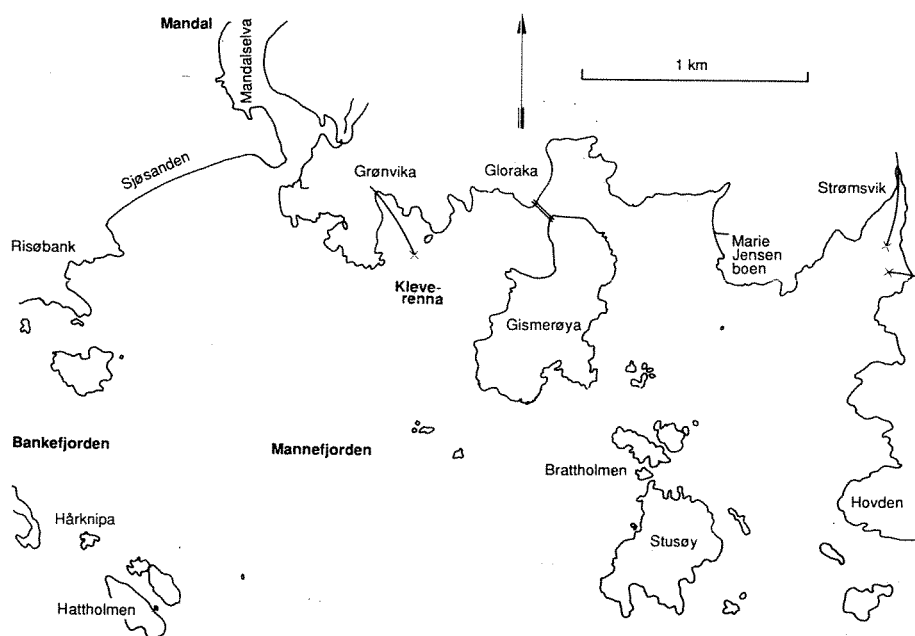




O-90121

# Resipientundersøkelse i Mandalselva og Mannefjorden 1990



# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

#### Hovedkontor

Postboks 69, Korsvoll  
0808 Oslo 8  
Telefon (02) 23 52 80  
Telefax (02) 39 41 89

#### Sørlandsavdelingen

Televeien 1  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033  
Telefax (041) 43 033

#### Østlandsavdelingen

Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752  
Telefax (065) 78 402

#### Vestlandsavdelingen

Breiviken 5  
5035 Bergen-Sandviken  
Telefon (05) 95 17 00  
Telefax (05) 25 78 90

Prosjektnr.:

0-90121

Undernummer:

Løpenummer:

2511

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:	Dato:
Resipientundersøkelse i Mandalselva og Mannefjorden 1990.	14/12-90.
	Prosjektnummer:
	0-90121
Forfatter (e):	Faggruppe:
Jarle Molvær	Marin økologi.
	Geografisk område:
	Vest-Agder
	Antall sider (inkl. bilag):
	18

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
Mandal kommune	

Ekstrakt: Det er utført undersøkelser av den hygieniske vannkvaliteten i Mannefjorden og Mandalselva etter at en diffusor ble påmontert utslippet i Kleverenna våren 1990. Avløpsvannet innlagres i 15 - 25 m dyp, og vannkvaliteten ved Sjøsandden var klart bedre enn i 1988 - 89. Strømmålinger og beregninger av innlagringsdyp bekrefter at diffusoren fungerer som forutsatt.

4 emneord, norske:

1. Mandal
2. Vannkvalitet
3. Bakterier
4. Kommunalt avløp


4 emneord, engelske:

1. Mandal
2. Water quality
3. Bacteria
4. Municipal wastewater

Prosjektleder:

  
Jarle Molvær

For administrasjonen:

  
Tor Bokn

ISBN 82-577-1821-1

**NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING**

**OSLO**

**O-90121**

**RESIPIENTUNDERSØKELSE I MANDALSELVA**

**OG MANNEFJORDEN 1990.**

**Oslo, 14.12 1990**

**Prosjektleder: Jarle Molvær**

**Medarbeider : Frank Kjellberg**

**FORORD**

Denne rapporten presenterer resultater fra undersøkelser av vannkvalitet, innlagring av avløpsvann og strømforhold som ble utført i Mandalselva og Mannefjorden sommeren 1990. Arbeidet er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) for Mandal kommune, og er en videreføring av undersøkelser utført i 1989.

Med unntak for strømmålingene, har Mandal kommune hatt hovedansvar for gjennomføring av selve måleprogrammet. Vi takker Gunnar Skagen, Teknisk etat, for godt samarbeid.

## INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD . . . . .	2
KONKLUSJONER . . . . .	4
BAKGRUNN FOR UNDERSØKELSENE . . . . .	5
ARBEIDSPROGRAM OG RESULTATER . . . . .	6
Strømmålinger mellom utslippet og Mandalselvas munningsområde . .	6
Beregning av avløpsvannets innlagring . . . . .	7
Målinger av termostabile koliforme bakterier i Kleverenna. . . . .	8
Målinger av termostabile koliforme bakterier i Mandalselva. . . . .	8
Målinger av termostabile koliforme bakterier i Mannefjorden. . . . .	8
Målinger av termostabile koliforme bakterier på Sjøsandene. . . . .	9
VURDERING AV BADEVANNSKVALITETEN SOMMEREN 1990 . . . . .	10
LITTERATURLISTE . . . . .	10

## KONKLUSJONER

Diffusoren ser ut til å fungerer etter forutsetningene. Beregninger av innlagringsdyp, og målinger av bakterieinnhold i mange dyp i Kleverenna tyder på at avløpsvannet sommeren 1990 ble innlagret så dypt at det ikke kunne påvirke vannkvaliteten i overflaten i Mannefjorden, eller trenge over mot Sjøsandens og påvirke vannkvaliteten der.

Badevannskvaliteten omkring Sjøsandens og i Mannefjorden var sommeren 1990 klart bedre enn de to foregående år. Forklaringen er trolig mindre innvirkning fra utslippet til Kleverenna. Forurenset vann fra Mandalselva er nå trolig viktigste faktor som avgjør den bakteriologiske vannkvaliteten ved Sjøsandens og i Mannefjordens overflatelag.

**BAKGRUNN FOR UNDERSØKELSENE**

Fig. 1 viser Mandal med elva, Mannefjorden og Sjøsandene. I NIVAs rapport fra de vannkjemiske undersøkelsene i Mannefjorden sommeren 1989 (Oug og medarb., 1990) ble det ikke trukket noen endelig konklusjon om de høye bakterietallene i fjordområdet skyldes utslippet i Kleverenna, eller utslipp til nedre del av Mandalselva.

Våren 1990 ble utslippet i Kleverenna påmontert en diffusor, og beregninger utført av NIVA viste at man da skulle vente at avløpsvannet i alt vesentlig av tiden ville innlagre seg i ca. 15-30 m dyp.

Målingene sommeren 1990 hadde dermed som formål å:

- a. Undersøke hovedretninger i vanntransporten fra Kleverenna og vestover.
- b. Kontrollere virkningen av diffusoren mht. innlagringsdyp og på vannkvaliteten i Mannefjorden.
- c. Undersøke hvorvidt utslipp av avløpsvann til Mandalselva påvirker vannkvaliteten i elva og fjordens overflatelag.
- d. Overvåke vannkvaliteten ved Sjøsandene.

## ARBEIDSPROGRAM OG RESULTATER

I det etterfølgende skal vi kort beskrive arbeidsprogram og gjennomgå resultater.

Tabell 1. Stasjoner og prøvedyp (x). Tilføyelsen "Ø" eller "V" betegner at stasjonene ligger på østsiden eller vestsiden av elva.

Stasjoner										
Dyp	M1Ø	M1V	M2Ø	M2V	M3Ø	M3V	M4	M5	M6	M7
1 m	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2 m		x		x			x	x	x	x
4 m						x				
5 m				x			x	x	x	x
10 m								x	x	x
15 m								x	x	x
20 m										x
30 m										x
40 m										x

Strømmålinger mellom utslippet og Mandalselvas munningsområde.

Utslipet i Kleverenna skjer på ca. 35 m dyp. I retning Sjøsandens avtar dypet raskt til 10-12 m (fig. 2). Dette grunne området strekker seg helt ned til Hattholmen<sup>1)</sup>, og vil dermed forhindre at avløpsvann som befinner seg dypere enn ca. 12 m beveger seg over mot Mandalselvas munningsområde og Sjøsandens i nordvest.

For å innhente kunnskap om strømsystemet grunnere enn 10 m dyp, og for å kontrollere at grunne partiet nå virkelig kan blokkere for avløpsvannet, ble det i tidsrommet 21.6-12.8 utplassert selvregistrerende strømmålere i 10 m og 20 m dyp vest for utslippsstedet (se fig. 1). Målerne registrerte strømretning, strømhastighet, temperatur og saltholdighet hvert 10 minutt.

Fig. 3-4 gir en statistisk oppsummering av resultatene for strømmålingene i de to dybene (7768 registreringer i 10 m dyp, og 7098 i 20 m dyp).

<sup>1</sup>For beliggenhet, se rapportens forside.



Fig. 3 viser at strømretningen i 10 m dyp vil variere mye, men med en viss overvekt på strøm i østlig og vestlig retning. Avløpsvann som innlagres i 0-10 m dyp kan altså til tider bli ført vestover mot munningen av Mandalselva. Underveis vil bakteriekonsentrasjonen avta mye pga. fortykning, sedimentering og dødelighet, men muligheten for påvirkning av vannkvaliteten i området ved elvemunningen og Sjøsandene vil klart være tilstede.

Før diffusoren ble montert, var det trolig ikke uvanlig med innlagring omkring 10 m dyp eller grunnere (Oug og medarb., 1990).

Fig. 4 viser et helt annet strømbilde. Strømmen i 20 m dyp er i alt vesentlig rettet sørvest-nordøst, med sørvest som dominerende retning. Dette skyldes at det nevnte grunne området styrer vannmassene den veien.

Ved innlagring dypere enn 12-14 m dyp vil derfor skyen av avløpsvann normalt ikke kunne trenge nordvestover til Mandalselvas munningsområde og Sjøsandene, men blir sperret av ryggen helt ned til Hattholmen.

#### Beregning av avløpsvannets innlagring.

Fig. 5 viser beregninger av hvordan avløpsvannet fra diffusoren teoretisk ble innlagret ved 5 anledninger i 1990 da det samtidig ble innsamlet bakteriologiske prøver i fjorden. Beregningene er utført for vannstrålen gjennom endehullet, som vil innlagres litt høyere enn vannet som strømmer ut gjennom de litt mindre diffusorhullene.

Vannføringen som er brukt er oppgitt av Mandal kommune, men er oftest middel over flere dager og ikke vannføringen den dagen målingene i fjorden ble gjort.

Vi har brukt samme betegnelser som i NIVA-rapporten av mai 1990:

- M.DYP: høyeste opptrengning, før avløpsvannet synker litt ned og innlagres.
- L.DYP: likevektsdypet. Avløpsvannet innlagres her, eller litt høyere.
- FORTYNNING: midlere fortykning i innlagringsdyp.

Fig. 5 viser at avløpsvannet for disse fem tidspunktene høyest kunne trenge opp mot 15 m dyp, før det sank tilbake og innlagret omkring 20-25 m dyp. Antall målinger kunne ha vært større, men de tyder klart på at diffusoren fungerer etter forutsetningene.

### Målinger av termostabile koliforme bakterier i Kleverenna.

Ved 9 tidspunkt innsamlet Mandal kommune, teknisk etat, vannprøver for analyse mht. termostabile koliforme bakterier (TKB) i overflaten, 2, 5, 10, 15, 20, 30 og 40 m dyp nær utslippet i Kleverenna. Fig. 6 viser middelerdi og median av målingene. Man ser klart av avløpsvannet nå i hovedsak innlagres dypere enn 15 m, og at innvirkningen på vannkvaliteten i 0-10 m dyp er liten.

Dette stemmer med resultatet av innlagringsberegningene.

### Målinger av termostabile koliforme bakterier i Mandalselva.

Ved 9 tidspunkt ble det tatt prøver for analyse på termostabile koliforme bakterier på tre stasjoner i Mandalselva (fig. 1). På st. M1-M3 ble det målt både på øst- og vestsiden av elva (jfr. tabell 1). På vestsiden ble det også tatt prøve nær bunnen, hvor man evt. kunne vente å finne sjøvann. Hensikten med den prøven var å undersøke om sjøvannet som trenger opp i Mandalselva inneholder så mye bakterier at vannkvaliteten i overflatelaget påvirkes når sjøvannet innblandes der.

Fig. 7 viser resultatene for prøvene fra 1 m dyp sammen med vannføringen ved Kjøleemo vannmerke. Konsentrasjonene var varierende, og iblant høye (>400 bakterier/100 ml). På st. M1 og M2 ble de høyeste konsentrasjonene målt på østsiden, mens vestsiden lå høyest på st. M3.

Målingene ved bunnen - ofte i sjøvannskilen - viste varierende konsentrasjoner av TKB, men var gjennomgående klart lavere enn konsentrasjonen i 1 m dyp. Det er dermed ikke holdepunkt for å tro at de høye konsentrasjonene skyldes inntrengende forurenset sjøvann.

På st. M1 kan vi se en viss samvariasjon mellom vannføring og konsentrasjon, men ikke på de andre to stasjonene. Det er ikke noen generell sammenheng mellom vannføringen i elva og bakteriekonsentrasjon.

Man må derfor anta at bakteriekonsentrasjonene i elva nå i regel skyldes lokale utslipp.

### Målinger av termostabile koliforme bakterier i Mannefjorden.

Resultatene er vist i fig. 8. St. M4 hadde de høyeste konsentrasjonene, opptil 190 TKB/100 ml, men for de fleste situasjoner omkring 50 TKB/100 ml. For de andre stasjonene var konsentrasjonene langt lavere. Grunnen til at

M4 skiller seg ut er mest sannsynlig at den lå direkte i brakkvannsstrømmen fra Mandalselva.

Målinger av termostabile koliforme bakterier på Sjøsandén.

Fig. 9 viser målinger av termostabile koliforme bakterier i 1 m dyp ved Piren, Sjøsandén (ved Sjøstjerna) og Risøbanken sommeren 1990. Tabell 2 oppsummerer resultatene fra Sjøsandén i 1988-90. Prøveantallet er forholdsvis lite, men det er ikke tvil om at vannkvaliteten sommeren 1990 var markert bedre enn de to foregående år.

Tabell 2. Oppsummering av resultat (TKB/100 ml) fra Sjøsandén i 1988-90.

	1988	1989	1990
Antall prøver:	6	6	5
Gjennomsnitt:	200	248	49
Maksimum:	880	610	81
Minimum:	54	23	21

Vi har videre sett på vindforholdene dagen før og den dagen målingene ble tatt for å se om evt. høye konsentrasjoner hadde sammenheng med sterk vestlig eller nordlig vind. Den vindsituasjonen kan tenkes å drive overflatelaget bort fra land, og skape oppstrømning av dypereliggende sjøvann. Det ville være mulig at slike situasjoner kan bringe skyen av avløpsvann inn mot Sjøsandén. Vi har imidlertid ikke funnet sammenheng mellom vind og bakteriantall, selv ikke under og etter perioder med frisk nord til nordvest bris (26.7 og 8.8).

Dette tyder på at oppstrømning i Mannefjorden sjelden vil bringe skyen av avløpsvann så høyt at den kan strømme inn mot grunnområdene og påvirke vannkvaliteten der.

I lys av målingene i elva og i fjorden, er det nå sannsynlig at vannkvaliteten på Sjøsandén og sørover i stor grad bestemmes av forholdene i elva.

**VURDERING AV BADEVANNSKVALITETEN SOMMEREN 1990**

Vurderinger av badevannskvaliteten er helsemyndighetenes ansvar. I tilknytning til resultatene fra de bakteriologiske målingene som er gjennomgått ovenfor, vil vi imidlertid gjøre en enkel sammenligning med Statens forurensningstilsyns vannkvalitetskriterier for ferskvann - som inntil videre også brukes for sjøvann (SFT 1989):

- |                         |                              |
|-------------------------|------------------------------|
| 1. 0-50 TKB/100 ml:     | godt egnet til bading        |
| 2. 50-500 TKB/100 ml:   | egnet til bading             |
| 3. 500-1000 TKB/100 ml: | mindre godt egnet til bading |
| 4. >1000 TKB/100 ml:    | ikke egnet til bading        |

Den høyeste observasjonsverdi legges til grunn for klassifiseringen.

Sammenligner vi med resultatene i fig. 8-9 og tabell 2, finner vi at stasjonene M6-M7 faller i klasse 1: Godt egnet til bading. Stasjonene M1-M5, samt Sjøsandene, Piren og Risøbanken kommer i klasse 2: egnet til bading.

**LITTERATURLISTE**

Oug, E., Molvær, J., Hindar, A. og Green, N., 1990: Resipientundersøkelse i fjordområdet ved Mandal. NIVA-rapport nr. 2398. 86 s. Grimstad/Oslo.

SFT, 1990: Vannkvalitetskriterier for ferskvann. Rapport TA-630. Oslo.

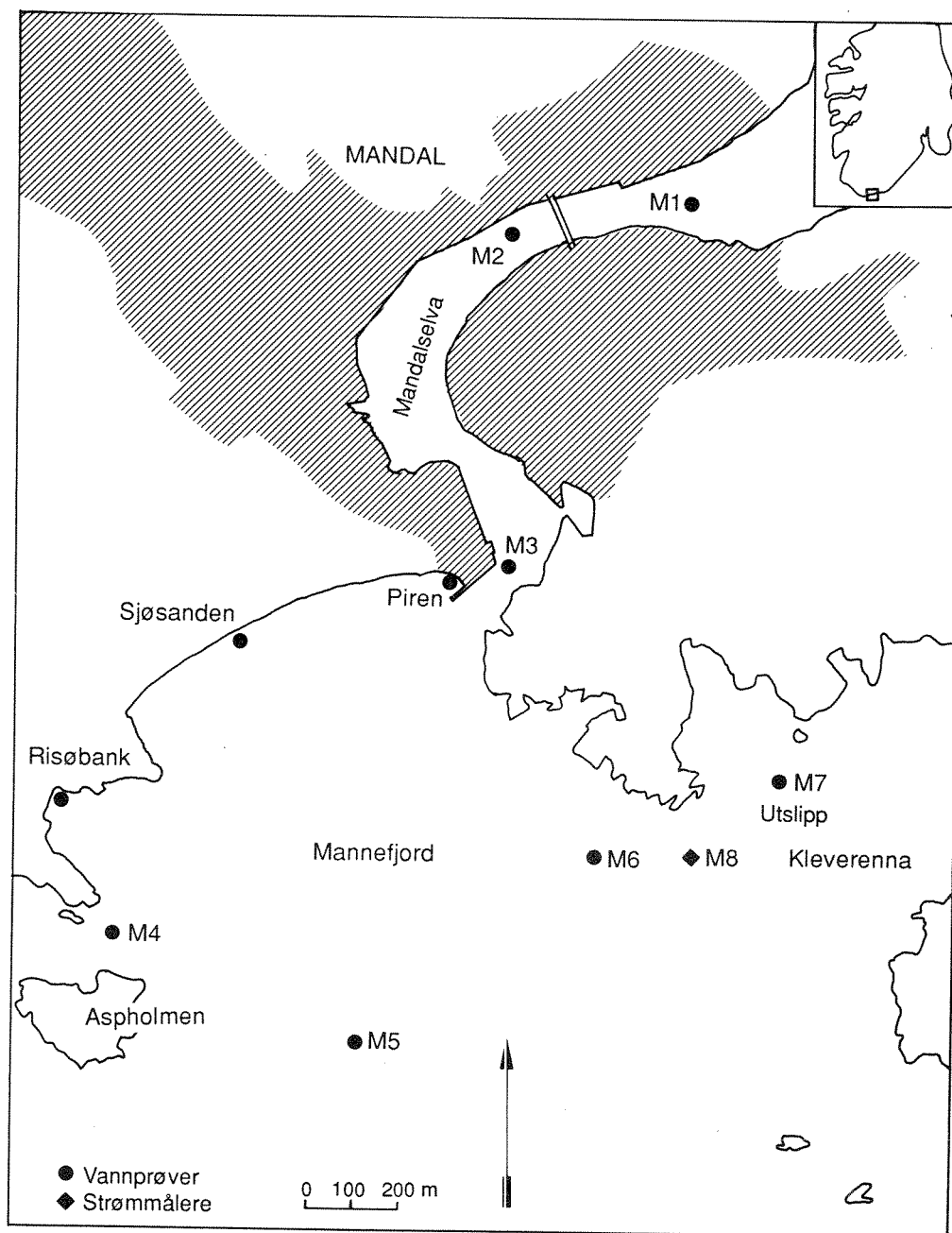


Fig. 1. Mannefjorden og Mandalselva med prøvestasjoner.

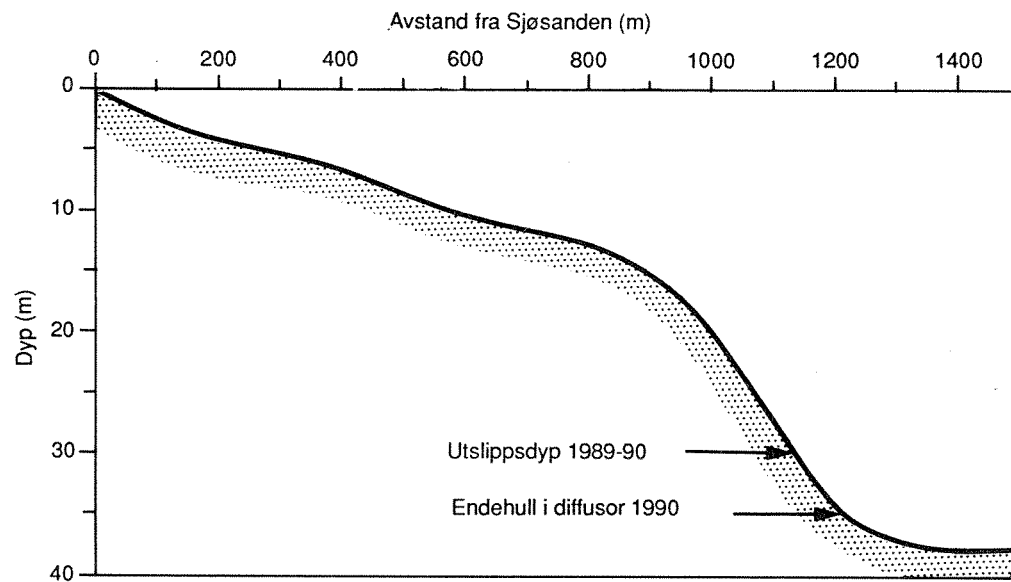


Fig. 2. Bunnprofil fra Kleverenna til Sjøsandén.

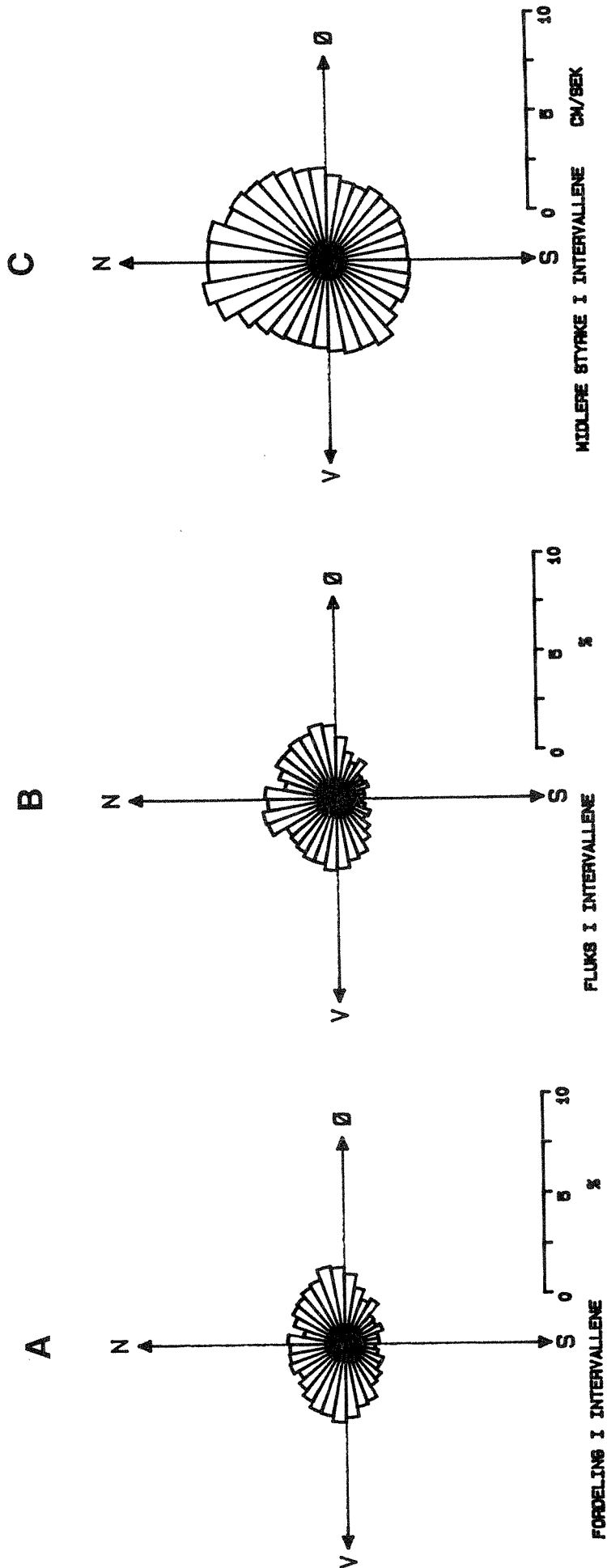


Fig. 3. Statistisk oppsummering av målingene i 10 m dyp, fordelt på 15 graders sektorer.

- a: Fordeling av strømretning. Hovedsakelig østgående eller vestgående strøm.
- b: Fluks eller volumtransport i sektorene. Liten transport i sørlig retning, ellers noenlunde jevn fordelt.
- c: Midlere hastighet i sektorene. Noenlunde jevn fordeling.

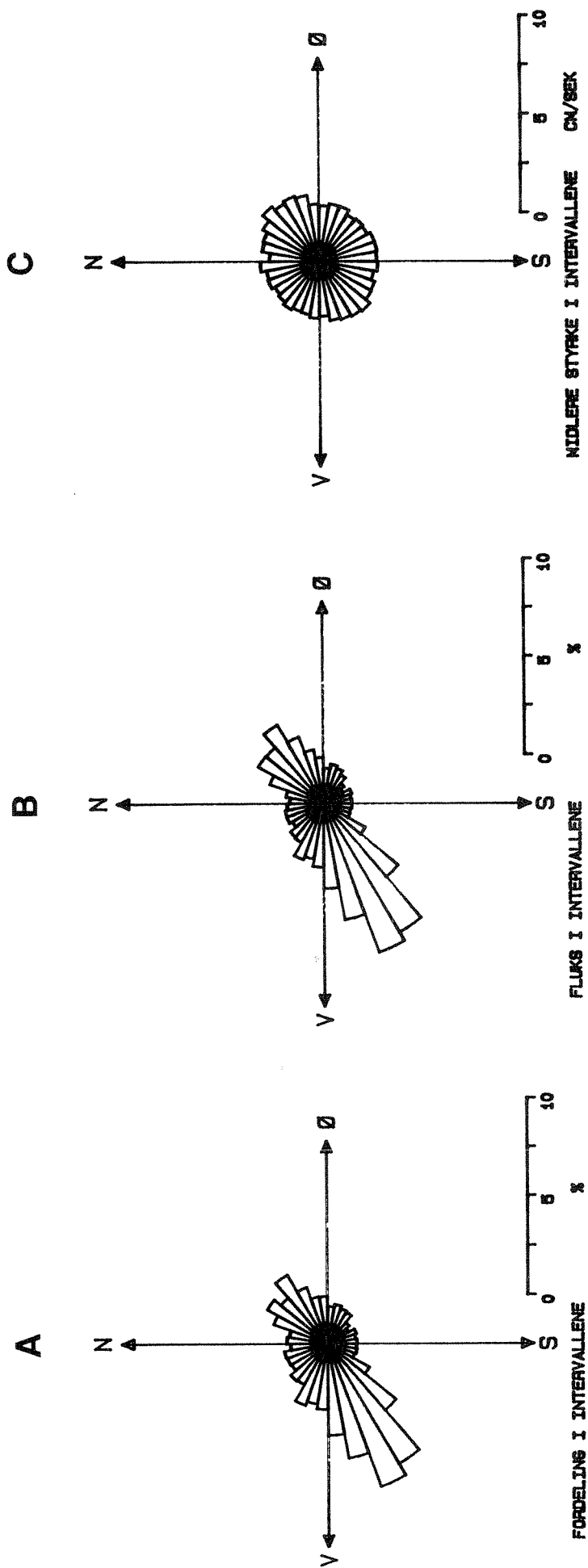


Fig. 4. Statistisk oppsummering av målingene i 20 m dyp, fordelt på 15 graders sektorer.  
 a: Fordeling av strømretning. Hovedsakelig sørvestlig strøm  
 b: Fluks eller volumtransport i sektorene. Hovedsakelig sørvestlig transport.  
 c: Midlere hastighet i sektorene. Noenlunde jevn fordeling.



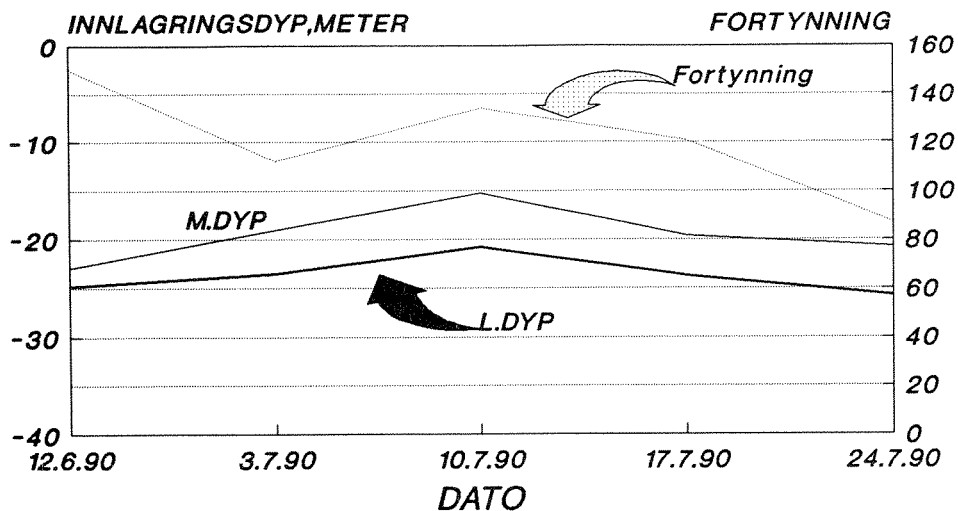


Fig. 5. Beregning av innlagringsdyp og midlere fortynning av avløpsvannet.

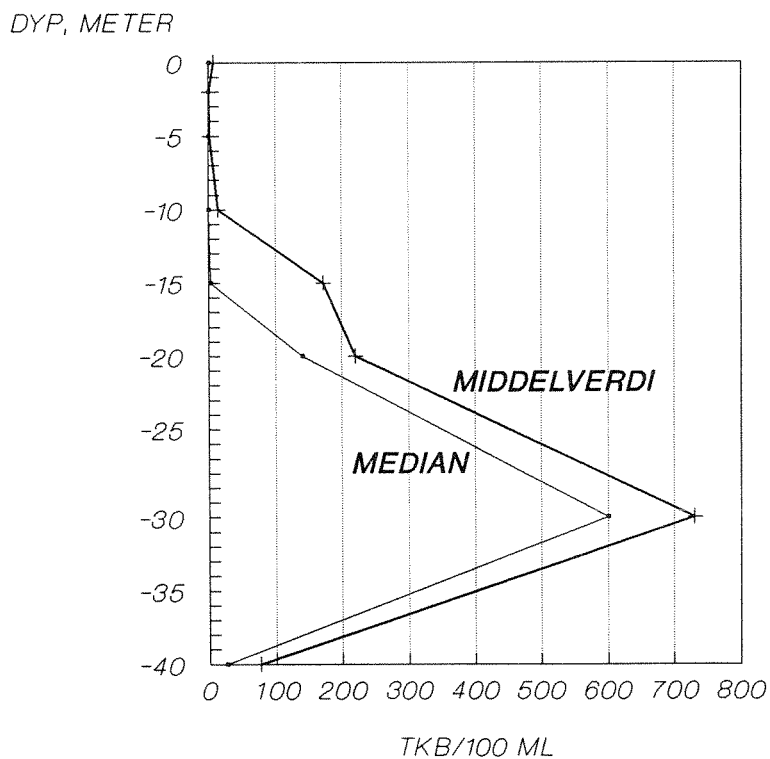


Fig. 6. Sammenfatning av målingene på st. M7 i Kleverenna. Høye bakteriekonsentrasjoner i innlagringsdyp, men lave konsentrasjoner i 0 - 10 m.

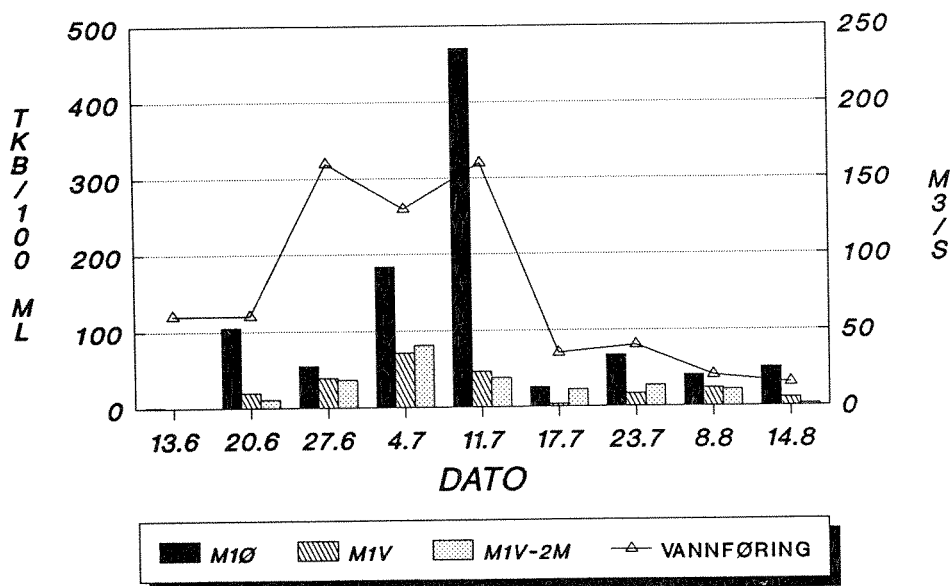


Fig. 7a. Målinger av termostabile koliforme bakterier i 1 m dyp i Mandalselva, med tilhørende vannføring. Stasjon M1 - øst-siden og vestsiden.

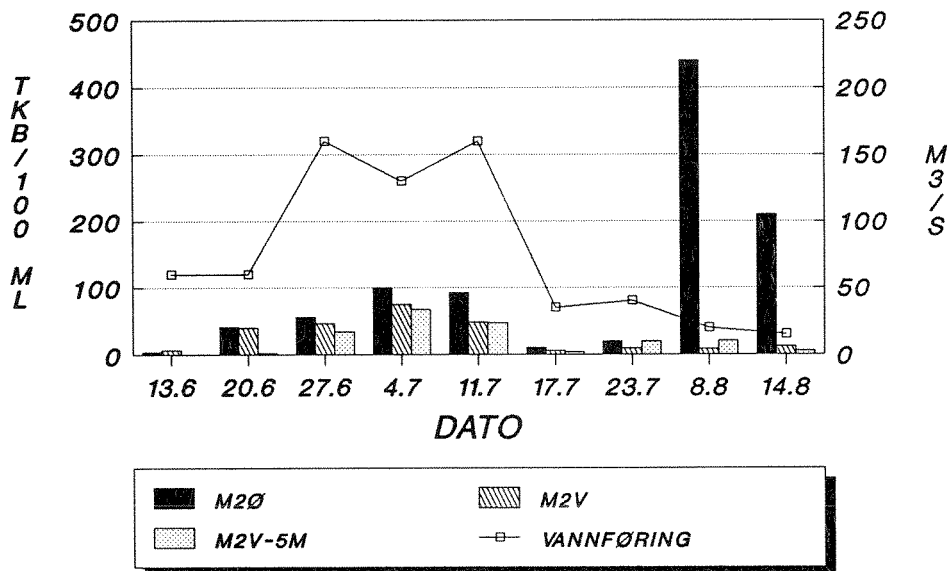


Fig. 7b. Målinger av termostabile koliforme bakterier i 1 m dyp i Mandalselva, med tilhørende vannføring. Stasjon M2 - øst-siden og vestsiden.

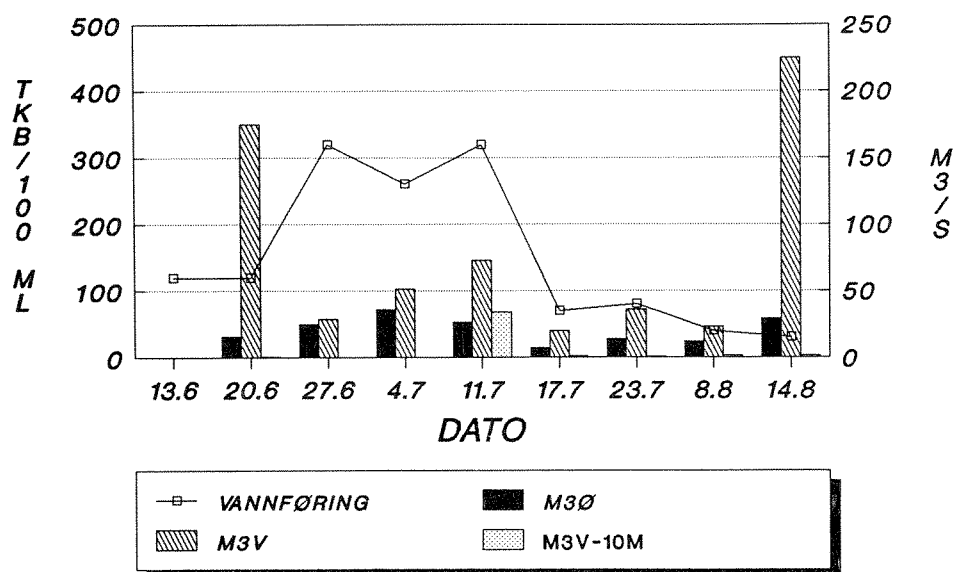


Fig. 7c. Målinger av termostabile koliforme bakterier i 1 m dyp i Mandalselva, med tilhørende vannføring. Stasjon 3M - øst-siden og vestsiden.

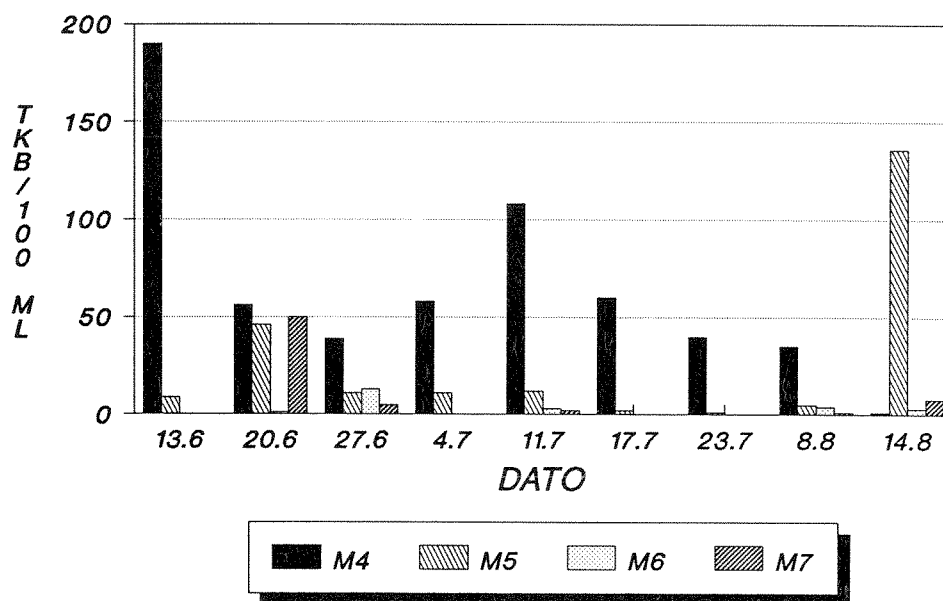


Fig. 8. Målinger av termostabile koliforme bakterier i 1 m dyp i Mannefjorden.

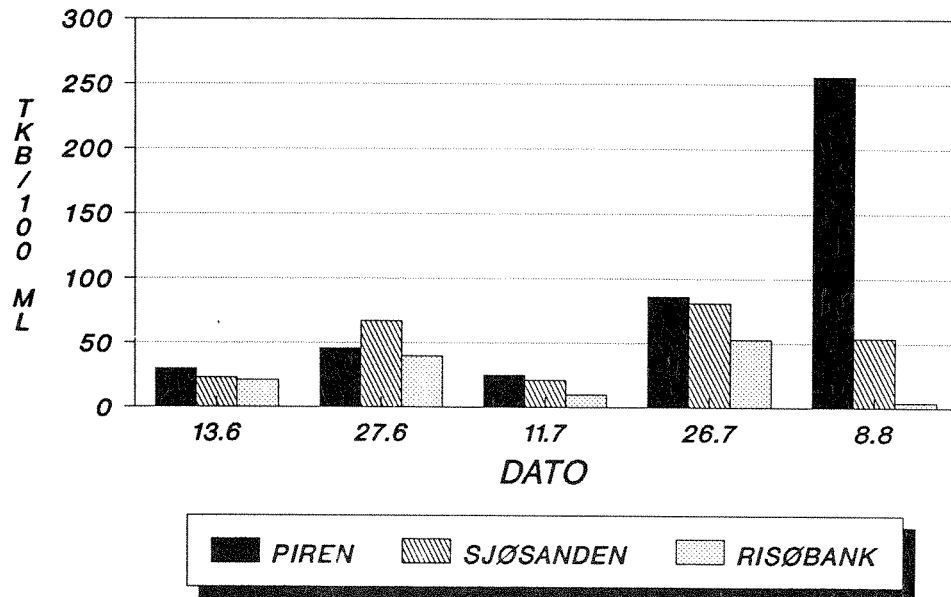


Fig. 9. Målinger av termostabile koliforme bakterier på badeplasser i 1990.

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, Korsvoll  
0808 Oslo 8

ISBN 82-577 -1821-1