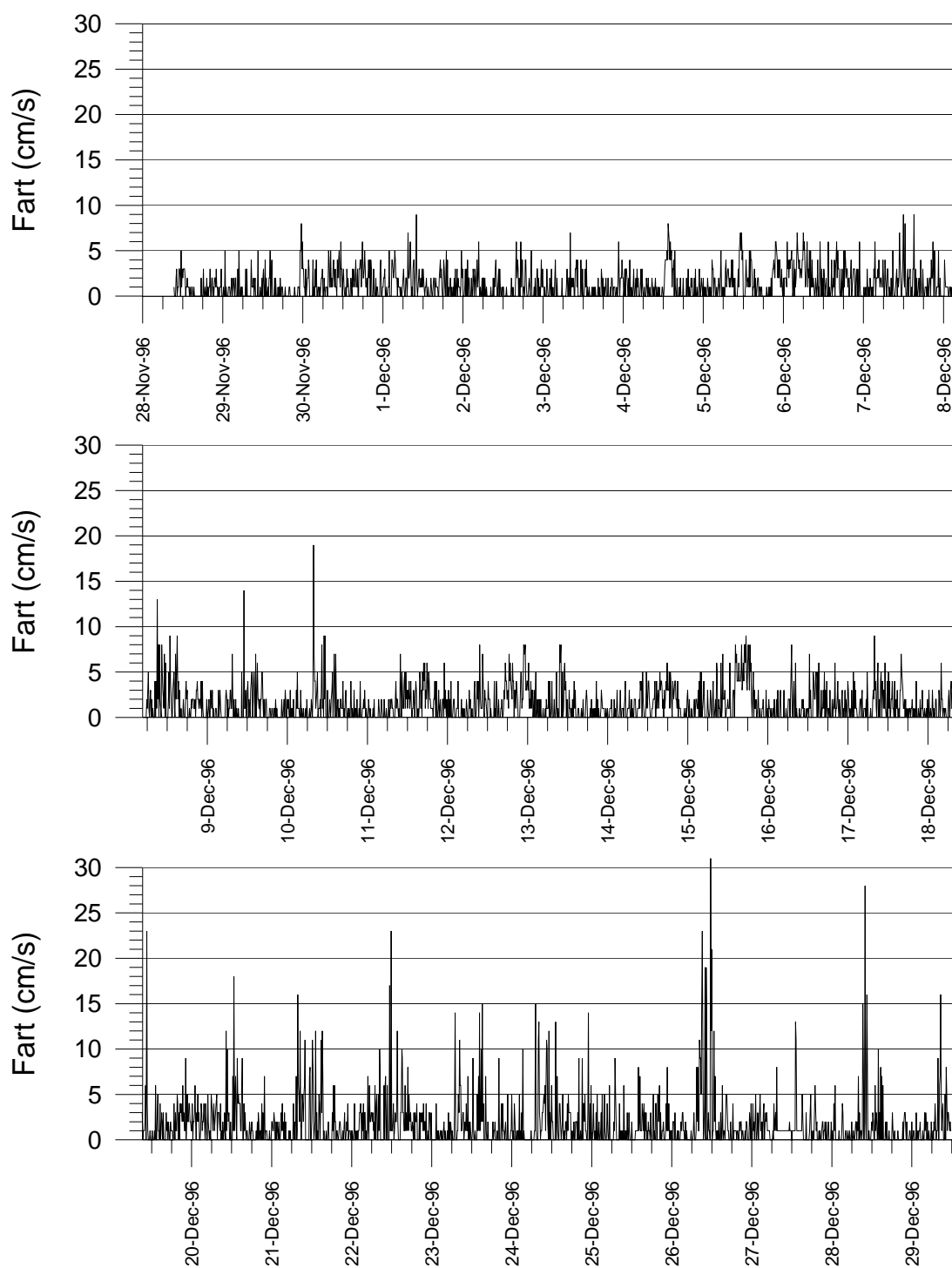


Figur B13. Strømfart i 7 m dyp ved Narestø.

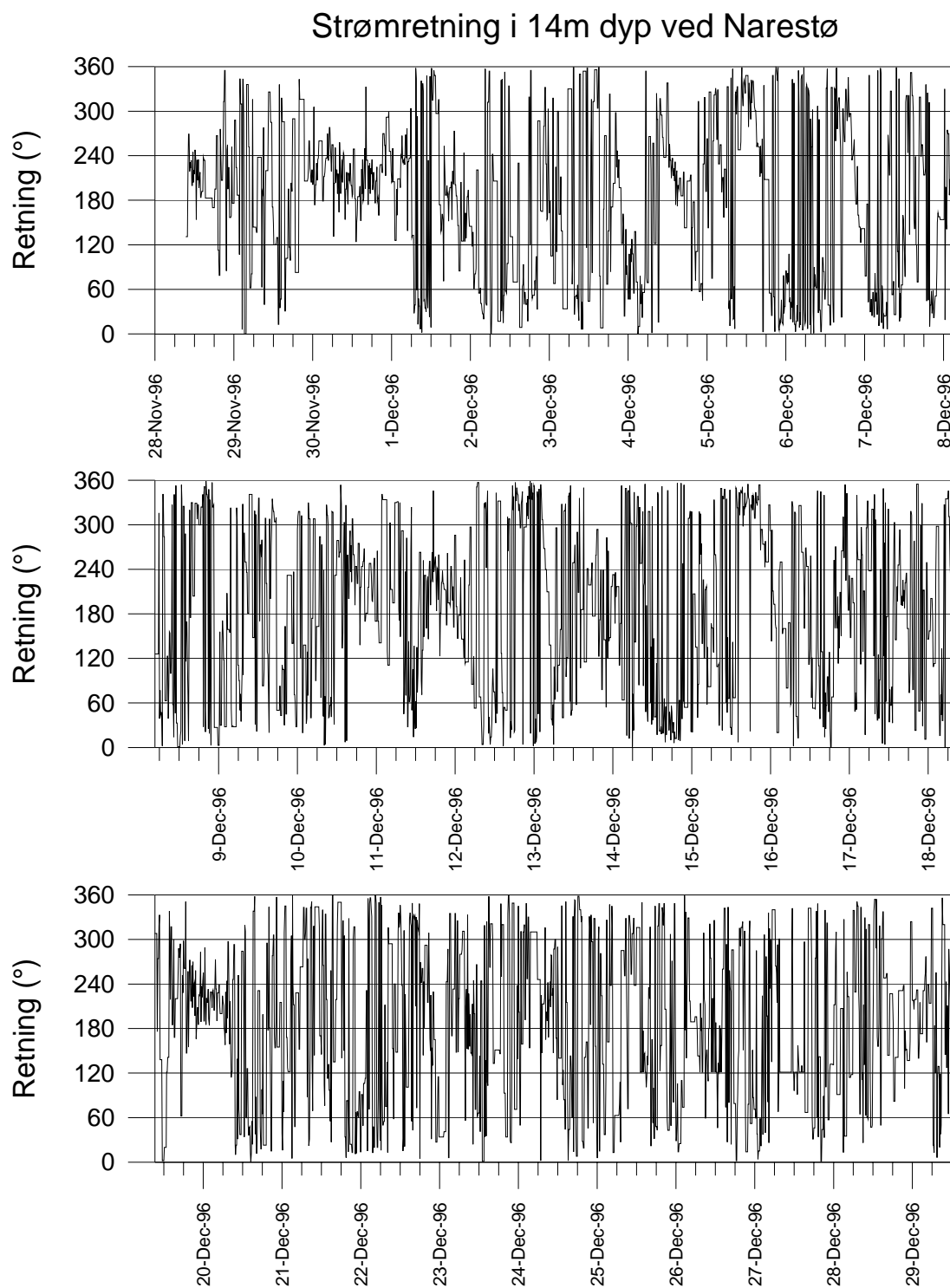


Figur B14. Strømretning i 7 m dyp ved Narestø.

Fart i 14 m dyp ved Narestø

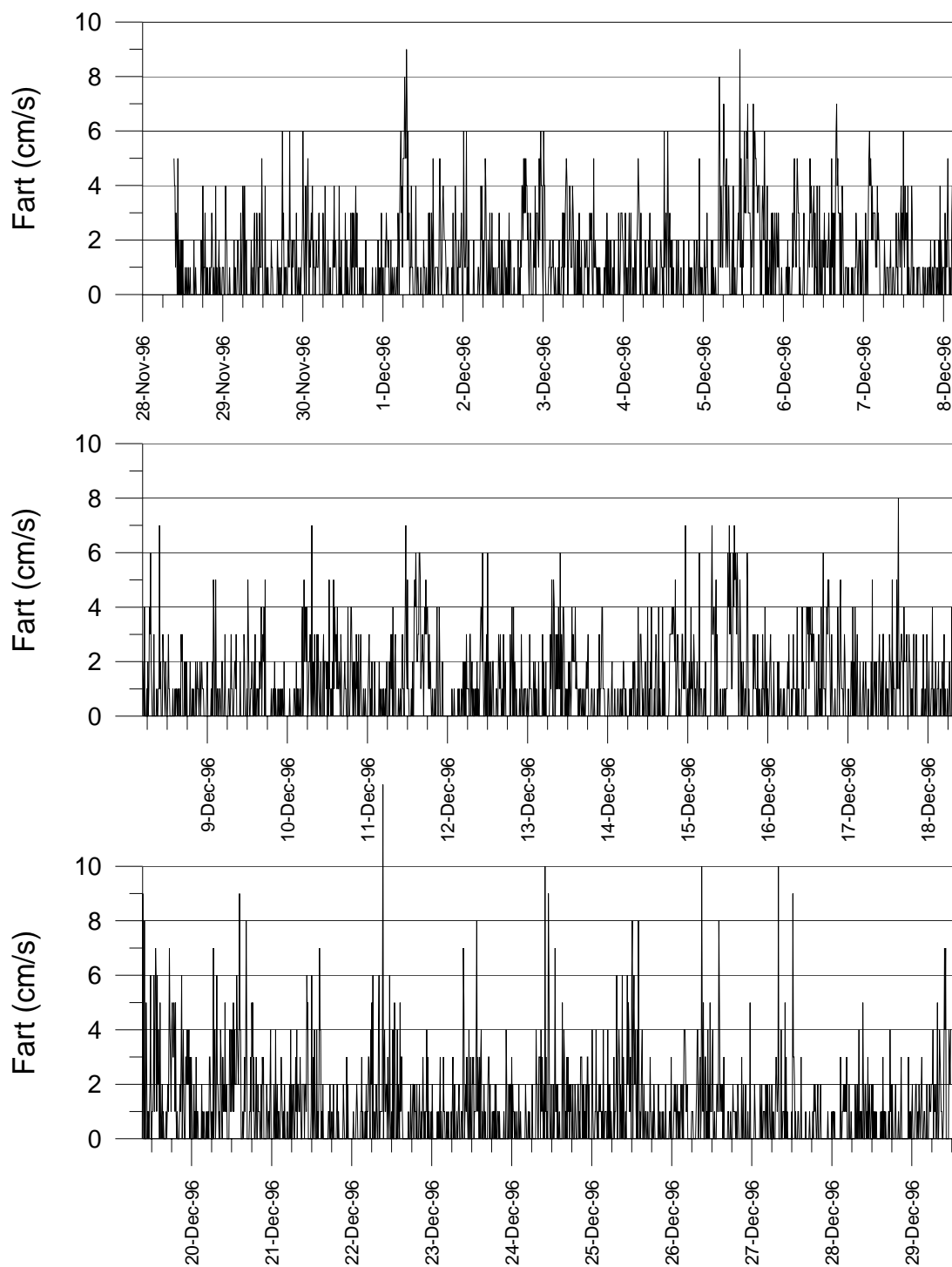


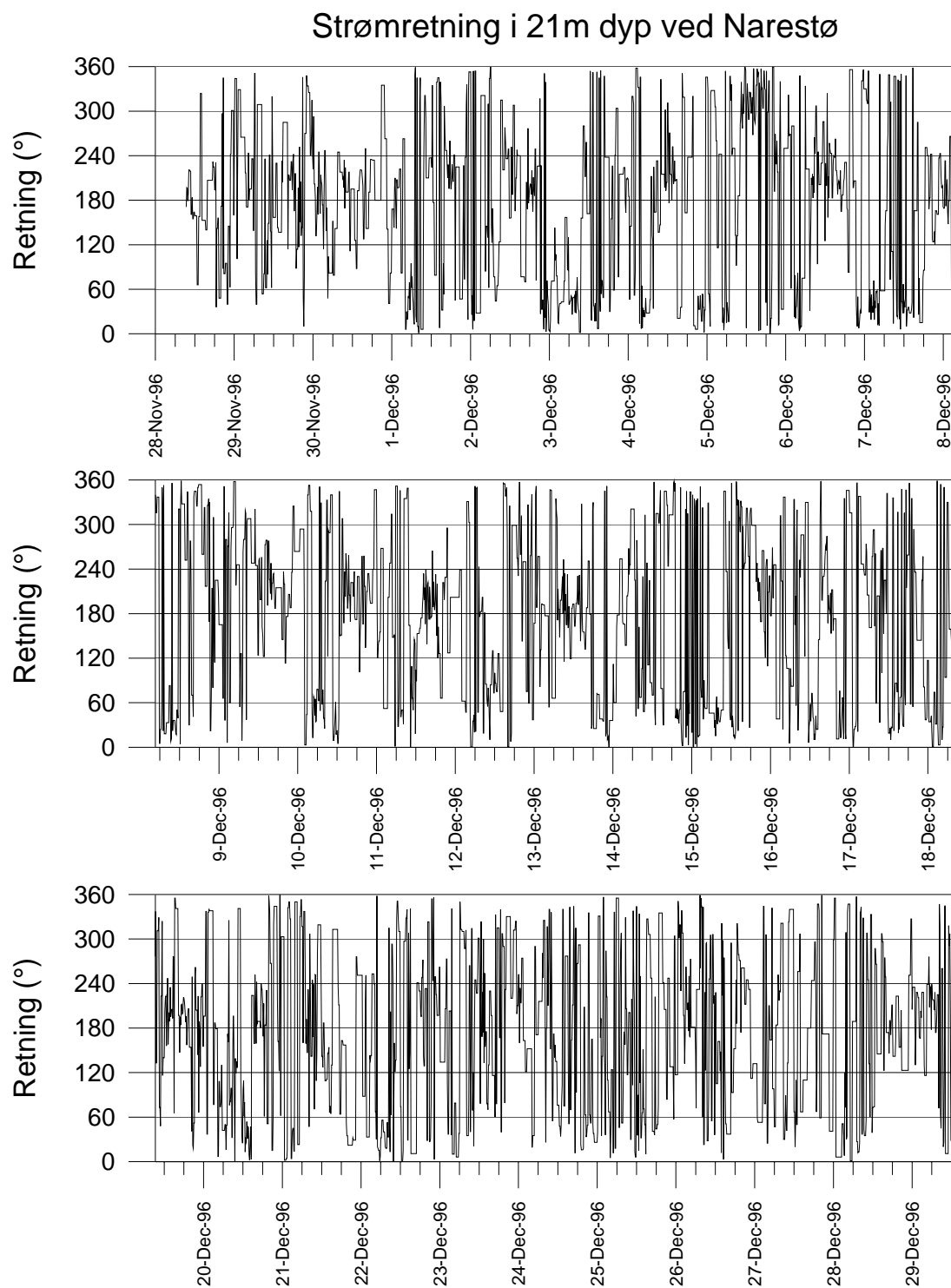
Figur B15. Strømfart i 14 m dyp ved Narestø.



Figur B16. Strømretning i 14 m dyp ved Narestø.

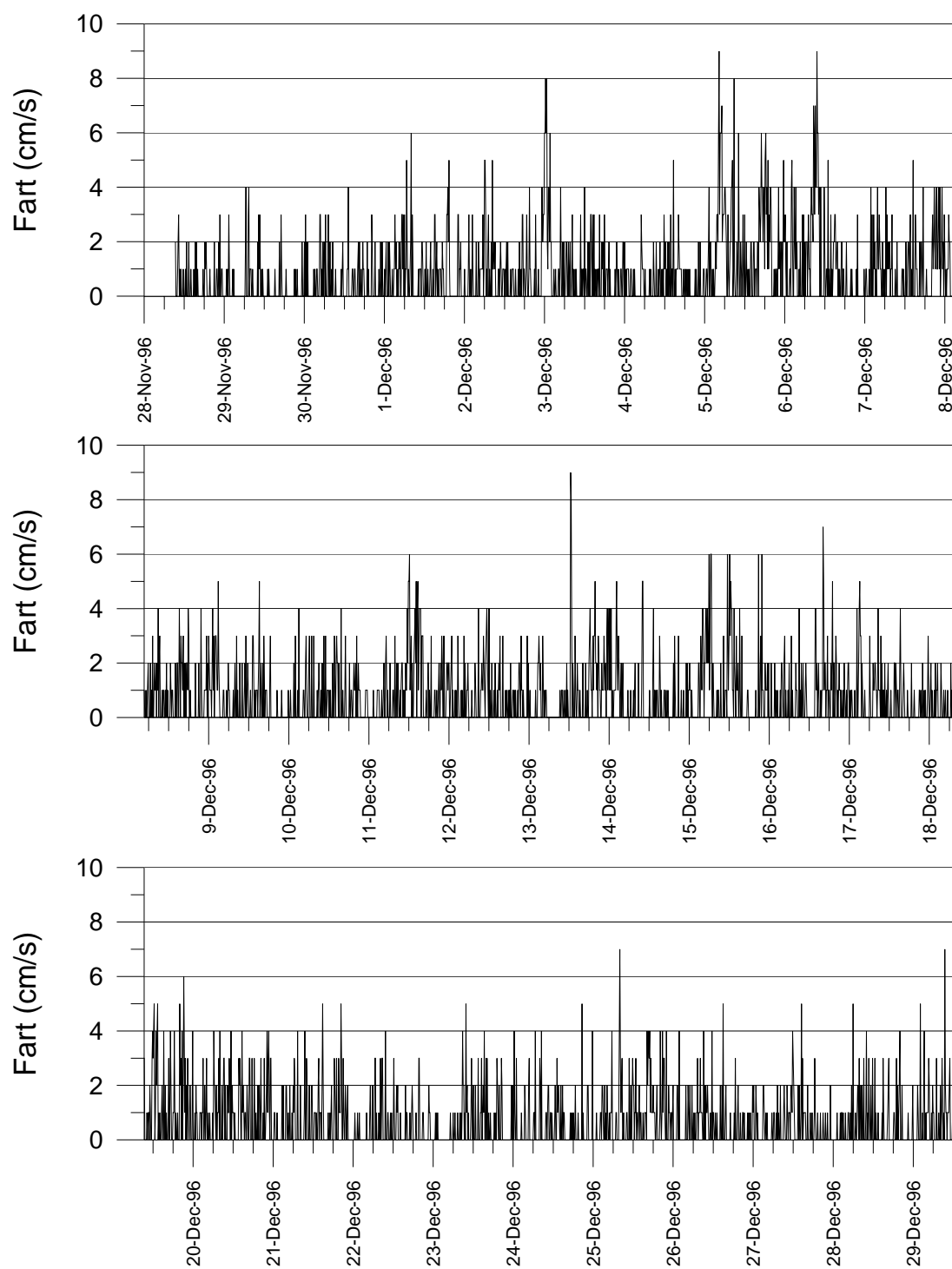
Fart i 21 m dyp ved Narestø

**Figur B17.** Strømfart i 21 m dyp ved Narestø.

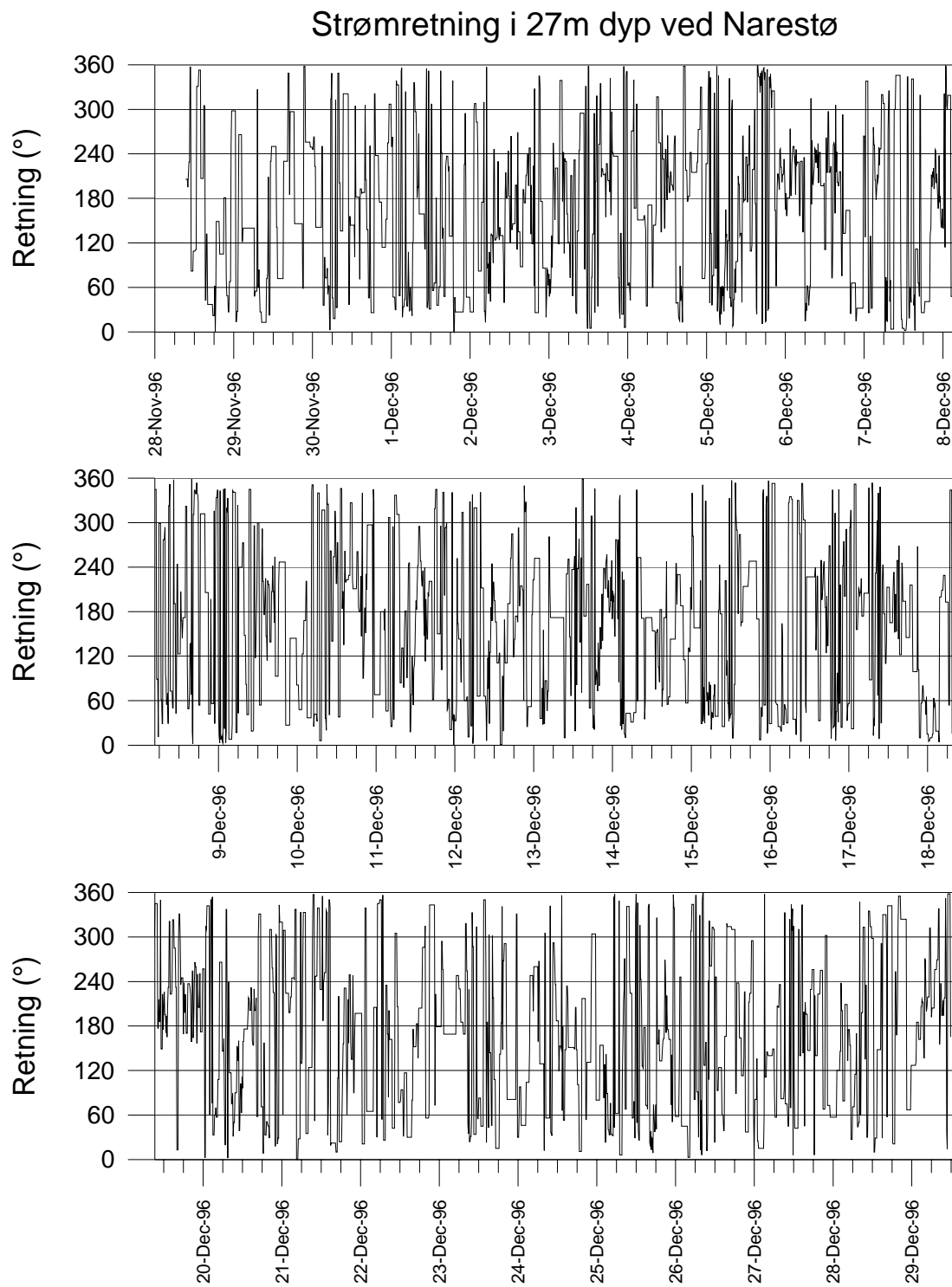


Figur B18. Strømretning i 21 m dyp ved Narestø.

Fart i 27 m dyp ved Narestø

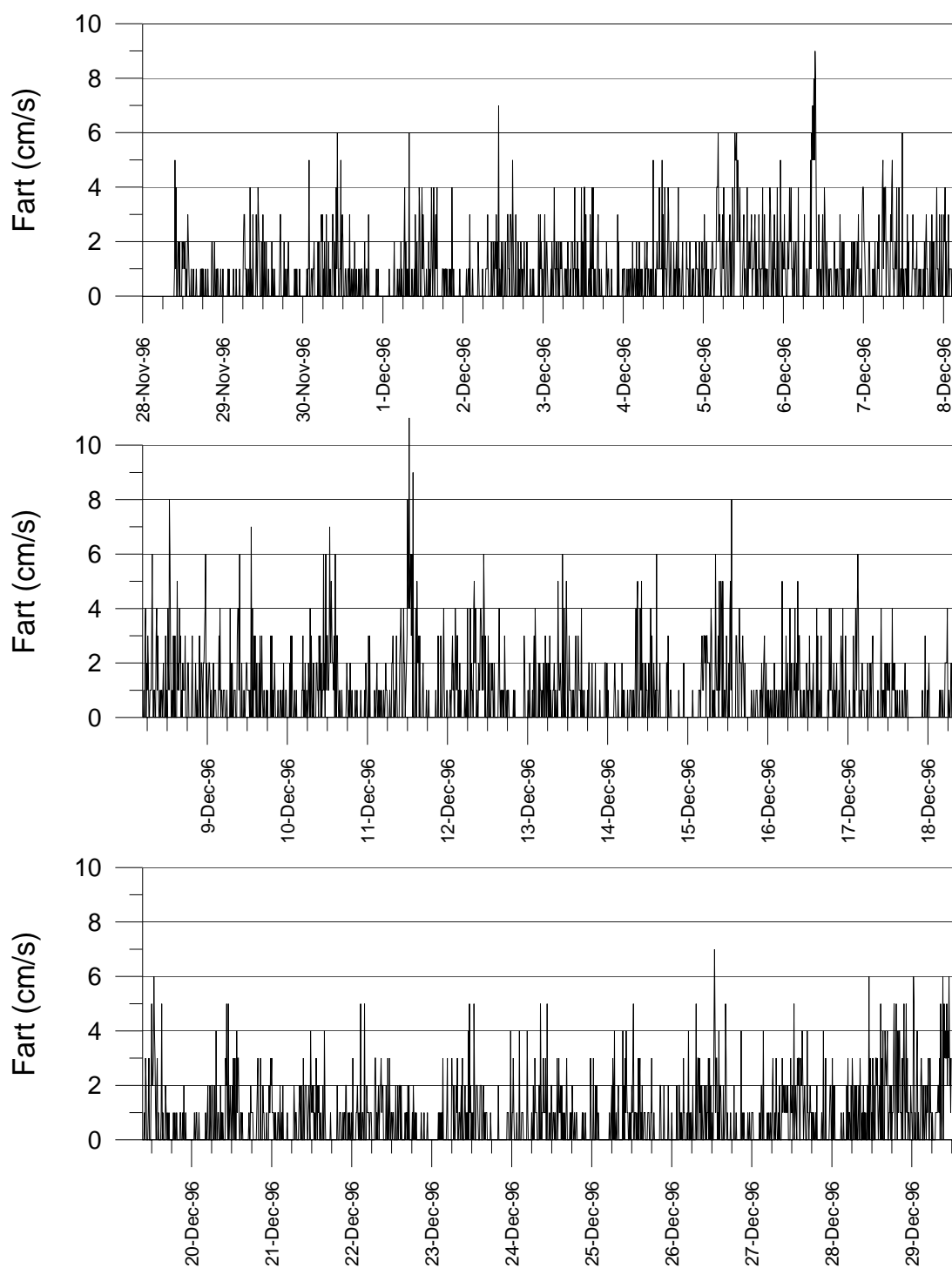


Figur B19. Strømfart i 27 m dyp ved Narestø.

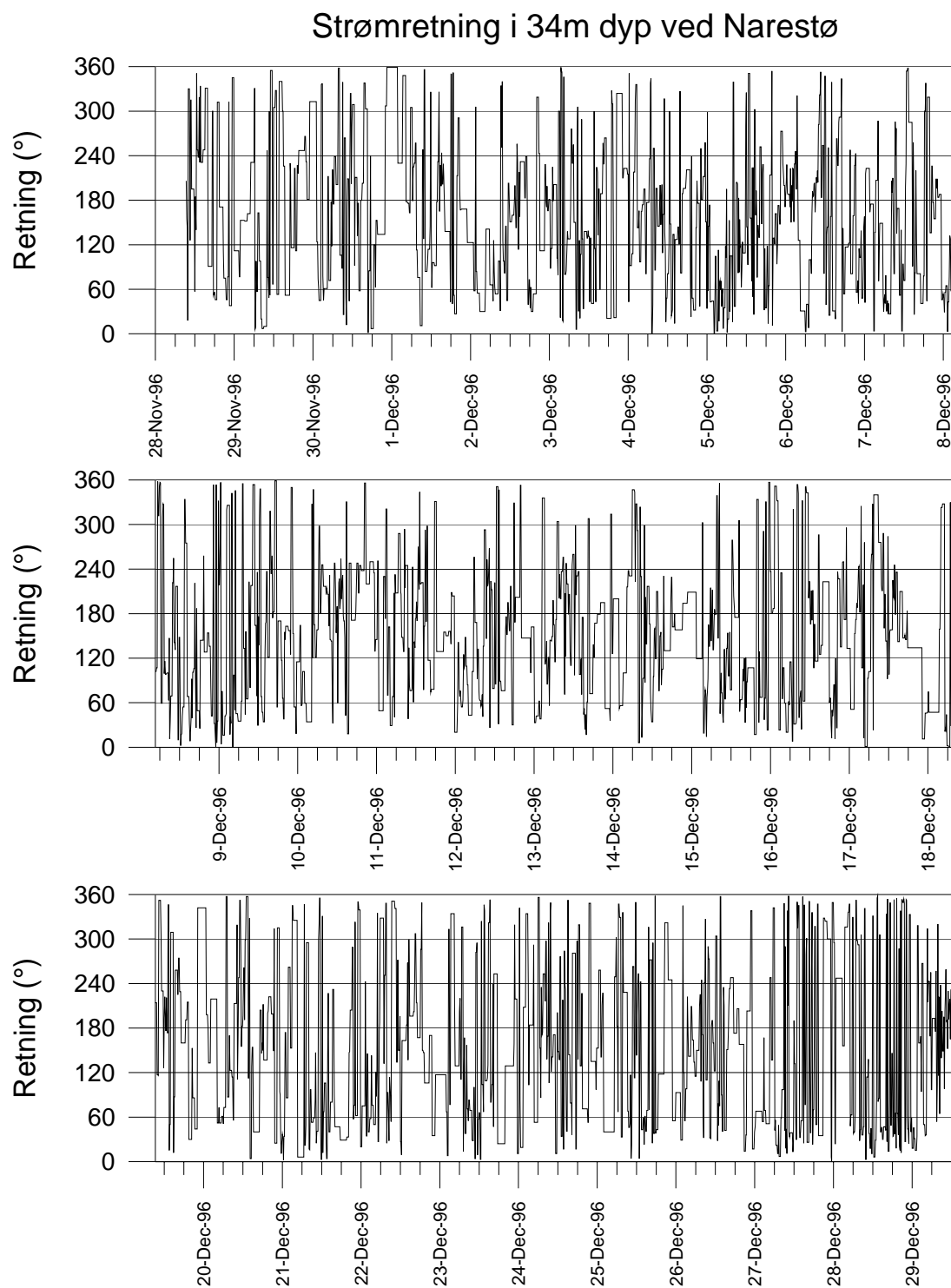


Figur B20. Strømretning i 27 m dyp ved Narestø.

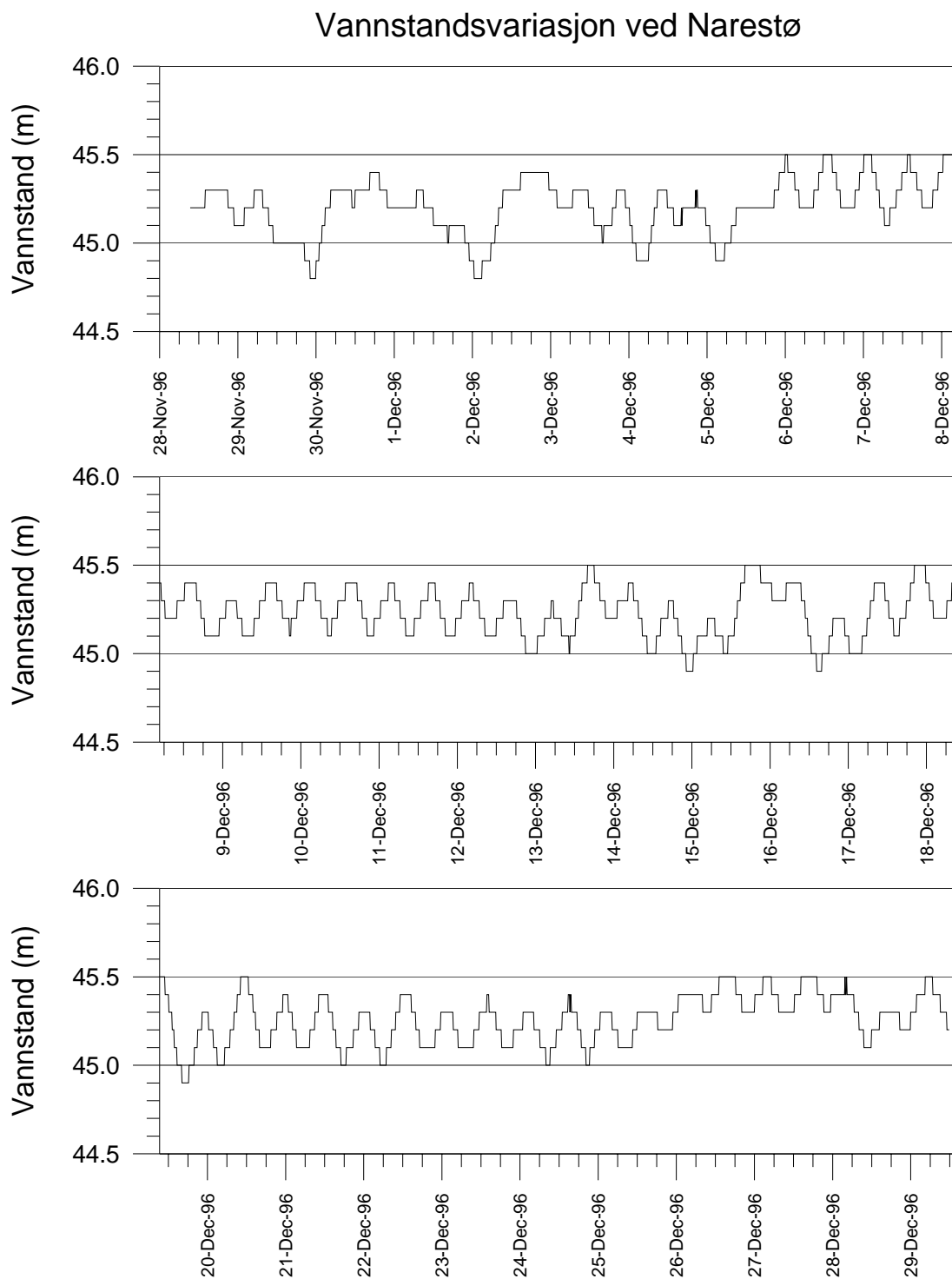
Fart i 34 m dyp ved Narestø



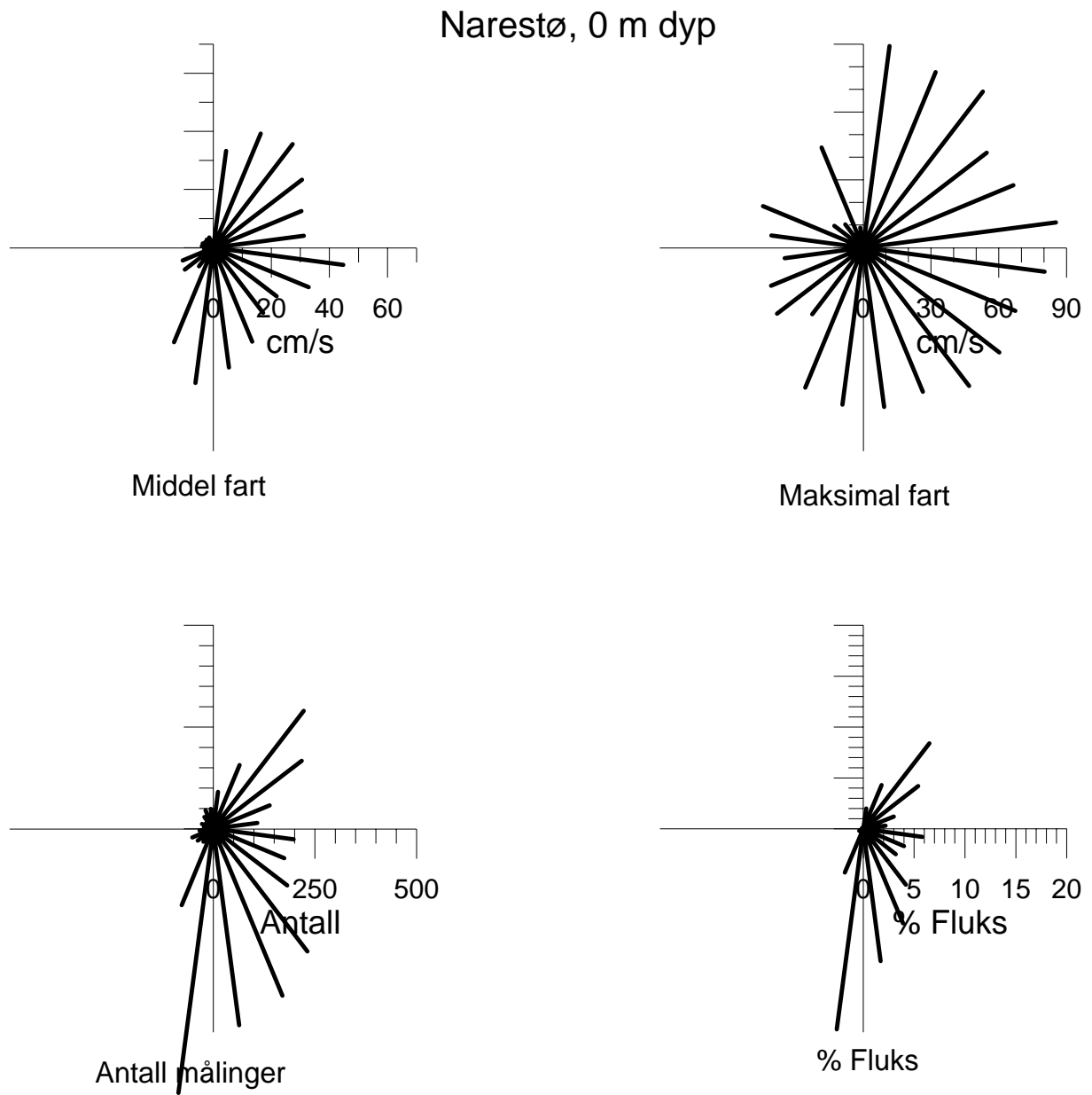
Figur B21. Strømfart i 34 m dyp ved Narestø.



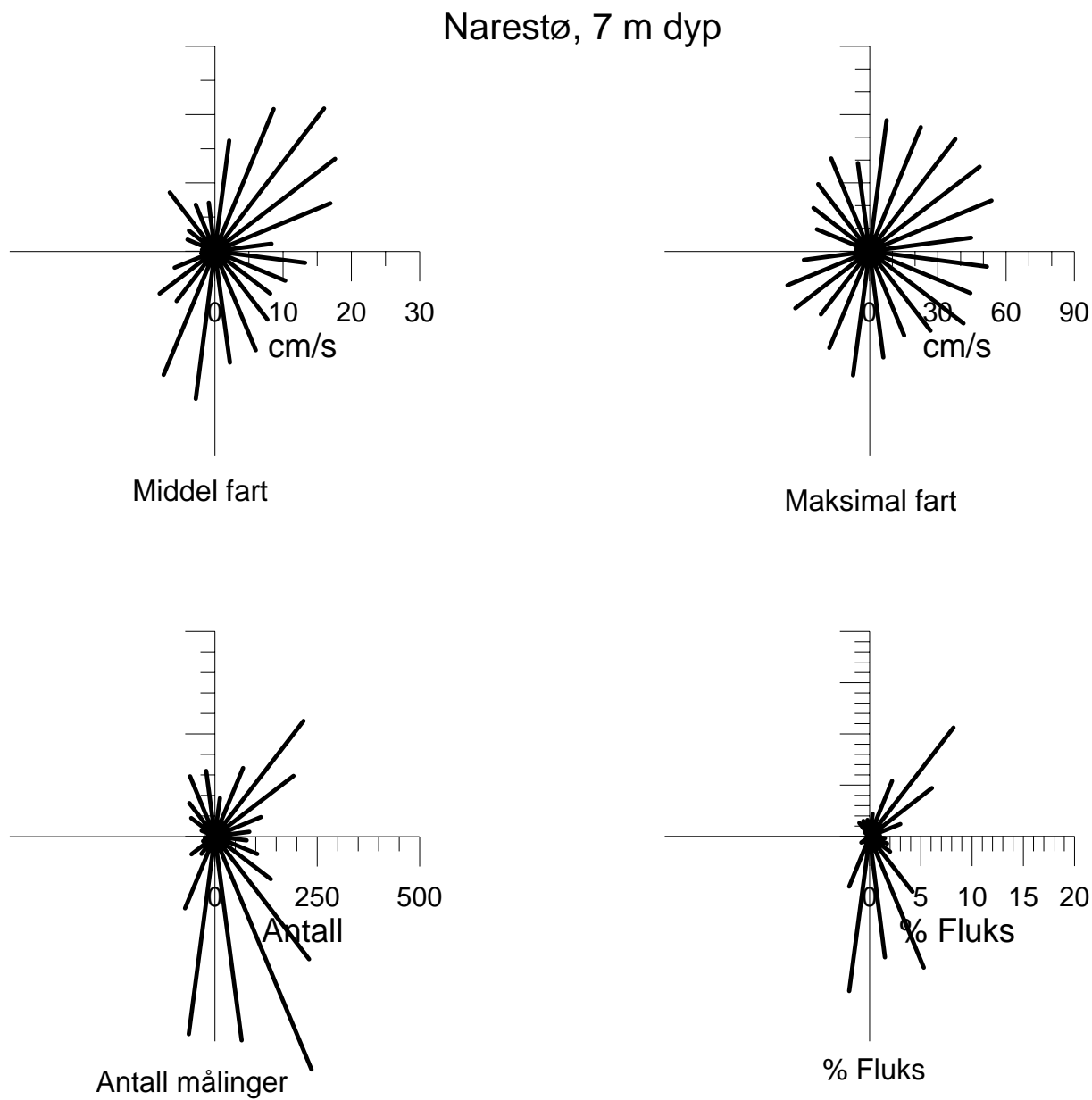
Figur B22. Strømretning i 34 m dyp ved Narestø.



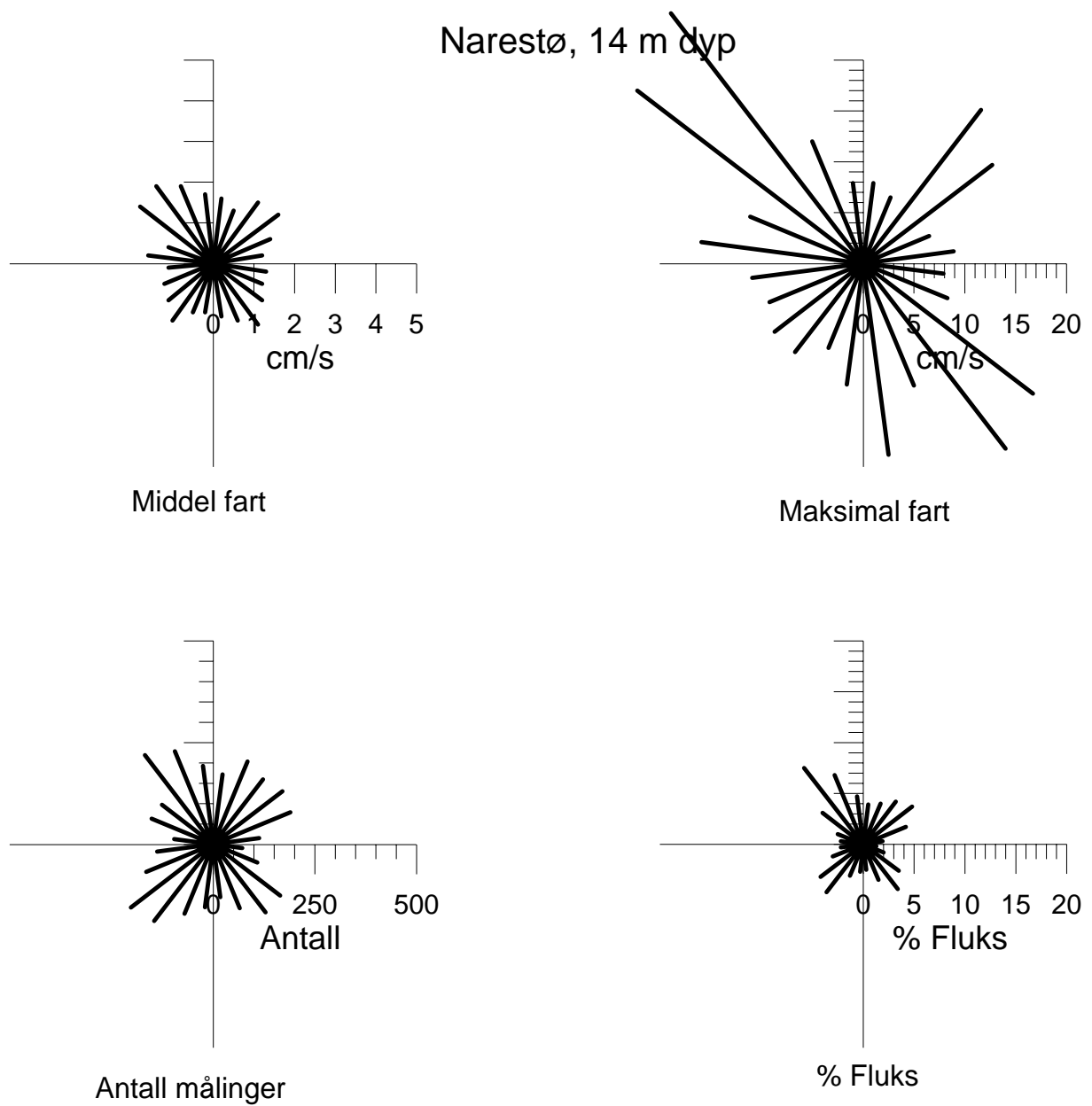
Figur B23. Vannstandsvariasjon ved Narestø.



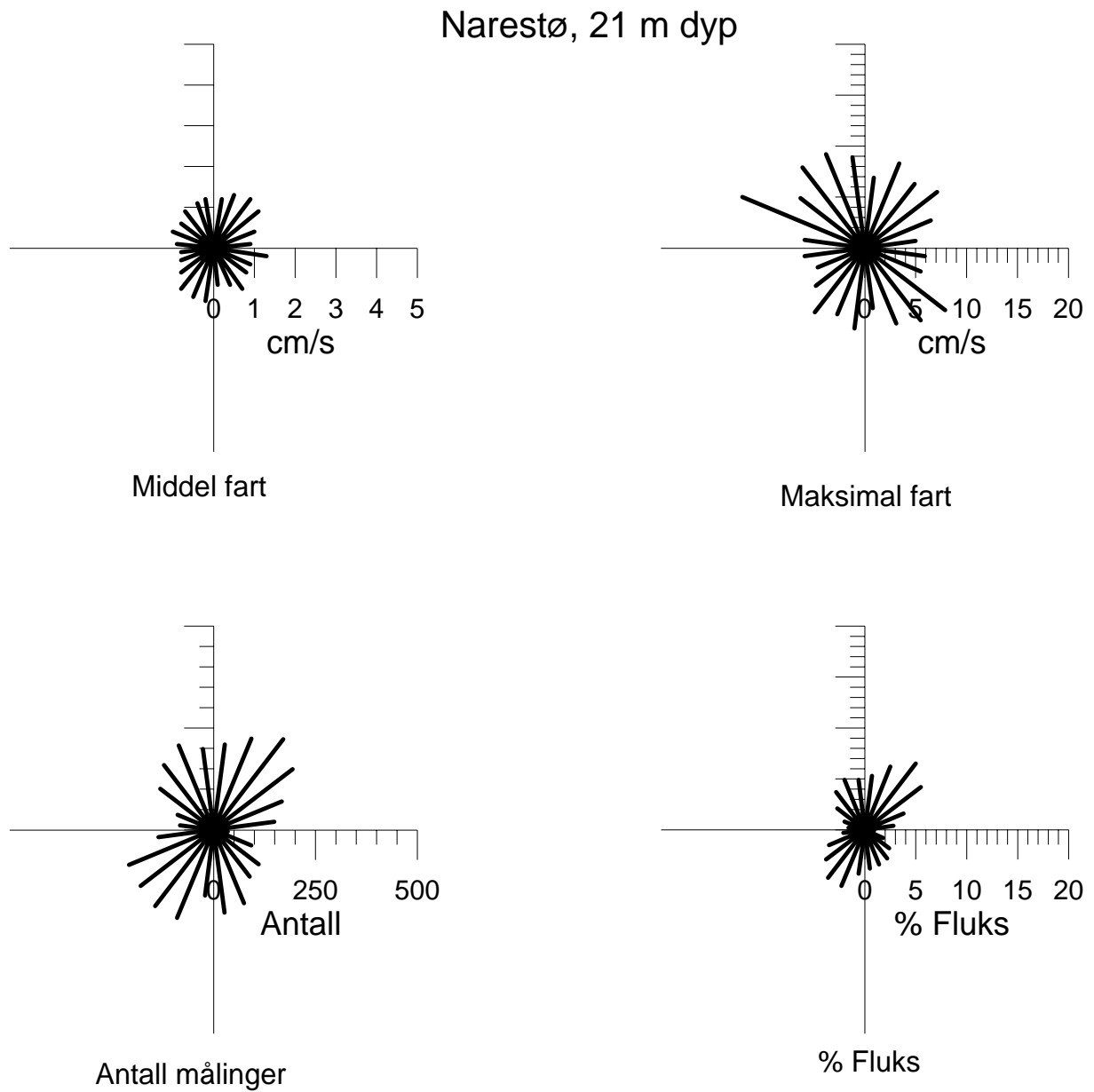
Figur B24. Strømroser fra 0 m dyp ved Narestø. Strømfarten er midlet i 15° celler.



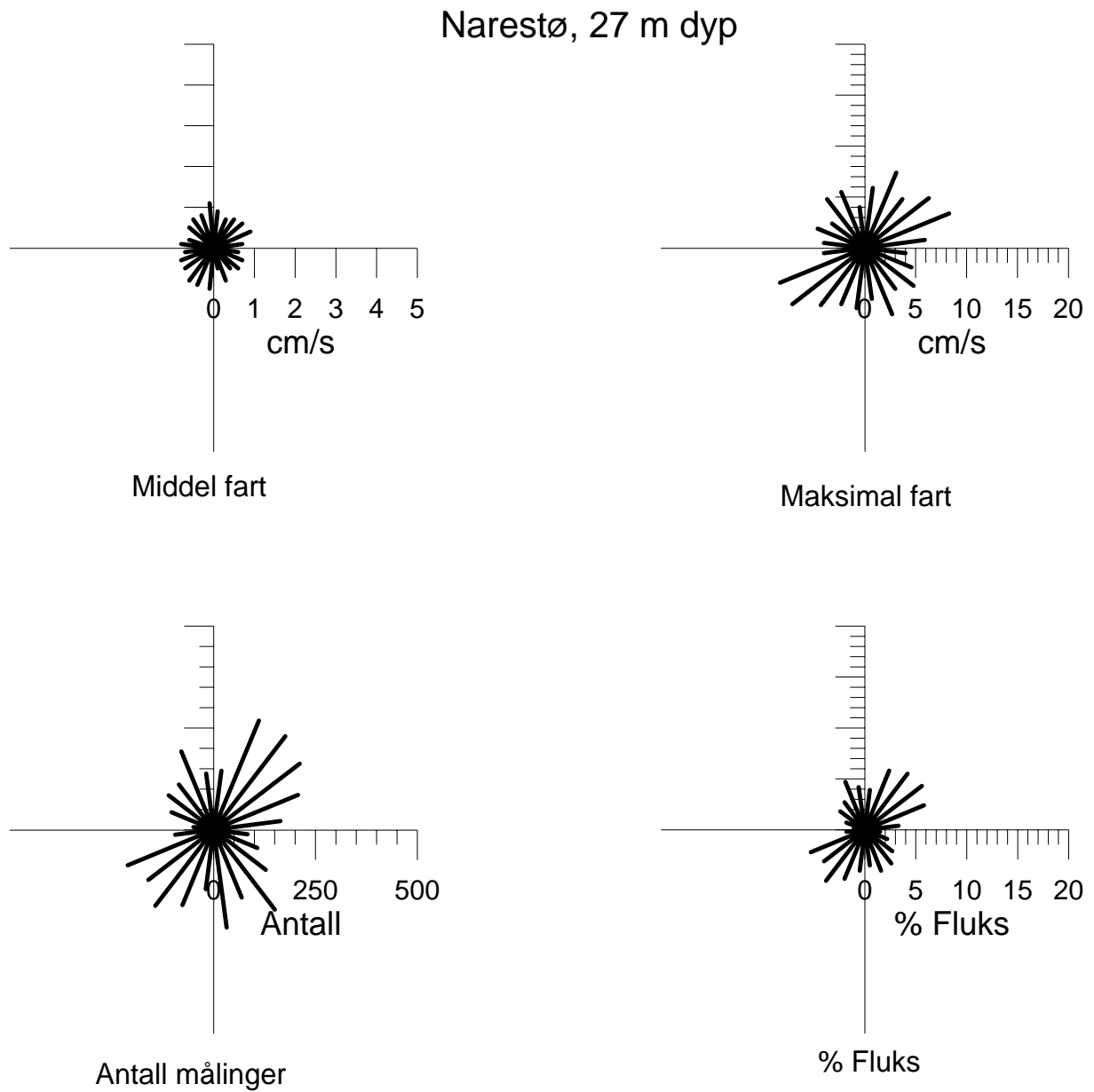
Figur B25. Strømroser fra 7 m dyp ved Narestø. Strømfarten er midlet i 15° celler.



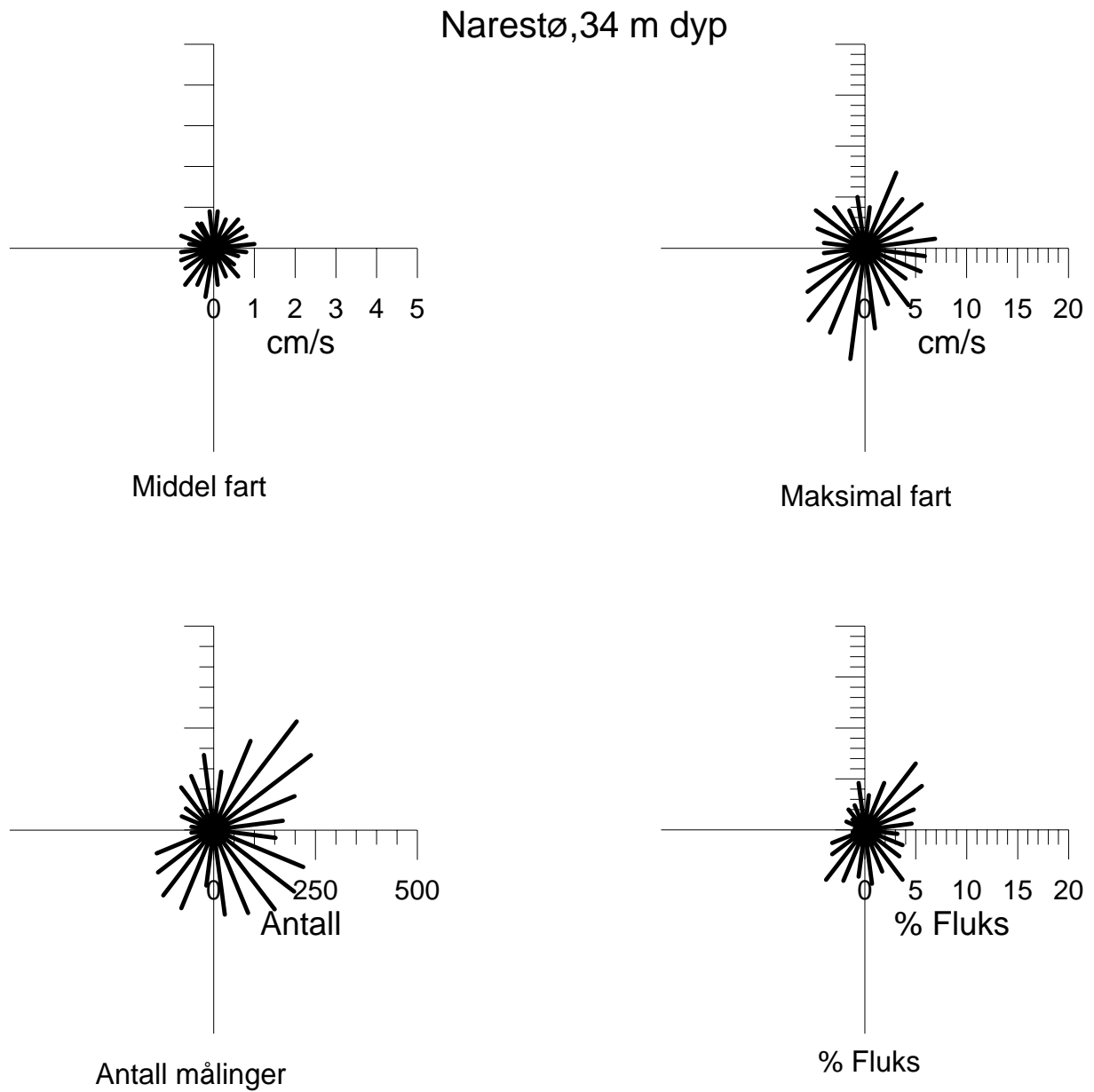
Figur B26. Strømroser fra 14 m dyp ved Narestø. Strømfarten er midlet i 15° celler.



Figur B27. Strømroser fra 21 m dyp ved Narestø. Strømfarten er midlet i 15° celler.



Figur B28. Strømroser fra 27 m dyp ved Narestø. Strømfarten er midlet i 15° celler.



Figur B29. Strømroser fra 34 m dyp ved Narestø. Strømfarten er midlet i 15° celler.

Vedlegg C. Innlagringsberegninger

Innlagringsdyp, ekstremdyp og senterfortynning beregnet for ulike utslippsløsninger. Ekstremdypet tilsvarer høyeste opptrenging for senter av utslippsskyen med fortynning etter at likevektsdypet (innlagringsdypet) er passert.

110 mm rørdiameter

Tidspunkt:	12/9	19/9	27/9	5/10	10/10	21/10	27/0	2/11	8/11	17/11	28/11	15/1
	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1997
<i>25 m dyp, 5 l/s vannfluks (dagens utslippsløsning)</i>												
Innl. dyp (m)	21,7	16,5	18,9	16,9	14,5	20,1	17,9	16,7	5,2	12,2	<1,2	8,9
Ekstremdyp	20,7	14,5	16,6	8,8	9,6	17,1	16,1	14,3	2,6	9,9	<1,0	4,8
Fortynning	19	71	44	58	97	33	55	67	276	140	>367	203
<i>25 m dyp, 9,7 l/s vannfluks</i>												
Innl. dyp (m)	21,6	15,9	18,4	16,9	9,8	19,4	17,4	16,2	4,9	11,8	<1,0	6,8
Ekstremdyp	20,4	13,7	15,7	8,3	8,6	15,9	14,8	12,9	1,9	8,9	<1,0	3,9
Fortynning	17	58	37	44	112	31	44	54	192	102	>251	166

150 mm rørdiameter, 9,7 l/s vannfluks

Tidspunkt:	12/9	19/9	27/9	5/10	10/10	21/10	27/0	2/11	8/11	17/11	28/11	15/1
	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1997
<i>Utslipp 18 m dyp</i>												
Innl. dyp (m)	10,9	12,1	8,9	5,7	8,8	11,4	8,6	10,0	3,8	9,1	<1	5,2
Ekstremdyp	7,8	9,5	0	2,5	1,4	8,9	6,2	8,2	1,3	4,7	<1	2,6
Fortynning	33	29	54	85	57	34	57	44	112	54	>146	95
<i>Utslipp i 20 m dyp:</i>												
Innl. dyp (m)	17,6	13,4	10,5	8,3	9,2	12,4	10,0	10,6	4,1	10,4	<1	5,6
Ekstremd	16,5	11,1	6,9	3,6	2,8	10,3	7,3	9,0	1,4	5,9	<1	2,8
Fortynning	9	34	56	81	72	41	60	55	134	61	>173	113
<i>Utslipp i 25 m dyp:</i>												
Innl. dyp (m)	21,4	15,6	17,9	10,6	9,8	17,6	17,3	16,1	4,7	11,6	<1	6,7
Ekstremd	20,1	13,4	15,1	7,5	8,3	15,3	14,4	12,8	1,8	8,7	<1	3,7
Fortynning	15	56	37	94	110	38	42	51	191	101	>247	164
<i>Utslipp i 30 m dyp:</i>												
Innl. dyp (m)	24,1	22,0	22,9	24,8	24,2	21,9	21,1	21,5	5,2	12,7	<1	10,1
Ekstremd	22,3	17,4	20,8	23,7	20,1	19,8	17,7	17,3	2,4	10,1	<1	4,5
Fortynning	29	44	37	25	27	45	53	47	253	141	311	188
<i>Utslipp i 35 m dyp:</i>												
Innl. dyp (m)	27,3	25,7	26,0	26,5	27,7	24,7	22,7	27,4	5,5	15,6	9,3	11,1
Ekstremd	24,7	22,1	23,6	24,5	26,3	21,7	19,6	22,7	3,0	11,9	<1	5,3
Fortynning	41	55	53	50	41	65	87	42	325	161	253	249

300 mm rørdiameter, 9,7 l/s vannfluks

Tidspunkt:	12/9	19/9	27/9	5/10	10/10	21/10	27/0	2/11	8/11	17/11	28/11	15/1
	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1997
<i>25 m dyp</i>												
Inn. dyp (m)	21,2	15,4	17,3	10,4	9,8	17,0	17,1	15,9	4,7	11,6	1,1	6,6
Ekstremdyp	19,8	13,3	14,5	6,9	7,9	14,8	13,7	12,1	1,8	8,4	<1,0	3,6
Fortynning	14	54	38	94	106	39	39	48	181	94	>233	155
<i>35 m dyp</i>												
Inn. dyp (m)	27,0	25,2	25,8	25,9	27,7	24,4	22,5	26,9	5,4	15,5	1,1x	11,0
Ekstremdyp	24,4	21,9	23,4	23,9	26,0	21,6	19,4	22,3	3,0	11,6	<1,0	5,2
Fortynning	40	55	51	53	37	62	84	41	316	156	>365	241

Vedlegg D. Organismer på grunt vann

Vedleggstabell D1. Beskrivelse av strandsonestasjonene. Narestø 19. september 1996.

AR9 Langtønna	Syddlig vendt på lite skjær/holme, vest for tettstedet. Svakt skrånende fjell. Dominans av strandtagl i øvre del av fjæra.
AR12 Rønningsbukta	Nordlig vendt odde syd for utslippet. Bratt fjell. Øvre del av fjæra var dominert av strandtagl, og dels av rur og juvenile blåskjell.
AR13 Nordstrand	Indre del av Narestøfjorden, i vestlig vendt bukt. Fjell og stein. Grunt. Mye begroing og endel sedimentasjon. Felter med hvite foråtnelsesbakterier.. Dominerende arter var sagtang, rugl, rekeklo, sukkertare, martaum, og posthornmark
AR14 Breivik	Vestlig vendt lokalitet på liten holme. Dominerende arter: sagtang, rugl, rekeklo og posthornmark
AR15 Skinnfelltangen	Vestlig vendt lokalitet på Narestø-siden av Skinnfelltangen. Bratt skrånende fjell. Dominerende arter: sagtang, rugl og rekeklo. Frisk vegetasjon.
AR16 Dahlsholmen	Referansestasjon. Stasjonen ligger østlig vendt. Fjell. Dominans av strandtagl i øvre del av fjæra. Andre dominerende arter var rur, rugl, rekeklo og fingertare. Stasjonen virket frisk. Lite parti med mye havsalat innerst i vika.

Vedleggstabell D2. Makroskopiske alger og dyr registrert i strandsonen (0-1m) i Narestø 19. september 1996.

	AR16	AR15	AR14	AR13	AR12	AR9	AR9	AR9
	Dals- holmen	Skinn- fell- tangen	Breivik	Nord- strand	Rønn- ings- bukta	Lang- tønna	1993	1994
RØDALGER								
<i>Ahmfeltia plicata</i>	-	-	-	-	-	-	-	s
<i>Audouiniella</i> sp.	e	-	-	e	-	e	s	-
<i>Bonnemaisonia hamifera</i> : sporp.	-	s	s	s-v	-	-	-	-
<i>Brogniartella byssoides</i>	-	-	s	-	-	-	-	-
<i>Callithamnion corymbosum</i>	-	-	e	-	s	-	-	-
<i>Ceramium nodulosum</i>	d	d	d	d	d	d	v	v
<i>Ceramium</i> sp.	e	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceramium strictum</i>	-	-	-	e	-	-	-	s
<i>Chondrus crispus</i>	s	s-v	s	e	-	-	v	v
<i>Corallina officinalis</i>	s-v	s-v	s	s	s	s	v	s
<i>Corralinaceae</i> skorpeformet	d	d	d	d	d	d	d	v
<i>Cruoria pellita</i>	-	v	v	v	-	-	-	s
<i>Cystoclonium purpureum</i>	e	s	s-v	s	s	-	s	v
<i>Erythrotrichia carneae</i>	e	-	-	e	-	e	-	-
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	-	s	s	s	s	-	-	-
<i>Hildenbrandia rubra</i>	-	-	-	-	-	-	v	v
<i>Laurencia pinnatifida</i>	-	e	-	-	-	e	-	-
<i>Membranoptera alata</i>	e	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nemalion helminthoides</i>	e	e	-	-	-	-	-	-
<i>Phyllophora pseudoceranoides</i>	s	-	-	s	-	-	-	-
<i>Phyllophora truncata</i>	-	-	s	-	-	-	-	-
<i>Plumaria elegans</i>	e	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polysiphonia elongata</i>	-	-	-	-	e	-	-	-
<i>Polysiphonia harveyi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polysiphonia nigrescens</i>	-	-	-	-	e	e	-	-
<i>Polysiphonia pulvinata</i>	-	-	e	-	-	-	-	-
<i>Polysiphonia</i> sp.	e	-	-	-	-	-	e	-
<i>Polysiphonia urceolata</i>	-	e	-	-	-	-	-	-
BRUNALGER								
<i>Ascophyllum nodosum</i>	-	-	-	s	-	-	-	-
<i>Asperococcus fistulosus</i>	-	s	s	-	-	-	-	-
<i>Chorda filum</i>	-	v	v	d	s	s	-	s
<i>Chordaria flagelliformis</i>	d	s	s-v	v	d	d	e	s
<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>	v-d	e	v	s	v	-	-	-
<i>Ectocarpus fasciculatus</i>	e	e	e	-	v	-	-	-
<i>Ectocarpus siliquulosus</i>	-	-	-	s	-	-	-	s
<i>Ectocarpus</i> sp.	-	-	-	-	-	s	-	-
<i>Elachista fucicola</i>	-	e	s	-	-	-	v	-
<i>Fucus</i> juv	s	-	-	-	s-v	-	-	-
<i>Fucus serratus</i>	s	d	d	d	s	d	d	d
<i>Fucus vesiculosus</i>	-	-	s	s	-	-	v	s

Vedleggstabell D2 forts.

	AR16	AR15	AR14	AR13	AR12	AR9	AR9	AR9
	Dals- holmen	Skinn- fell- tangen	Breivik	Nord- strand	Rønn- ings- bukta	Lang- tønna	1993	1994
<i>Laminaria digitata</i>	d	v	s	v	d	v	v	v
<i>Laminaria saccharina</i>	s	s	v	d	s	-	e	s
<i>Pilayella littoralis</i>	-	-	-	s	-	-	-	-
<i>Ralfsia indet.</i>	-	-	-	-	-	-	s	-
<i>Sargassum muticum</i>	-	-	-	-	-	-	e	-
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	-	-	-	-	-	e	-	-
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	-	-	s	s	-	-	-	-
<i>Stilophora rhizoides</i>	-	-	-	s	-	-	-	-
GRØNNALGER								
<i>Chaetomorpha melagonium</i>	-	e	-	-	-	-	-	s
<i>Chaetomorpha</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cladophora</i> sp.	-	-	-	-	-	-	e	s
<i>Cladophora albida</i>	-	s	e	v	s	-	-	-
<i>Cladophora rupestris</i>	s	v	-	-	s	-	s	s
<i>Codium fragile</i>	-	-	-	-	-	e	e	-
<i>Spongomorpha</i> sp.	-	-	-	-	s	-	-	-
<i>Ulva lactuca</i>	s	s	s	-	s	s	s	-
<i>Urospora penicilliformis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Enteromorpha</i> sp.	-	-	-	-	-	-	e	-
<i>Blidingia</i>	-	-	-	-	-	-	-	s
ANDRE ALGGRUPPER								
epifyttiske diatomeer	-	-	-	e	-	-	-	-
Bl.grønnalge. indet	-	-	-	-	-	e	-	-
cf. <i>Anabaena</i> i større kolonier. Grønn-	-	-	-	e	-	-	-	-
FAUNA								
<i>Asterias rubens</i>	v	v	s	s	v	s	s	s
<i>Balanus</i> sp.	d	v	v	-	v-d	v-d	d	d
<i>Dynamena pumila</i>	-	v	-	v	-	-	d	v
<i>Electra pilosa</i>	-	-	-	-	-	s	d	d
<i>Halichondria panicea</i>	v	v	v	v	s	-	s-v	d
<i>Laomedea</i> sp.	v	-	-	s	s	v	v	v
<i>Littorina littorea</i>	s	-	-	-	-	-	v	v
<i>Littorina obtusata</i>	-	-	s	-	-	-	v	v
<i>Membranipora membranacea</i>	-	v	v	-	-	v	v	d
<i>Spirorbis</i> sp.	-	-	v-d	d	-	-	-	s
<i>Mytilus edulis</i>	-	-	-	-	-	-	v	v
<i>Pomatoceros</i>	-	-	-	-	-	-	s	-
<i>Alcyonidium hirsutum</i>	-	-	-	-	-	-	-	s
<i>Utricina</i>	-	-	-	-	-	-	e	s
<i>Actina</i>	-	-	-	-	-	-	s	s
<i>Carcinus maenas</i>	-	-	-	-	-	-	-	s

Vedlegg E. Bløtbunnsfauna

Vedleggstabell E1. Bunnfauna i Narestø, 19. september 1996. Fullstendige resultater. Alle data er for 2 prøver med Ekman-grabb (0.045 m²) pr. stasjon

Gruppe		Stasjon	B1	B2	B3	B4
CNIDARIA	Edwardsia sp.		-	-	2	-
NEMERTINI	Nemertini ind.		-	-	5	1
SIPUNCULIDA	Golfingia cf. minuta		-	-	1	-
NEMATODA	Nematoda ind.		-	-	-	2
POLYCHAETA	Harmothoe imbricata		-	-	-	1
	Harmothoe sp.		-	-	-	1
	Pholoe sp.		1	-	3	2
	Eteone flava/longa		-	-	1	-
	Eteone foliosa		1	-	-	-
	Phyllodoce sp., juv.		-	-	2	5
	Kefersteinia cirrata		-	1	-	2
	Nereimyra punctata		-	-	-	1
	Syllidae ind.		-	2	-	-
	Platynereis dumerilii		-	9	-	8
	Glycera alba		-	-	1	-
	Protodorvillea kefersteini		-	-	-	1
	Scoloplos armiger		10	2	8	8
	Prionospio cirrifera		-	-	3	-
	Prionospio fallax		-	-	11	-
	Spio sp.		-	3	-	1
	Caulleriella sp.		1	-	-	-
	Chaetozone		-	-	4	-
	Capitella capitata		-	-	-	1
	Mediomastus fragilis		-	-	-	3
	Diplocirrus glaucus		-	-	3	-
	Travisia forbesi		1	-	-	-
	Myriochele oculata		-	-	97	-
	Pectinaria auricoma		-	-	5	-
	Pectinaria koreni		-	-	2	-
	Ampharete baltica		-	-	-	1
	Anobothrus gracilis		-	-	1	-
	Sosane sulcata		-	-	6	-
	Eupolymnia nesidensis		-	8		5
	Terebellidae ind.		-	-	2	-
	Terebellides stroemi		-	-	1	-
Trichobranchus roseus		-	-	2	-	
Chone sp.		-	-	1	-	
Jasmineira caudata		1	-	1	-	
Sabellidae ind.		-	-	1	-	
Serpulidae ind.		-	-	-	1	

Vedleggstabell E1 forts.

Gruppe	Stasjon	B1	B2	B3	B4	
OLIGOCHAETA	Tubificoides benedii	-	3	-	52	
PYCNOGONIDA	Anoplodactylus sp.	-	-	2	-	
CRUSTACEA	Diastylis cf. cornuta	-	-	1	-	
	Eudorella truncatula	-	-	1	-	
	Tanaidacea ind.	-	-	2	-	
	Caprella sp.	-	1	-	-	
	Corophium sp.	-	3	1	6	
	Phoxocephalus holboelli	-	1	-	-	
	Amphipoda ind. (?Photidae)	-	6	-	5	
	Amphipoda ind.	-	6	-	3	
	Hippolytidae ind.	-	-	-	1	
	Anapagurus chiroacanthus	-	-	2	-	
	Pagurus bernhardus	1	-	-	-	
	Galathea intermedia	-	-	-	3	
	Macropipus arcuatus	-	-	-	1	
	INSECTA	Chironomidae, ind. larve	-	-	-	1
	MOLLUSCA	Lepidochiton cinereus	-	1	-	-
		Dentalium entale	-	-	1	-
Cerastoderma sp., juv		-	1	-	-	
Corbula gibba		-	-	2	1	
Musculus sp. juv.		-	-	-	1	
Myrtea spinifera		-	-	1	-	
Mysella bidentata		-	-	4	-	
Mytilus edulis, juv.		-	1	-	-	
Thyasira cf. flexuosa		-	-	2	-	
Bivalvia ind.		-	-	-	2	
PHORONIDA	Phoronis muelleri	-	-	1	-	
ECHINODERMATA	Marthasterias glacialis	-	-	-	1	
	Amphiura chiajei	-	-	1	-	
	Amphiura filiformis	-	-	10	-	
	Ophiura sp.	-	-	1	-	
	Echinocardium cordatum	-	2	-	1	
	Echinus sp.	-	-	-	1	
	Labidoplax buskii	-	-	2	-	
	ASCIDIACEA	Ascidiacea ind.	-	8	-	1
VARIA	Eggstrenger fra snegl	-	-	-	++	
	Foraminifera (fastsittende på alger)	-	-	-	++	