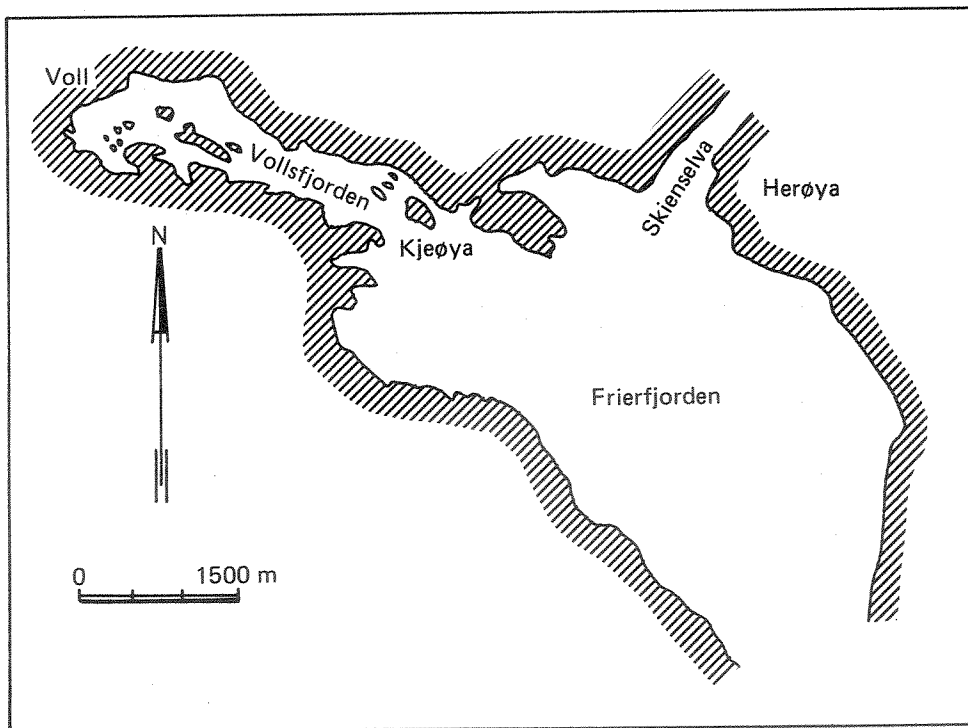


0-77114

Resipientundersøkelse av Volls fjorden, Skien kommune



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-77114
Undernummer: II
Løpenummer: 1182
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Resipientundersøkelse av Volls fjorden, Skien kommune.	Dato: 18.1.1980
	Prosjektnummer: 0-77114
Forfatter(e): Jarle Molvær Brage Rygg Jens Skei	Faggruppe:
	Geografisk område: Telemark
	Antall sider (inkl. bilag): 44

Oppdragsgiver: Skien kommune	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt:

Undersøkelsen har vist at Volls fjorden er betydelig forurensset. Ved siden av lokale utslipp spiller forurensninger fra Frierfjorden en vesentlig rolle for tilstanden i området. I overflaten er siktedypet dårlig hele året. Dypvannet og bløtbunnsfaunaen er preget av dårlige oksygenforhold. Bunn sedimentene er forurensset av metaller og organiske mikroforurensninger som må antas å stamme fra Frierfjorden.

4 emneord, norske:
1. Volls fjorden
2. Resipientundersøkelse
3. Vannkvalitet
4. Sedimenter
5. Bløtbunnsfauna

4 emneord, engelske:
1.
2.
3.
4.


Prosjektleders sign.:


Seksjonsleders sign.:


Instituttetsjefs sign.:

ISBN 82-577-0240-4

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

0-77114

RESIPIENTUNDERSØKELSE AV VOLLSFJORDEN,
SKIEN KOMMUNE.

Brekke, 18. januar 1980

Saksbehandler: Cand.real. Jarle Molvær

Medarbeidere : Cand.real. Brage Rygg
Jens Skei, Ph.D.

Instituttetsjef Kjell Baalsrud

FORORD

Foreliggende rapport gjengir resultatene fra en resipientundersøkelse av Volls fjorden som Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i tidsrommet 30.5.1978 - 22.5.1978 utførte etter oppdrag av Byingeniøren i Skien.

Bakgrunnen for oppdraget var at den eksisterende kunnskap om Volls fjordens forurensningstilstand var utilstrekkelig for Skien kommunes og Fylkesmannen i Telemarks arbeid med og vurdering av søknader om utslippstillatelse for avløpsvann til fjorden.

Resultatene fra undersøkelsen kan også tjene som grunnlag for en eventuell fremtidig vurdering av utviklingstendensen for fjorden. Volls fjorden inngår nå i de fjordområdene som dekkes av det overvåkningsprogrammet for Skienselva og Grenlandsfjordene som utføres i regi av Fylkesmannen i Telemark.

Blindern, 18. januar 1980


Jarle Molvær

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD	1
1. INNLEDNING	5
2. FELTARBEID	7
3. FERSKVANNSTILFØRSEL OG FORURENSNINGSTILFØRSLER	10
4. VANNKVALITET	12
5. BUNNSEDIMENTER	28
6. BLØTBUNNSFAUNA	38
7. OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER	41
8. LITTERATUR	44

FIGURFORTEGNELSE

Side:

Fig. 1.	Kart over Vollsfjorden med langsgående bunnprofil og hydrokjemistasjoner	6
Fig. 2.	Overflatelagets saltholdighet og tykkelse i Vollsfjorden og overflatelagets saltholdighet i Frierfjorden	13
Fig. 3.	Målinger av total fosfor i 0-2 m dyp på stasjonene AA1, AB1 og BB1	16
Fig. 4.	Målinger av ortofosfat i 0-2 m dyp på stasjonene AA1, AB1 og BB1	16
Fig. 5.	Målinger av total nitrogen i 0-2 m dyp på stasjonene AA1, AB1 og BB1	17
Fig. 6.	Målinger av nitrat+nitritt i 0-2 m dyp på stasjonene AA1, AB1 og BB1	18
Fig. 7.	Målinger av ammonium i 0-2 m dyp på stasjonene AA1, AB1 og BB1	18
Fig. 8.	Målinger av total organisk karbon i 0-2 m dyp på stasjonene AA1, AB1 og BB1	21
Fig. 9.	Målinger av klorofyll i 0-2 m dyp på stasjonene AA1, AB1 og BB1	21
Fig. 10.	Målinger av siktedyp på stasjonene AA1, AB1 og BB1. Grenseområdet for akseptabelt badevann er skravert	23
Fig. 11.	Oksygenforhold (ml O ₂ /l) på st. AA1, mai-desember 1978 .	25
Fig. 12.	Oksygenforhold (ml O ₂ /l) på st. AB1 fra mai 1978 - mai 1979	25
Fig. 13.	Oksygenforhold (ml O ₂ /l) 22.11.1978	27
Fig. 14.	Total fosfor (µg P/l) 22.11.1978	27
Fig. 15.	Fordelingen av organisk materiale (O.M. %), sink (Zn, ppm), bly (Pb, ppm) og kvikksølv (Hg, ppm) i de øvre 4 cm av sedimentene i Vollsfjorden. (Stolpediagrammet er fremstilt med forskjellig målestokk på stolpene) ...	30
Fig. 16.	Vertikal fordeling av organisk materiale i sedimentkjerne fra Vollsfjorden	31
Fig. 17.	Vertikal fordeling av kvikksølv (Hg) og bly (Pb) i sedimentkjerne på stasjon S24 i Vollsfjorden	34

Figurfortegnelse forts.:	Side:
Fig. 18. Fordelingen av heksaklorbenzen (HCB, ppm), oktaklorstyren (OCS, ppm) og polyklorerte bifenyler (PCB, ppm) i de øvre 4 cm av sedimentene i Vollsfjorden	35
Fig. 19. Bløtbunnsfaunastasjoner	39

TABELLFORTEGNELSE

Tabell 1. Prøveinnsamling og analyser under hovedtoktene	7
Tabell 2. Oversikt over hovedtokt og kontrolltokt i Vollsfjorden	8
Tabell 3. Avrenning av nitrogen og fosfor fra dyrket mark, skog og utmark	11
Tabell 4. Direkte tilførsler av nitrogen og fosfor til Vollsfjorden	11
Tabell 5. Forholdet UORGN/ORTP i overflatelaget i Vollsfjorden og på st. BB1	19
Tabell 6. Visuell beskrivelse av sedimentkjernene	29
Tabell 7. Metaller og organisk materiale i sedimentprøver fra Vollsfjorden innsamlet i mai 1978	32
Tabell 8. Metaller og organisk materiale i sedimenter fra Vollsfjorden innsamlet i juni 1976	32
Tabell 9. Klorerte hydrokarboner i sedimenter fra Vollsfjorden innsamlet i juni 1976 og mai 1978 (ppm, tørrvekt) ...	36
Tabell 10. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimenter fra Vollsfjorden	37
Tabell 11. Bløtbunnsfauna i Vollsfjorden 23.11.1978	40

1. INNLEDNING

Et kart over Volls fjorden er vist på fig. 1. Den er ca. 3,5 km lang, regnet fra Kjeøya til Voll innerst i fjorden.

Volls fjorden er relativt grunn. Norges Sjøkartverks originalopplodding av området angir 35 m som største dyp like vest for Lauvøyane. Største dyp mot Frierfjorden er ca. 20 m.

Resipientforholdene i fjorden er lite kjent. Som et ledd i den 3-årige resipientundersøkelsen av Grenlandsfjordene som foregikk i tidsrommet mars 1974 - februar 1977 ble det tatt en prøve av bunnsedimentene i Volls fjorden, rett nord for Langøya. Det ble bl.a. påvist høye kvikksølvkonsentrasjoner i de øverste 11 cm av sedimentene (NIVA 9.2.1979).

I begynnelsen av mai 1977 gjennomførte NIVA et hydrokjemisk tokt til Grenlandsfjordene under overvåkingsprogrammet for samme område. Toktet ble utført etter en dypvannsfornyelse i Frierfjorden, og programmet ble utvidet til å omfatte en stasjon i Volls fjordens ytre del. Oksygenforholdene viste seg å være dårlige, til dels kritiske under ca. 16 m dyp. Det var imidlertid uvisst i hvilken grad dette skyldes påvirkning av gammelt Frierfjordvann.

Ut fra de eksisterende kunnskaper om topografi, vannkvalitet og sedimenter er det rimelig å anta at følgende kan være hovedproblemene for fjorden:

- Tilførsler av forurenset vann fra Herrebukta/Frierfjorden.
- Gjødsling av overflatelaget med plantenæringsstoffer som medfører uønsket algevekst og dårlig siktedyp.
- Dårlige oksygenforhold i dypvannet som følge av liten vannutskiftning kombinert med relativt stor belastning av organisk materiale.

Målsettingen for undersøkelsen er følgende:

1. Det gjennomføres en generell undersøkelse av Volls fjorden med sikte på å belyse de sentrale forurensningsproblemene i området.
2. Man vurderer resipienttilstand mot forurensningsbelastning og avgjør hvilke hovedtyper av forurensninger som dominerer, og kildene

for disse. Dette kan da danne grunnlaget for å vurdere effekten av nye utslipp og forventede virkninger av planlagte rensetiltak.

3. Undersøkelsen skal gi grunnlag for en eventuell senere vurdering av utviklingstendensen for fjorden.

Et forslag til undersøkelsesprogram ble oversendt Skien kommune i november 1977 (NIVA 10.11.1977). Feltarbeidet begynte 30.5.1978 og avsluttet 22.5.-1979.

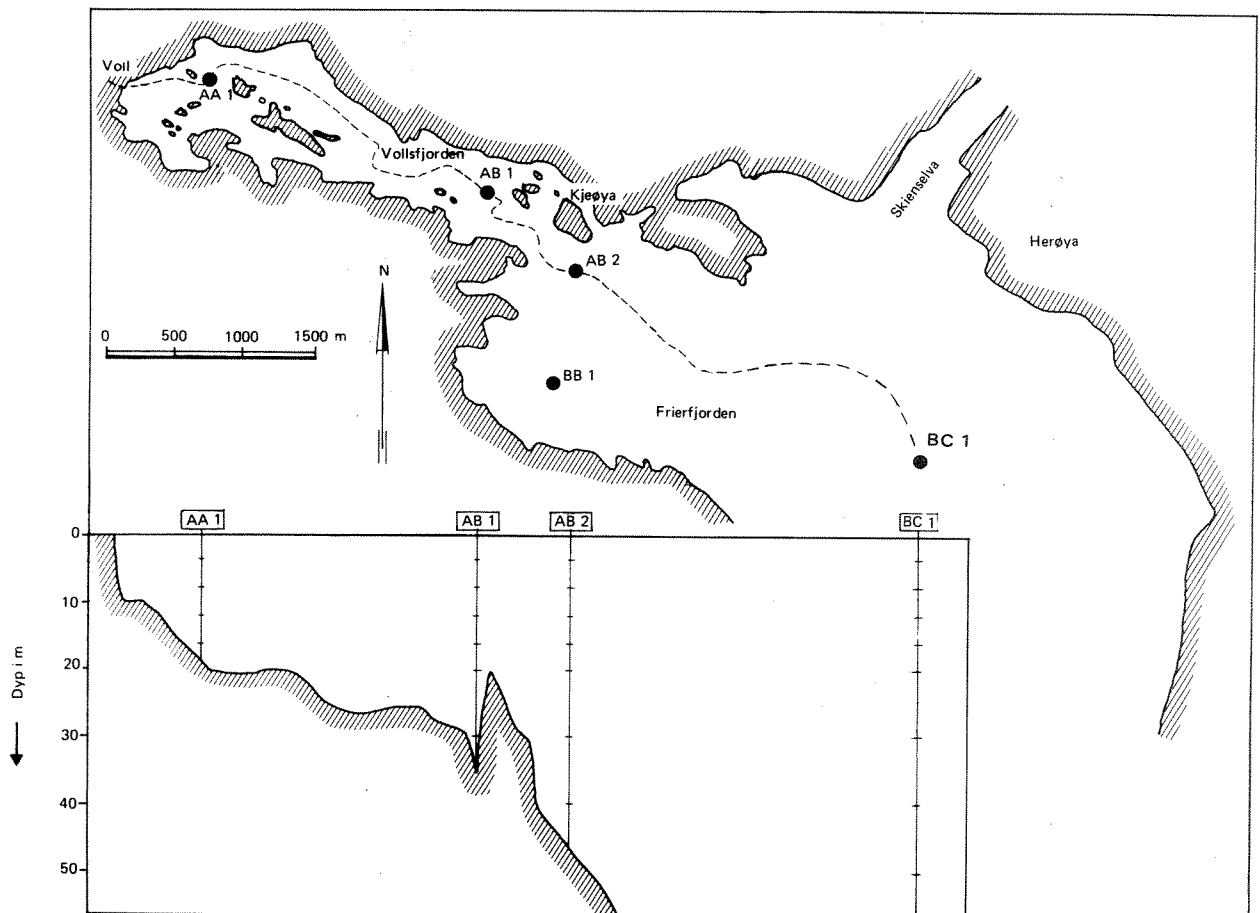


Fig. 1. Kart over Volls-fjorden med langsgående bunnprofil og hydrokjemi-stasjoner.

2. FELTARBEID

2.1 Undersøkelser av vannutskiftning og vannkvalitet

Feltarbeidet ved denne siden av undersøkelsen foregikk i tidsrommet 30.5.1978 - 22.5.1979. Stasjonene som ble benyttet er vist på figur 1. Stasjon BB1 var ikke med i det opprinnelige programforslaget, men ble inkludert fra og med september 1978.

Man gjennomførte to typer tokt: hovedtokt og kontrolltokt. Arbeidsprogrammet for hovedtoktene fremgår av tabell 1.

Tabell 1. Prøveinnsamling og analyser under hovedtoktene.

Stasjon	Temperatur Saltholdig- het	Oksygen, tot.nitrogen nitritt+nitrat tot.fos- for, ortofosfat, tot. organisk karbon, kloro- fyll	Siktedyp	Observasjoner av vind, vær, skydekke, bølgehøyde
AA1	A	A	Alle st.	Alle st.
AB1	A	A	"	"
AB2	A	B	"	"
BB1	B	A ^{*)}	"	"

A: Prøver fra alle dyp

B: Blandingsprøve fra 0-2 m dyp

*) Bare klorofyllanalysene ble belastet dette prosjektet, da denne stasjonen forøvrig inngår i det generelle overvåkingsprogrammet for Grenlandsfjordene.

Prøvene fra Volls fjorden ble samlet inn fra 0-2 m, 4 m, 8 m, 16 m, 20 m og 28 m der nederste måledyp ble tilpasset bunndypet på stasjonen. Det ble ikke tatt oksygenprøve fra 0-2 m.

På kontrolltoktene ble temperatur og saltholdighet målt med salinoterm på st. AA1, AB1 og AB2. På st. AA1 og AB1 ble det også tatt oksygenprøver i alle faste måledyp. Prøver for analyse av fosfor- og nitrogenforbindelser, total organisk karbon og klorofyll ble innsamlet i 0-2 m dyp på st. AA1, AB1 og BB1.

Hovedtoktene ble koordinert med toktene i det generelle overvåkningsprogrammet for Grenlandsfjordene som NIVA utfører for Fylkesmannen i Telemark. Tidspunktene for toktene framgår av tabell 2.

På grunn av sterk kulde og ekstreme isforhold vinteren 1979 ble det ikke tatt prøver fra Volls fjorden i tidsrommet 22.11.1978 - 13.3.1979. Under mars- og apriltoktene i 1979 kunne ikke st. AA1 tas pga. isforholdene.

Fra og med august 1978 ble kontrolltoktene gjennomført av mannskap fra Byingeniørens kontor, Skien kommune.

Tabell 2. Oversikt over hovedtokt og kontrolltokt til Volls fjorden.

Dato	Hovedtokt	Kontrolltokt
30.5.1978	X	
29.6. "		X
11.7. "		X
9.8. "	X	
13.9. "		X
16.10. "		X
22.11. "	X	
13.3.1979	X	
20.4. "		X
22.5. "		X

2.2 Undersøkelser av bunnsedimenter

Sedimentprøver fra Vollsfjorden er blitt innsamlet ved to anledninger; i juni 1976 i forbindelse med resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder (NIVA, 1.3.1977) og i mai 1978. Lokaliseringen av stasjonene er vist på Fig. 15. På stasjon S24 ble tre sedimentkjerner tatt for analyse av metaller og organisk materiale, klorerte hydrokarboner (HCB etc.) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Kjernene som ble tatt i 1978 (AA1 og AB1, Fig. 15) ble analysert for metaller og organisk materiale. Samtlige sedimentkjerner er tatt med "gravity corer" (Niemistö, 1974) fra F/F "H.H. Gran".

Sedimentprøvene tatt i 1976 (S24, Fig. 15) ble analysert for kvikksølv, sink, bly, nikkel, kadmium, mangan, kopper, jern og organisk materiale. I tillegg ble en kerne analysert for pentaklorbenzen (5CB), hexaklorbenzen (HCB) og oktaklorstyren (OCS), samt en kerne for polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Alle disse analysene ble utført ved Sentralinstitutt for industriell forskning (SI) i henhold til standard prosedyrer (se f.eks. NIVA, 25.11.1976).

Sedimentprøvene tatt i 1978 ble analysert for sink, bly, kvikksølv og organisk materiale, samt triklorbenzen (3CB), tetraklorbenzen (4CB), pentaklorbenzen (5CB), heksaklorbenzen (HCB), heptaklorstyren (HCS), oktaklorstyren (OCS), polyklorerte bifenyler (PCB) og decaklorbifenyl (10CB). Metallanalysene ble utført ved NIVA, mens analysene av klorerte forbindelser ble utført ved SI.

2.3 Undersøkelse av bløtbunnsfauna

Bløtbunnsfaunaprøver ble samlet fra i alt åtte stasjoner den 23.11.1978 (Fig. 19). De små dypene tillot bruk av en liten Ekmangrabb som opereres med håndvinsj. Denne grabben gaper over et areal på 0.018 m². På hver stasjon ble det tatt én prøve. Prøvene ble vasket gjennom siler med 1 mm huller for å fjerne finfraksjonene av sedimentet. Det resterende materialet ble tatt vare på for nærmere undersøkelse.

3. FERSKVANNSTILFØRSEL OG FORURENSNINGSTILFØRSLER

3.1 Ferskvannstilførsel

I følge "Kart over gjennomsnittlige avløp i Sør-Norge" utarbeidet av Norges Vassdrags og Elektrisitetsvesen vil det gjennomsnittlige årlige avløp i Vollsfjordens nedslagsfelt være 25 l/s km². Dette tilsvarer et gjennomsnittlig årlig avløp på 675 l/s.

3.2 Forurensningstilførsler

Vollsfjorden blir tilført forurensninger både fra direkte utslipp og via Frierfjordvann som føres inn i området. Størrelsen av de lokale tilførsler kan beregnes ut fra erfaringstall, mens betydningen av bidraget fra Frierfjorden vil fremgå av denne resipientundersøkelsen.

Skien kommune har skaffet til veie data for beregning av de direkte tilførsler av fosfor og nitrogen til Vollsfjorden.

Nedslagsfeltet til Vollsfjorden er 27 km² hvorav 3 km² er dyrket mark, og 24 km² er skog og utmark.

Utslipp av husholdningskloakk i nedslagsfeltet utgjør ca. 300 personenheter (pe) hvorav ca. 80 pe. ved selve Vollsfjorden.

Det er ingen industri i området. Ellers kan nevnes en fylling av bark og bygningsavfall 4-5 km fra Vollsfjorden.

Vi forutsetter at 1 pe tilsvarer et utslipp av:

Total fosfor	2.5 g P/døgn
Total nitrogen	14 g N/døgn

Tilførslene av total fosfor og total nitrogen fra dyrket mark, skog og utmark kan beregnes ut fra spesifikke avrenningstall hentet fra NIVA (1978), se tabell 3.

Tabell 3 Avrenning av nitrogen og fosfor fra dyrket mark, skog og utmark.

	Total fosfor kg/km ² -år	Total nitrogen kg/km ² -år
Dyrket mark *)	200	3800
Skog og utmark	6.5	220

*) Spesifikke avrenningstall for Telemark finnes ikke. I stedet er benyttet tall for Østfold.

Størrelsen av de direkte utslipp av nitrogen og fosfor til Vollsfjorden er beregnet i tabell 4.

Tabell 4. Direkte tilførsler av nitrogen og fosfor til Vollsfjorden.

	Nitrogen		Fosfor	
	Befolkning	1320 kg/år	1.3%	273 kg/år
Dyrket mark	91200 "	93.3%	4800 "	91.8%
Skog og utmark	5280 "	5.4%	156 "	3.0%
	97800 kg/år	100%	5229 kg/år	100%

Disse tilførselstallene vil nødvendigvis inneholde en viss usikkerhet da de bygger på erfaringstall hentet fra litteraturen. Men det er likevel klart at dyrket mark står for det langt største bidraget av fosfor og nitrogen til Vollsfjorden.

Til sammenligning angis midlere belastningstall for Frierfjorden i 1978, hentet fra SFT (1979):

Fosfor: ca. 110 tonn/år
 Nitrogen: " 6700 "
 Organisk
 stoff som
 BOF₉ : " 13700 "

Det er således klart at selv en mindre tilførsel av brakkvann fra Frierfjord kan medføre en betydelig merbelastning på Vollsfjorden.

4. VANNKVALITET

4.1 Innledning

For de fleste mennesker henger ordet "vannkvalitet" sammen med vannets utseende, lukt og med forekomst av giftstoffer eller sykdomsfremkallende organismer som en helserisiko for planter, dyr og mennesker.

Synsinntrykket er avhengig av hvor mye partikler det er i vannet, hva slags partikler det er og mengden av oppløste stoffer, som setter farge på vannet. Partiklene kan være uorganisk materiale f.eks. leirpartikler tilført via elver og bekker, spesielt i flomperioder. Det kan også være suspenderte partikler fra industri, bebyggelse og annen virksomhet. Mikroskopiske planter (planteplankton) har betydelig innflytelse på vannets gjennomskinnelighet og farge i produksjonssesongen. Når planteplanktonbestanden blir spesielt tett, benevnes det algeoppblomstring. Da blir overflaten farget tydelig brun, grønn, rød eller melkehvit.

Planteplanktonbestandenes størrelse og produksjon bestemmes av forholdet mellom vekststimulerende faktorer (som sollys, temperatur, gunstige hydrografiske forhold som sterk sjiktning i vannmassene, tilførsel av plantenæringsstoffer) og faktorer som fjerner planter fra vannmassene, eller reduserer veksten (som naturlig dødelighet, giftstoffer, beiting av dyr, ugunstige hydrografiske forhold). Tilførsel av plantenæringsstoffer fra bosetningsområder, jordbruk og industri er en viktig vekststimulerende faktor som har ansvar for forurensningsutviklingen i mange vannforekomster.

Fra det produktive overflatelaget synker døde planter og planterester, døde dyr og ekskrementer fra beitende dyr samt tilførte organiske partikler mot bunnen. Dette organiske stoffet tjener som næring for dyr og bakterier i dypvannet, hvor næringen omsettes under forbruk av oksygen. Forholdet mellom mengde tilført organisk stoff og tilførsel av oksygen til dypvannet blir dermed avgjørende for dypvannets tilstand. I områder der dypvannsutskiftningen er spesielt dårlig, kan forbruket av oksygen normalt overstige tilførselene. I forurensede fjorder kan tilførselen av organisk stoff til dypet bli så stor at en normalt tilstrekkelig utskiftningsfrekvens ikke lenger strekker til, oksygenreservene brukes opp og dypvannet råtner, med fatale følger for fisk og andre organismer.

4.2 Kort beskrivelse av vannmasser og vannutskiftning i Vollsfjorden

I drøftingen av vannkvaliteten vil vi skjelne mellom overflatelaget og dypvannet. Overflatelaget består av brakkvann med en saltholdighet som i undersøkelsesperioden varierte mellom ca. 0.5 ‰ og 9 ‰. Lagets tykkelse varierte mellom ca. 2.5 m og 8 m, se figur 2. Dette er tall som samsvarer meget godt med tilsvarende målinger i Frierfjorden, både mht. variasjonsområdet og tidspunktene for ekstremverdiene i 1978 (NIVA 9.2.1979 og NIVA 10.9.1979).

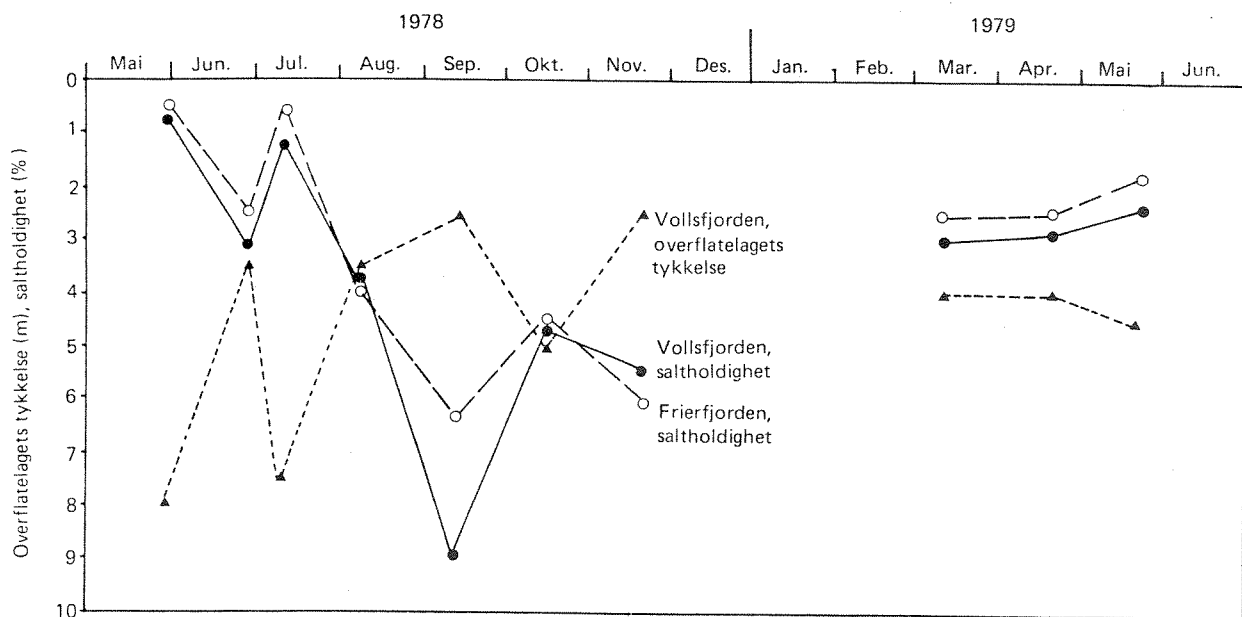


Fig. 2. Overflatelagets saltholdighet og tykkelse i Vollsfjorden og overflatelagets saltholdighet i Frierfjorden.

I Frierfjorden bestemmes overflatelagets tykkelse og saltholdighet i det alt vesentlige av vannføringen i Skienselva. Den direkte ferskvannstilførselen til Vollsfjorden er i middel ca. $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$, mot Skienselvas midlere vannføring på ca. $270 \text{ m}^3/\text{s}$. Det foranstående er dermed et klart tegn på at tilstanden i Vollsfjordens overflatelag i stor grad vil være påvirket av forurenset brakkvann fra Frierfjorden.

Mellom overflatelaget og dypvannet ligger et lag hvor særlig saltholdigheten (og egenvekten) øker sterkt mot dypet. Dette laget omtales vanligvis som et sprangsjikt.

Fjordens dypvann strekker seg fra underkant av sprangsjiktet og til bunns. Over ca. 20 m dyp (terskeldypet) står dypvannet i direkte forbindelse med vannmassene i tilsvarende dyp i Frierfjorden. Under 20 m dyp blir dypvannet bare mer sporadisk tilført nytt vann.

Når forurensende stoff tilføres et fjordområde, vil virkningene i stor grad være avhengig av hvordan stoffene fortynnes og spres omkring i vannmassene, og vannmassenes oppholdstid i området. En detaljert studie av vannutskiftningsprosessen i Volls fjorden ligger utenfor rammen av dette arbeidet. Datamaterialet gir heller ikke tilstrekkelig grunnlag for det. Vi skal imidlertid gi en generell vurdering av vannutskiftningsforholdene i området, og påpeke hvilke mekanismer som vil være av størst betydning.

Generelt sett vil vannutskiftningen i fjorden være bestemt av fire forskjellige mekanismer:

1. Estuarin sirkulasjon drevet av ferskvannstilførselen. For Volls fjorden er ferskvannstilførselen liten, og en kan gå ut fra at bidraget fra den estuarine sirkulasjonen til vannutskiftningen i overflatelag og dypvann ikke er stort.
2. Vinddrevet strøm, fremkalt av vindens drag på overflatelaget. På grunn av topografien blåser vinden i dette området oftest noenlunde i fjordens lengderetning. Ved vestlig vind kan dette gi et betydelig bidrag til vannutskiftningen i overflatelaget. Overveiende østlig vind vil bidra til å øke påvirkning av Frierfjordvann, og forlenge oppholdstiden for overflatelaget.
3. Vannstandsvariasjoner (tidevann og meteorologiske effekter) må antas å gi et betydningsfullt bidrag til fornyelsen av vannmassene i Volls fjorden. Tidevannsvariasjonene i området er imidlertid relativt små, 0.3 m til 0.4 m vanligvis.
4. Tetthetsstrømmer, som oppstår pga. forskjeller i egenvekt (horisontale trykkforskjeller) mellom to nærliggende vannmasser. Dette er en særlig viktig utskiftningsmekanisme for dypvannet, som da vil være påvirket av skiftende hydrografiske forhold i 8-25 m dyp i Frierfjorden.

Tar vi de topografiske forhold i og rundt Vollsfjorden i betraktning, er det av det foranstående rimelig å anta at vannutskiftningen i Vollsfjordens overflatelag og dypvann vil være relativt dårlig.

4.3 Overflatelaget

For beskrivelse av forholdene i overflatelaget blir det her lagt vekt på:

- * Forekomst av plantenæringsstoffene fosfor og nitrogen, som stimulerer planteplanktonbestanden.
- * Klorofyll, som er et mål på planteplanktonbestandens størrelse.
- * Mengde organisk stoff, som gir et mål på totalbelastningen (planteplankton pluss annet organisk stoff).
- * Siktedyp, som gir en direkte tallfesting av synsinntrykket av vannet.

Fosfor og nitrogen

Fosfor- og nitrogenforbindelser er de viktigste uorganiske stoffene som i sjøen kan forekomme i så små mengder at algenes vekst hemmes.

Ortofosfat (PO_4^{3-}) er den viktigste fosforforbindelsen som brukes av algene og nitrat (NO_3^-), nitritt (NO_2^-) og ammonium (NH_4^+) er de viktigste nitrogenforbindelsene. En kan imidlertid ikke se bort fra at andre fosfor- og nitrogenforbindelser kan bli tilgjengelig for algene. Den totale mengden fosfor (P) og nitrogen (N) i vannprøven inkluderer slike andre forbindelser, samt nitrogen og fosfor som er bundet i levende og dødt organisk materiale.

Konsentrasjonene av total fosfor (TOTP), ortofosfat (ORTP), total nitrogen (TOTN), nitrat+nitritt (som NO_3N) og ammonium (NH_4N) i 0-2 m dyp på stasjonene AA1, AB1 og BB1 er gjengitt i fig. 3-7.

Av figurene fremgår at konsentrasjonene av fosfor- og nitrogenforbindelser i overflatelaget gjennomgår store variasjoner med tiden. I hovedtrekkene varierer konsentrasjonene i Vollsfjorden i takt med konsentrasjonene i Frierfjorden. Dette gjenspeiler særlig endringer i totalmengden (TOTP og TOTN) som følge av en varierende påvirkning av Frierfjordvann, og at død plankton som synker mot bunnen fjerner P- og N-forbindelser fra overflatelaget.

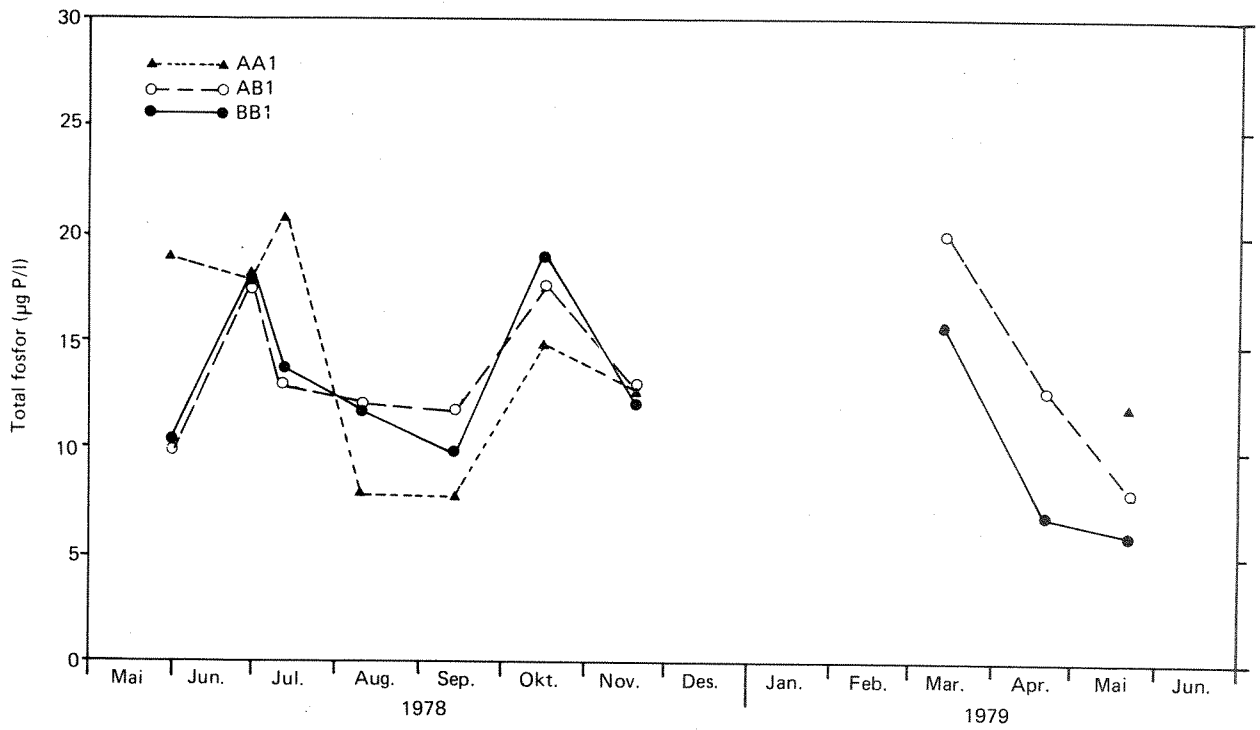


Fig. 3. Målinger av total fosfor i 0-2 m dyp på stasjonene AA1, AB1 og BB1.

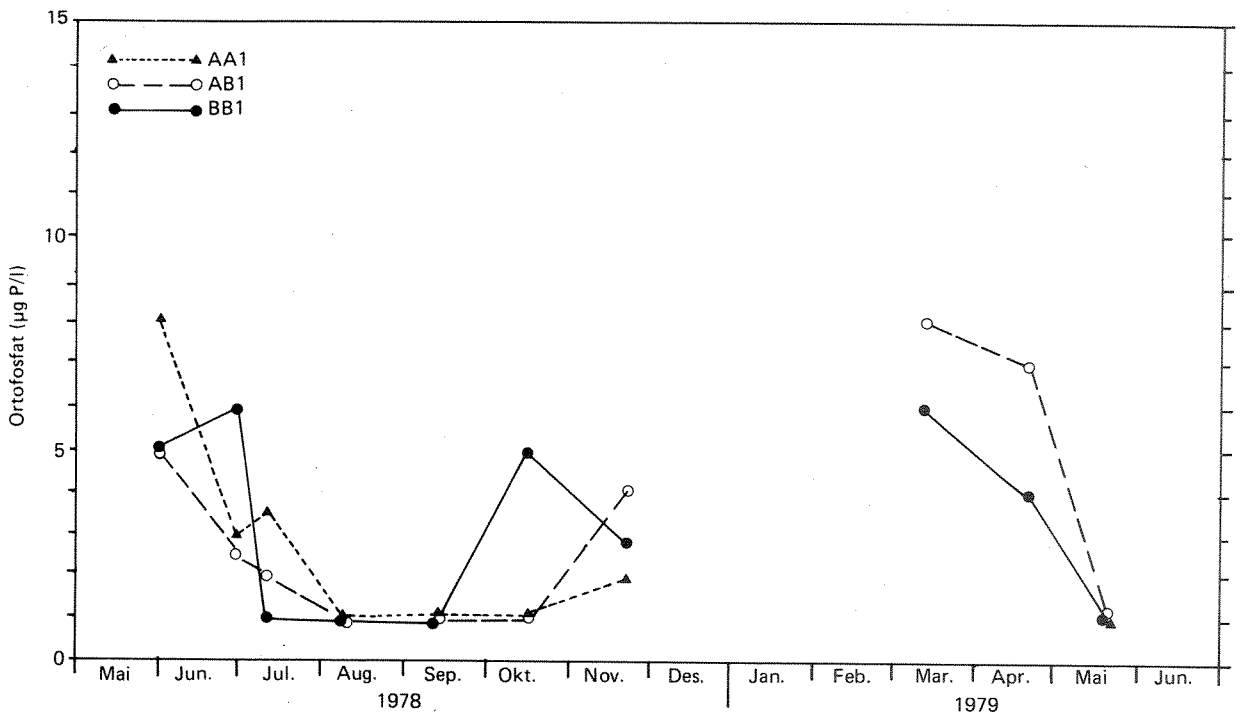


Fig. 4. Målinger av ortofosfat i 0-2 m dyp på stasjonene AA1, AB1 og BB1.

Sommer og høst 1978 lå konsentrasjonene av fosfor stort sett på noenlunde samme nivå i de to fjordområdene. Våren 1979 var konsentrasjonene høyest i Volls fjorden. Som ventet er likheten størst mellom st. BB1 og st. AB1 ettersom disse ligger nærmest hverandre. Differansen mellom konsentrasjonene av TOTP og ORTP viser at mer enn halvparten av fosforet hele tiden var bundet til organisk materiale. I tidsrommet juni-oktober 1978 var de målte ORTP-konsentrasjonene i Volls fjorden mindre enn 4 µg/l, storparten av tiden 2 µg/l eller lavere. I dette tidsrommet var sannsynligvis en betydelig del av fosforet bundet til planteplankton.

Konsentrasjonene av nitrogenforbindelser gir i hovedtrekkene samme bildet som tilfellet var for fosfor. Variasjonene med tiden er store både på st. BB1 og i Volls fjorden. Maksimumkonsentrasjonene var høyest i Frierfjorden, men konsentrasjoner på over 1000 µg N/l (som TOTN), 400-600 µg N/l som nitrat+nitritt og 400-800 µg N/l av ammonium i Volls fjorden må betegnes som høyt.

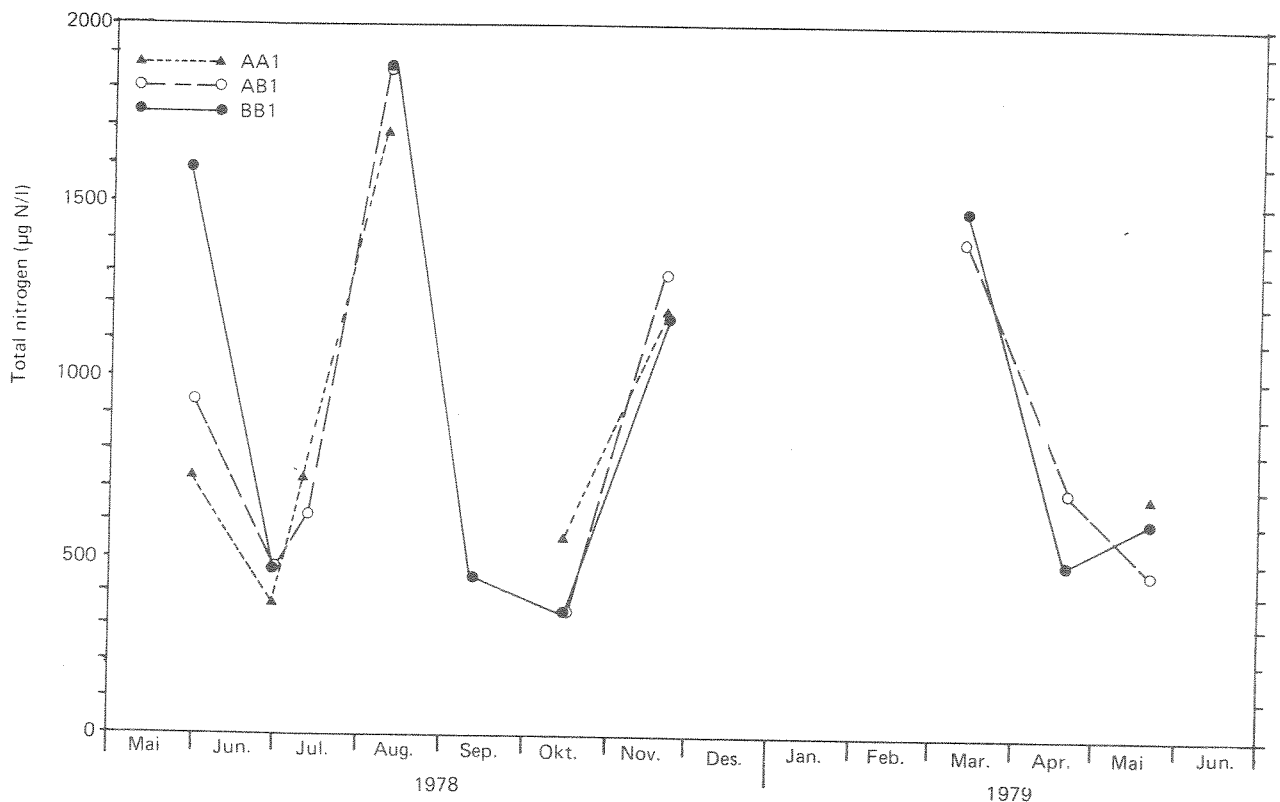


Fig. 5. Målinger av total nitrogen i 0-2 m dyp på stasjonene AA1, AB1 og BB1.

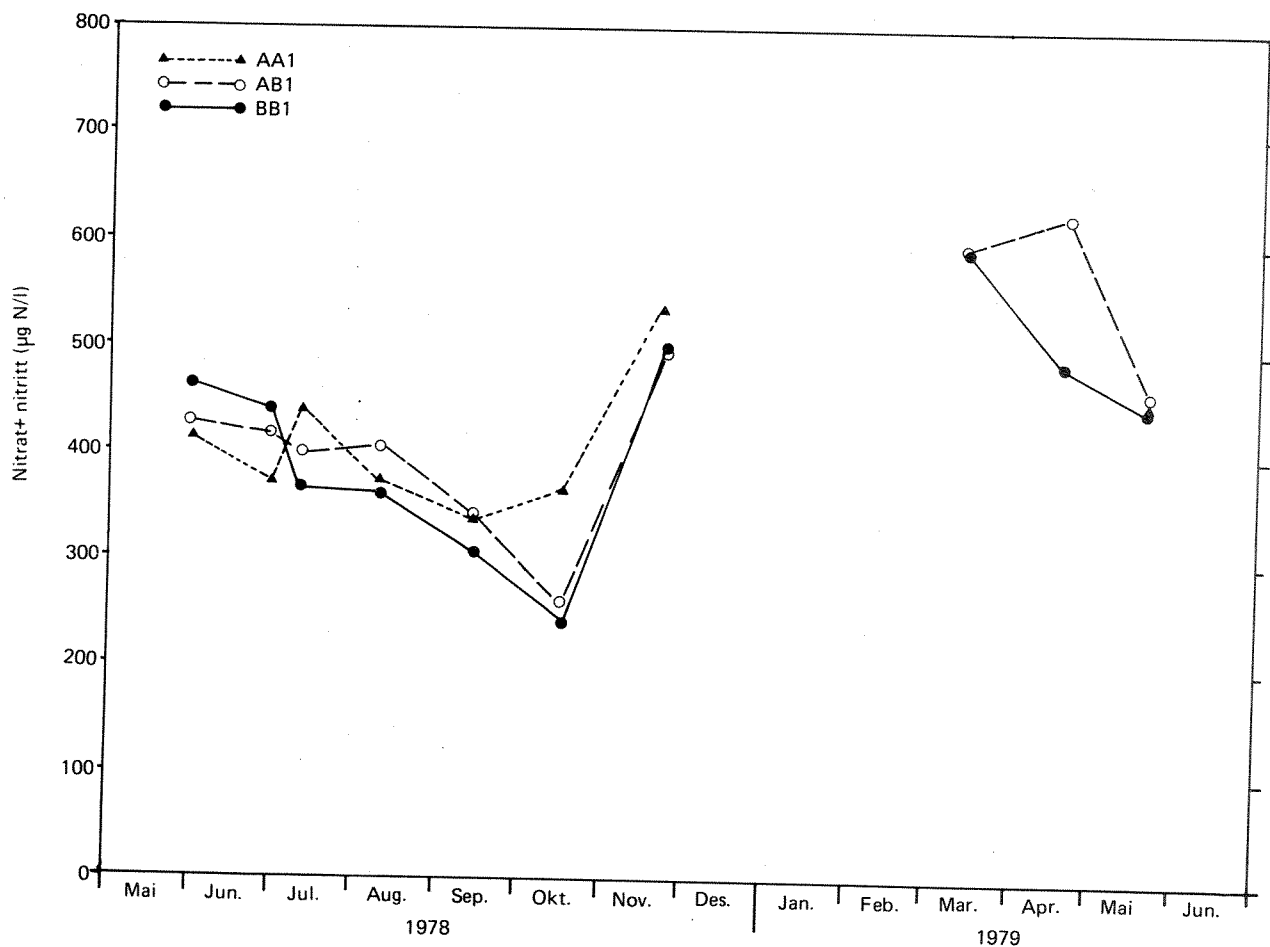


Fig. 6. Målinger av nitrat+nitritt i 0-2 m dyp på stasjonene AA1, AB1 og BB1.

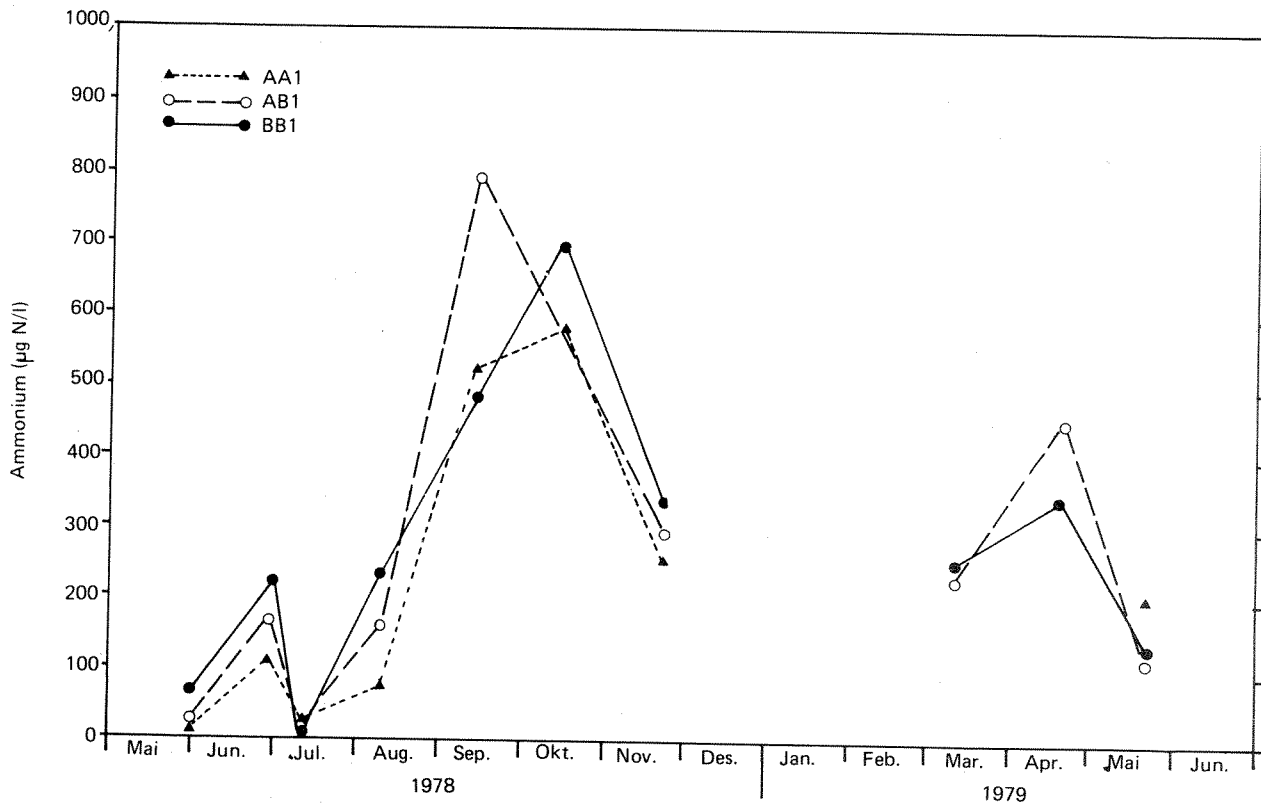


Fig. 7. Målinger av ammonium i 0-2 m dyp på stasjonene AA1, AB1 og BB1.

Resultatene er ytterligere et tegn på sterk påvirkning av overflatevann fra Frierfjorden.

Vektforholdet mellom nitrogen og fosfor (N/P-forholdet) i marint plankton varierer stort sett omkring 7:1. Blir vektforholdet mellom nitrogen og fosfor i en vannmasse mye større enn 7:1, kan vi regne med at fosfor vil bli først brukt opp av en voksende planktonbestand. Fosfor er da potensielt begrensende for planktonbestanden. Hvis N/P-forholdet er mye mindre enn 7:1, antas nitrogen å være potensielt begrensende.

Ved spørsmål om rensing av kommunal kloakk gir N/P-forholdet nyttige opplysninger. Hvis fosfor viser seg å være potensielt begrensende for planktonveksten, vil kjemisk rensing (fosforfjerning) av avløpsvannet være meget aktuelt. Viser nitrogen seg å være det stoff som vanligvis vil kunne begrense planktonveksten, er verdiene av fosforfjerning mer usikker. Et sentralt spørsmål blir da om den reduksjon av eksisterende fosforutslipp som kjemisk rensning kan gi, vil medføre at fosfor siden vil opptre som en begrensende faktor for planktonbestanden.

I vurderingene av N/P-forholdet i overflatelaget i Volls fjorden skal vi benytte forholdet (nitrat+nitritt+ammonium) / ortofosfat da dette inkluderer det vesentligste av biologisk tilgjengelig nitrogen og fosfor. Resultatene er gjengitt i tabell 5 under betegnelsen UORGN/ORTP (uorganiske nitrogenforbindelser/ortofosfat).

Tabell 5. Forholdet UORGN/ORTP i overflatelaget i Volls fjorden og på st. BB1

Stasjon	30.5.78	29.6.78	11.7.78	9.8.78	13.9.78	16.10.78	22.11.78	13.3.79	20.4.79	22.5.79
AA1	53	163	134	> 40	> 260	> 290	125	-	-	> 65
AB1	89	68	215	> 80	> 400	> 130	70	28	64	> 55
BB1	-	110	> 185	>302	> 397	190	273	141	207	287

Av tabellen framgår klart at det i hele undersøkelsesperioden var et underskudd på fosfor relativt til nitrogen. Mengden tilgjengelig fosfor var således potensielt begrensende for veksten av planktonbestanden. I sommerhalvåret da konsentrasjonene av ortofosfat av ca. 2 µg P/l eller lavere er det rimelig å anta at fosfor var en reell begrensende faktor for planktonveksten.

Total organisk karbon

Total organisk karbon (TOC) gir summen av oppløst og partikulært bundet organisk stoff i vannprøvene. Det er et resultat av tilførsler av organisk stoff, produksjon av plantemateriale i vannmassene og nedbrytning av organisk stoff ved respirasjonsprosesser. I overflatelaget i norske kystfarvann vil konsentrasjonene av TOC oftest være 1-2 mg C/l.

Med unntak av et maksimum i juni-juli 1978 lå TOC-konsentrasjonene i intervallet 3.0 - 4.5 mg C/l både i Vollsfjorden og i Frierfjorden. Dette samsvarer også med resultatene fra tidligere års undersøkelser i Frierfjorden (NIVA 9.2.1979).

De høye konsentrasjonene av TOC i juni 1978 fant sammen med et maksimum av klorofyll og relativt dårlig siktedyp (se fig. 8). Konsentrasjonene av TOC kan da tenkes å beskrive en tett bestand av planteplankton.

På den annen side var der ingen tilsvarende økning i TOC-innholdet ved et nytt klorofyllmaksimum i august-september 1978.

Av det foranstående er det rimelig å anta at Vollsfjordens overflatelag tilføres mye organisk materiale hele året. En vesentlig del av dette kommer sannsynligvis via overflatevann fra Frierfjorden. I perioder vil planteplanktonproduksjon i selve Vollsfjorden også gi et betydelig tilskudd av organisk materiale.

Klorofyll og siktedyp

Klorofyll-a er et fargestoff som finnes i alle grønne planter. Man regner med at planteplanktonet i gjennomsnitt inneholder 1% klorofyll på tørrvektbasis, og klorofyllanalyser kan gi et brukbart mål på størrelsen av primærproduserende plantebestander.

Siktedypet er det dyp hvor en hvit skive med 25 cm diameter såvidt kan skimtes fra overflaten (Secchidyp). Det er et resultat av oppløste og parti-

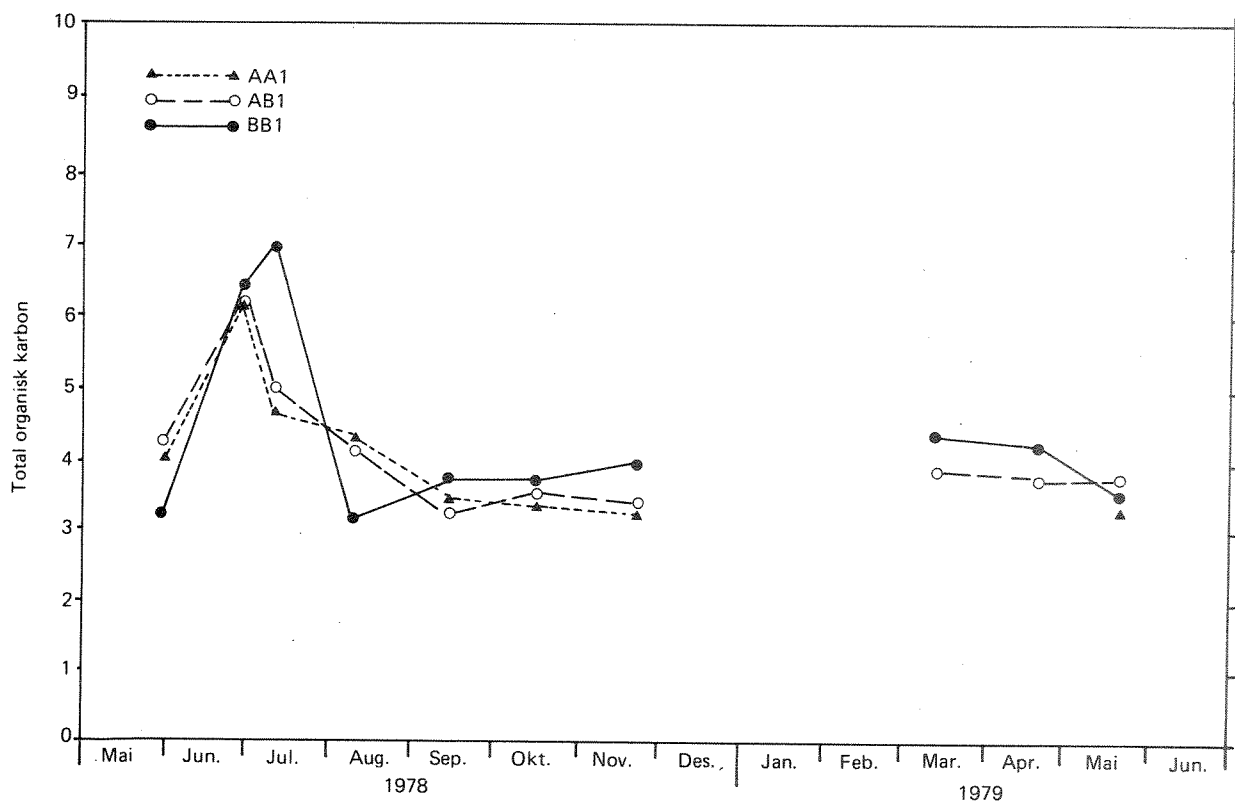


Fig. 8. Målinger av total organisk karbon i 0-2 m dyp på stasjonene AA1, AB1 og BB1.

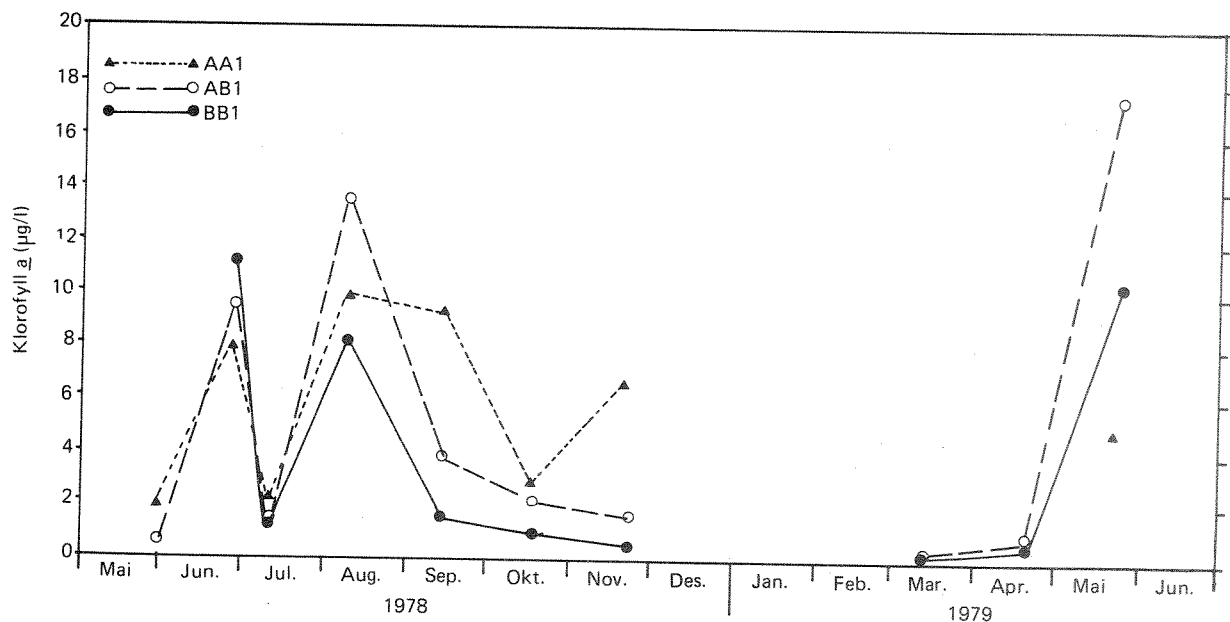


Fig. 9. Målinger av klorofyll i 0-2 m dyp på stasjonene AA1, AB1 og BB1.

kulære stoffers innflytelse på vannets gjennomskinnelighet. Blant annet kan store planteplanktonbestander redusere siktedypet betydelig. Siktedypet er målt uten bruk av vannkikkert.

Et krav til akseptabelt badevann er at siktedypet ikke skal være mindre enn 2-3 m (Helsedirektoratet 1976).

På fig. 9 vises resultatet av klorofyllmålingene i Vollsfjorden og Frierfjorden. Prøvene er ikke innsamlet så ofte at de gir et komplett bilde av variasjonene i planteplanktonproduksjonen, men resultatene viser at det var oppblomstringer av plankton ved månedsskiftet juni/juli og i august/september 1978 samt i mai 1979. Resultatene antyder videre at planteplanktonproduksjonen i Vollsfjorden i dette tidsrommet var litt høyere enn på stasjonene i Frierfjorden. Sammenligner vi med data fra Frierfjorden fra 1974, 1975 og 1976, er det ingen avgjørende forskjell mellom områdene.

Resultatene fra siktedypmålingene er gjengitt i fig. 10. Med unntak fra november 1978 ligger alle resultatene under 4 m, noe som må karakteriseres som dårlig. Siktedyp på ca. 1.5 - 2.5 m i juni-august 1978 må karakteriseres som meget dårlig.

Fra og med august 1978 var siktedypet på st. BB1 gjennomgående bedre enn på stasjonene i Vollsfjorden. Her kan nedleggelsen av Bamble Cellulose i august 1978 ha spilt en rolle.

Det er ingen tydelig samvariasjon mellom mengden av klorofyll og av siktedypet. Ved lav planktonbestand på st. AB1 i november 1978 og mars 1979 (henholdsvis ca. 1.6 µg klf a/l og 0.17 µg klf a/l på st. AB1) var siktedypet således bare 4.1 m og 3.3 m. Tilsvarende er tilfelle for selve Frierfjorden der overflatelaget hele året er misfarget av stor tilførsel av partikulært materiale via Skienselva og fra direkte utslipp til fjorden (NIVA 9.2.1979). Siktedypmålingene gir således ytterligere en indikasjon på den uheldige virkning overflatevann fra Frierfjorden har for Vollsfjorden.

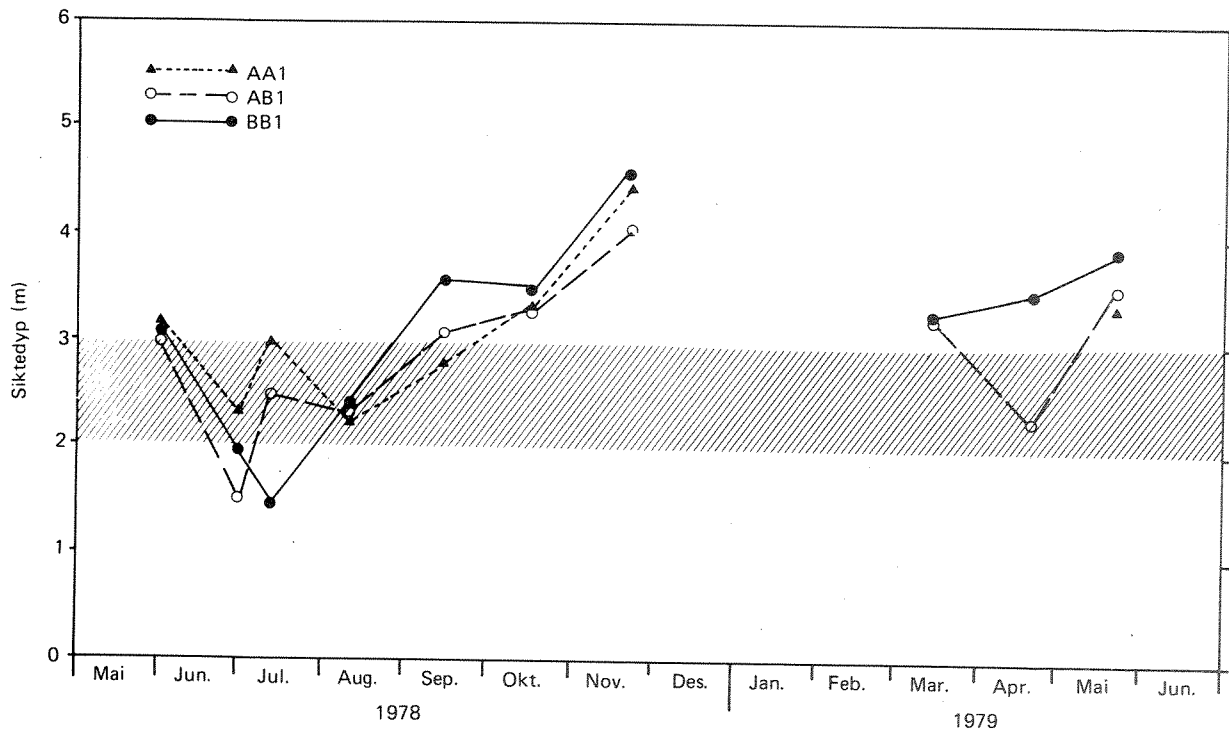


Fig. 10. Målinger av siktedyp på stasjonene AA1, AB1 og BB1.
Grenseområdet for akseptabelt badevann er skravert.

4.4 Dypvannet

Ved en gitt belastning vil tilstanden i dypvannet i hovedsaken være avhengig av vannutskiftningsprosessene. Er vannutskiftningen god, kan dypvannet i et fjordområde tåle en relativt høy belastning med forurensende materiale uten at tilstanden forringes i nevneverdig grad.

I Volls fjordens dypvann skal oppmerksomheten i første rekke rettes mot oksygeninnholdet. Tilstrekkelig oksygen er en livsbetingelse for alt høyerestående liv, og lave oksygenkonsentrasjoner vil være et alvorlig varsel om at vannmassene er overbelastet med lett nedbrytbart organisk stoff. Ifølge FAO (1969) overlever ikke de fleste marine organismer oksygenverdier lavere enn 0.8 ml/l. Hos fisk inntreffer visse forandringer bl.a. i blodet mellom 1.7 og 2.1 ml/l. Verdier over 3.5 ml/l anses tilfredsstillende for de fleste arter av fisk og vekster i saltvann. I områder med relativt god vannutskiftning og vil en vanligvis finne oksygenkonsentrasjoner i intervallet 5-8 ml/l. En vil dessuten påpeke at visse arter er mer ømfindtlige enn andre, og at disse grenseverdier varierer for de ulike arter.

For karakterisering av oksygenforholdene skal vi imidlertid benytte følgende enkle skala:

Karakter	Oksygenkonsentrasjon ml/l
Råtten	0
Kritisk	0-2
Dårlig	2-3.5
Tilfredsstillende	>3.5

Utviklingen i oksygenforholdene i Volls fjordens dypvann er vist på fig. 11-12 hvor også vannmasser med dårlige eller kritiske oksygenforhold er antydnet med skravur.

Av figurene fremgår at oksygenforholdene under ca. 20 m dyp i ytte del av Volls fjorden (st. AB1) i nesten hele undersøkelsesperioden må karakteriseres som dårlige. Her må taes et lite forbehold om tidsrommet desember 1978 - mars 1979. Det er imidlertid all grunn til å anta at vannutskiftningen i dette tidsrommet, med bl.a. isdekke på overflaten, var relativt dårlig og

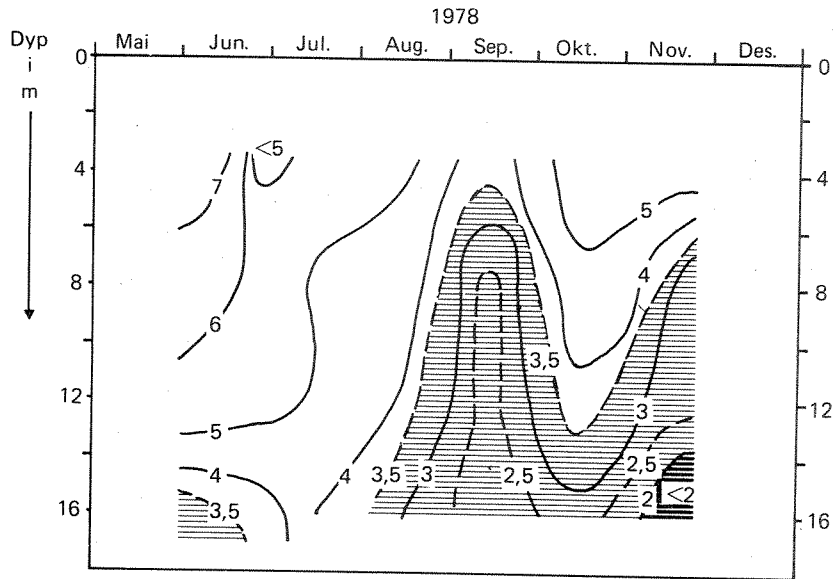


Fig. 11. Oksygenforhold (ml O_2 /l) på st. AA1, mai - desember 1978.

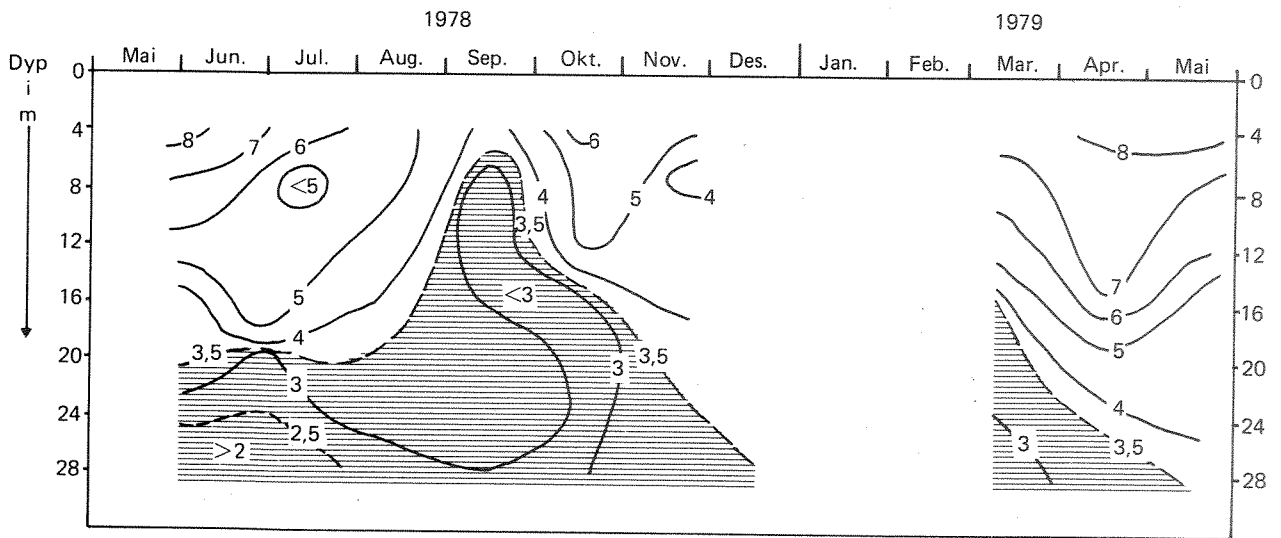


Fig. 12. Oksygenforhold (ml O_2 /l) på st. AB1 fra mai 1978 - mai 1979.

oksygenkonsentrasjonene under 20 m dyp var lavere enn 3.5 ml O₂/l. Situasjonen under toktet i mars 1979 tyder også på dette.

Variasjonene i oksygenkonsentrasjonene i dypvannet med tiden er en følge av naturlige variasjoner i vannutskiftningen og belastningen med nedbrytbart organisk materiale, deriblant planteplankton. Det omfattende oksygenminimumet som i august-oktober 1978 opptrådte helt opp til 4 m dyp er en illustrasjon av dette. Som nevnt i kap. 4.3 var det et maksimum i planteplanktonproduksjon i august-september. Dette planktonet ville etterhvert dø og synke ned i dypvannet hvor temperaturen da var relativt høy, ca. 9 - 16°C. De lave oksygenkonsentrasjonene var etter alt å dømme resultatet av en rask nedbrytning av dette planteplanktonet.

I indre del av Volls fjorden (st. AA1) var bunndypet bare 17 m. Ut fra resultatene over 17 m dyp på st. AB1 skulle dette gi håp om relativt bra oksygenforhold i dette området. Figur 12 viser imidlertid at dette ikke holdt stikk. Oksygenkonsentrasjonene på st. AA1 var gjennomgående lavere enn på st. AB1, og spesielt var oksygenkonsentrasjonene nær bunnen periodevis meget lave. Også her opptrer et oksygenminimum i august-september, av samme årsaker som tidligere forklart.

Dette inntrykket av gjennomgående dårlige oksygenforhold samsvarer med resultatene fra en prøveserie 30.11.77. I 8-16 m dyp på st. AA1 ble det da målt konsentrasjoner på 2.0-2.2 ml O₂/l. Mellom 8 m og 28 m dyp på st. AA1 lå konsentrasjonene i intervallet 2.0 - 3.5 ml O₂/l (rapportert i brev av 7.2.1978 til Skien kommune.)

Resultatene fra Volls fjorden viser også at oksygenforholdene her generelt sett er dårligere enn på tilsvarende dyp i Frierfjorden. Dette er illustrert ved fig. 13 som viser et tidspunkt da også oksygenkonsentrasjoner i Frierfjordens intermediære vannlag var relativt lave.

Konsentrasjonene av fosfor og nitrogen i Volls fjordens dypvann var også gjennomgående klart høyere enn i tilsvarende dyp i Frierfjorden. Dette er illustrert i fig. 14.

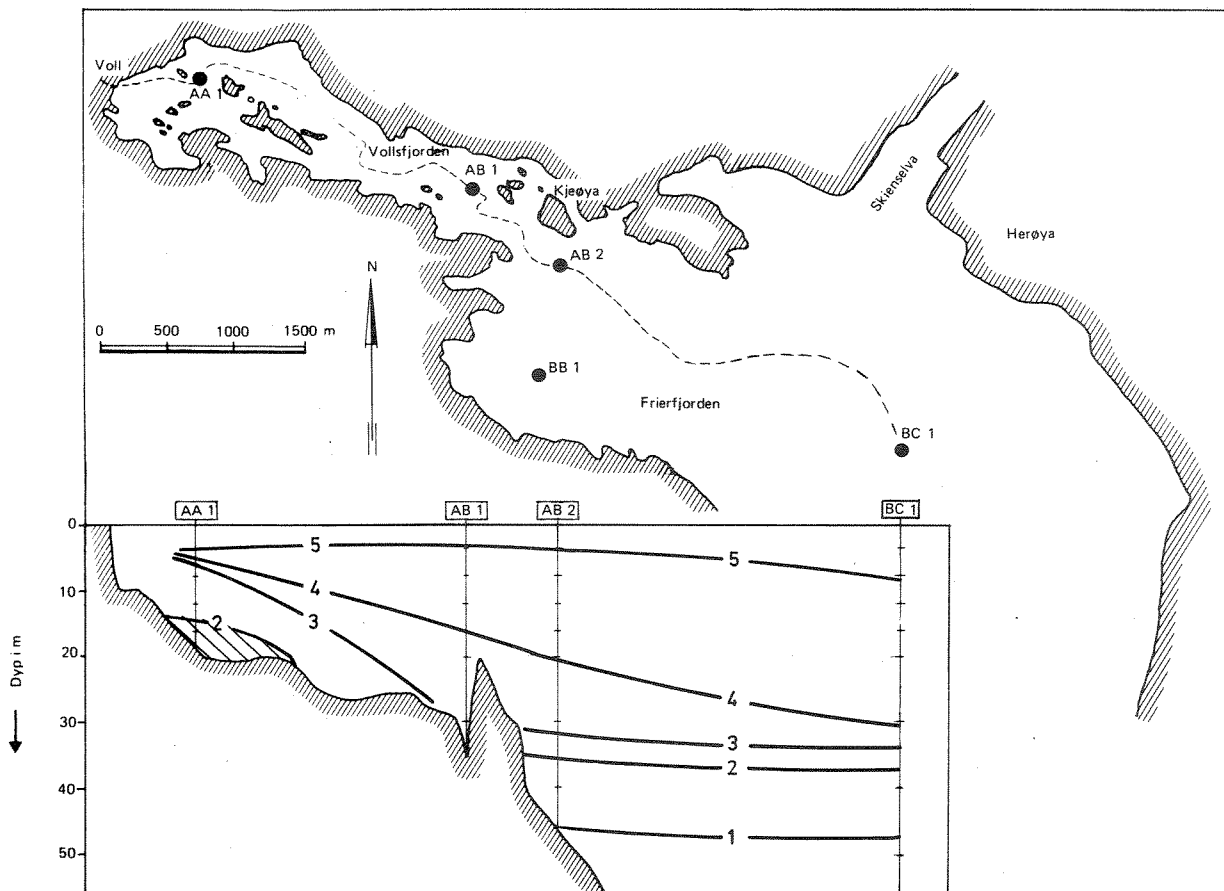


Fig. 13. Oksygenforhold (ml O₂/l) 22.11.1978.

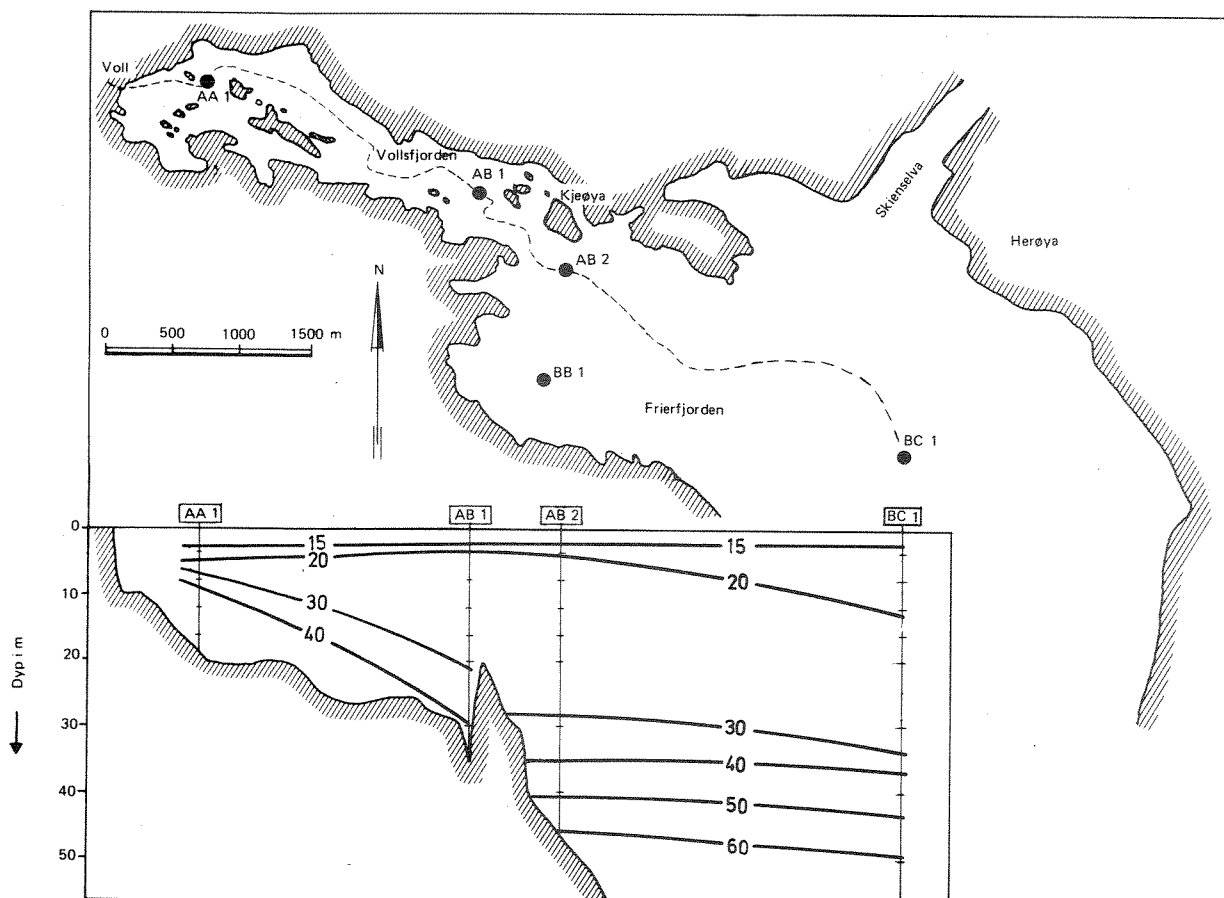


Fig. 14. Total fosfor (µg P/l) 22.11.1978.

5. BUNNSEDIMENTENTER

Bunnsedimentenes innhold av forurensende stoffer gir et inntrykk av områdets generelle belastningsgrad. Akkumulering av slike stoffer i sedimentene tyder på en langvarig eksponering av forurenset vann, ettersom avsetningen av sedimenter foregår langsomt (noen få mm pr. år). Sedimentene gir derfor et tidsintegrert bilde av en forurensningssituasjon. Analyser av overflate-sedimentene (dvs. materiale som er avsatt de siste årene) på flere stasjoner viser hvor belastningen er størst. Analyser vertikalt i sedimentkjerner gir et historisk tilbakeblikk og avspeiler endringer i utslippsforhold gjennom tidene.

Når sedimentprøver fra Volls fjorden er analysert for tre grupper av forurensninger som alle delvis betegnes som miljøgifter (metaller, klorerte hydrokarboner og polysykliske aromatiske hydrokarboner), skyldes dette at alle disse tre gruppene tilføres Frierfjorden via industriutslipp. Kvikksølv har i 1970-årene hovedsakelig blitt tilført miljøet fra klor-alkalifabrikken på Herøya (før 1970 også fra treforedlingsindustri), mens metaller som bly, sink og kadmium i stor grad skyldes utslipp fra Elkem-Spigerverket A/S (PEA). Klorerte hydrokarboner kommer fra magnesiumfabrikken på Herøya, mens PAH skyldes tilførsler fra PEA. Det eksisterer således kjente kilder for disse miljøgiftene i Frierfjordområdet og det var derfor naturlig å forsøke å spore disse i bunnsedimentene i Voldsfjorden.

5.1. Visuell beskrivelse av sedimentkjernene

Før at sedimentkjernene ble oppdelt i sjikt, ble det foretatt en visuell vurdering av sedimentenes farge, kornstørrelse etc. Denne vurderingen er sammenstilt i Tabell 6.

Tabell 6. Visuell beskrivelse av sedimentkjernene

Stasjon nr.	Vanndyp (m)	Kjernelengde (cm)	Beskrivelse
S24	21	65	2 cm brunt topplag. Under meget sort, men ikke lukt av H ₂ S. Gradvis lysere leire fra 11 cm dyp.
AA1	18	75	Ca. 1 cm brunt topplag. Børstemark i overflate. Noe mørkere leire under, men overgang til fin, lys leire ved 10 cm dyp Ikke H ₂ S.
AB1	27	49	Tynt brunt topplag. Sorte sedimenter under. Ikke H ₂ S.

5.2. Organisk materiale

Mengden av organisk materiale varierer både horisontalt og vertikalt i Volls fjordens sedimenter. (Tabell 7). Høyest var konsentrasjonene nær overflaten av sedimentene ytterst i Volls fjorden (AB1) og lavest innerst i fjorden (AA1). (Fig.15). Dette tyder på at sedimentenes innhold av organisk materiale skyldes tilførsler fra Frierfjordområdet.

Den vertikale fordelingen av organisk materiale i sedimentkjernene viser en betydelig oppkonsentrering mot overflaten (Fig.16). Dette betyr nødvendigvis ikke bare en økt tilførsel av organisk materiale de senere år, men også at organisk materiale gradvis nedbrytes i sedimentene.

5.3. Metaller

I motsetning til organisk materiale viser fordelingen av metaller i overflatesedimentene ingen store variasjoner på de tre stasjonene i Volds fjorden (Fig. 15). Resultatene viser betydelig forurensning av kvikksølv, sink og bly i de øvre 10 cm av sedimentene (Tabell 7). Graden av forurensning kan best vurderes ved å sammenligne med de uforurensede sedimentene under 11 cm dyp på stasjon S24.

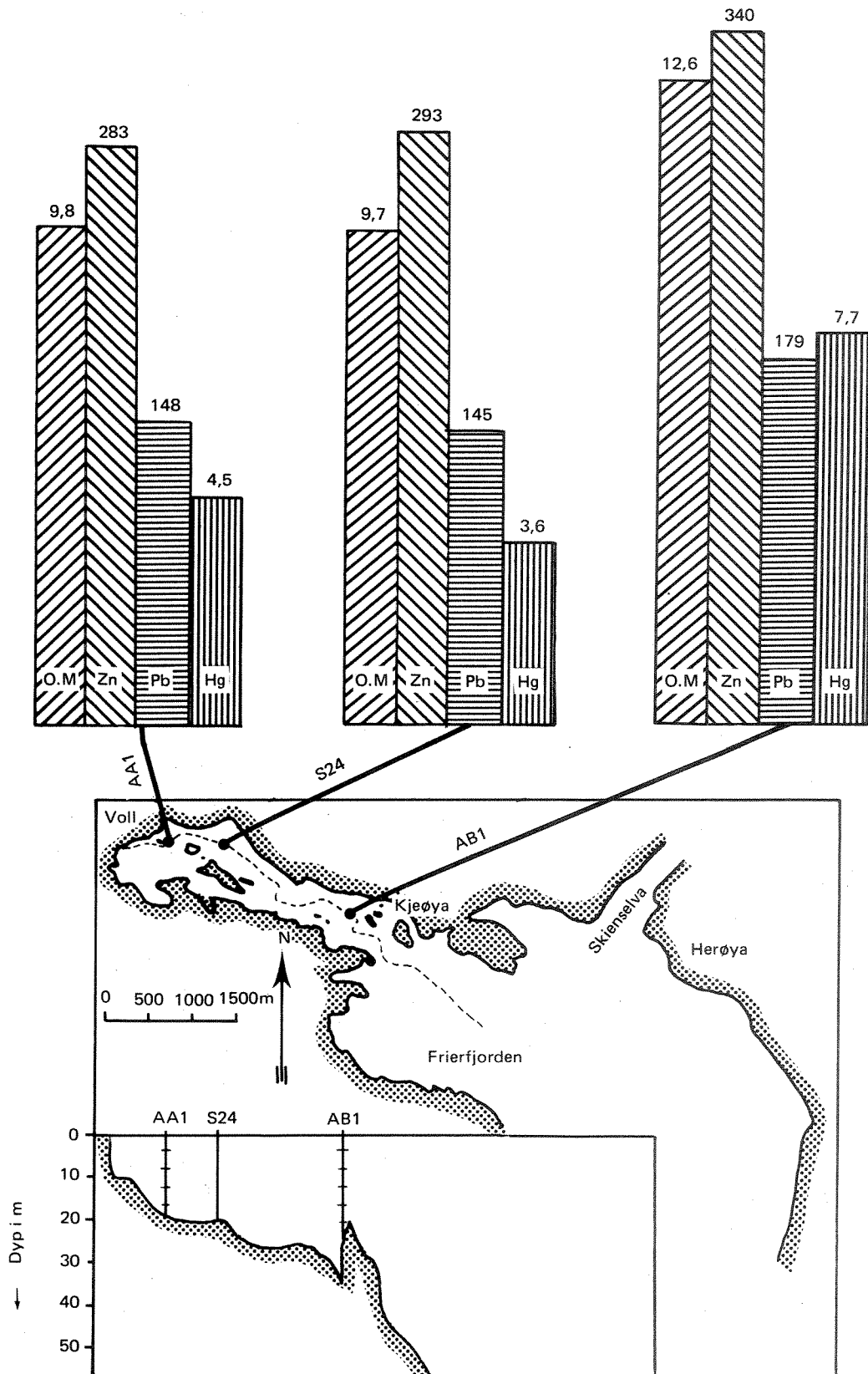


Fig. 15. Fordelingen av organisk materiale (O.M. %), sink (Zn, ppm), bly (Pb, ppm) og kvikksølv (Hg, ppm) i de øvre 4 cm av sedimentene i Vollsfjorden. (Stolpediagrammet er fremstilt med forskjellig målestokk på stolpene).

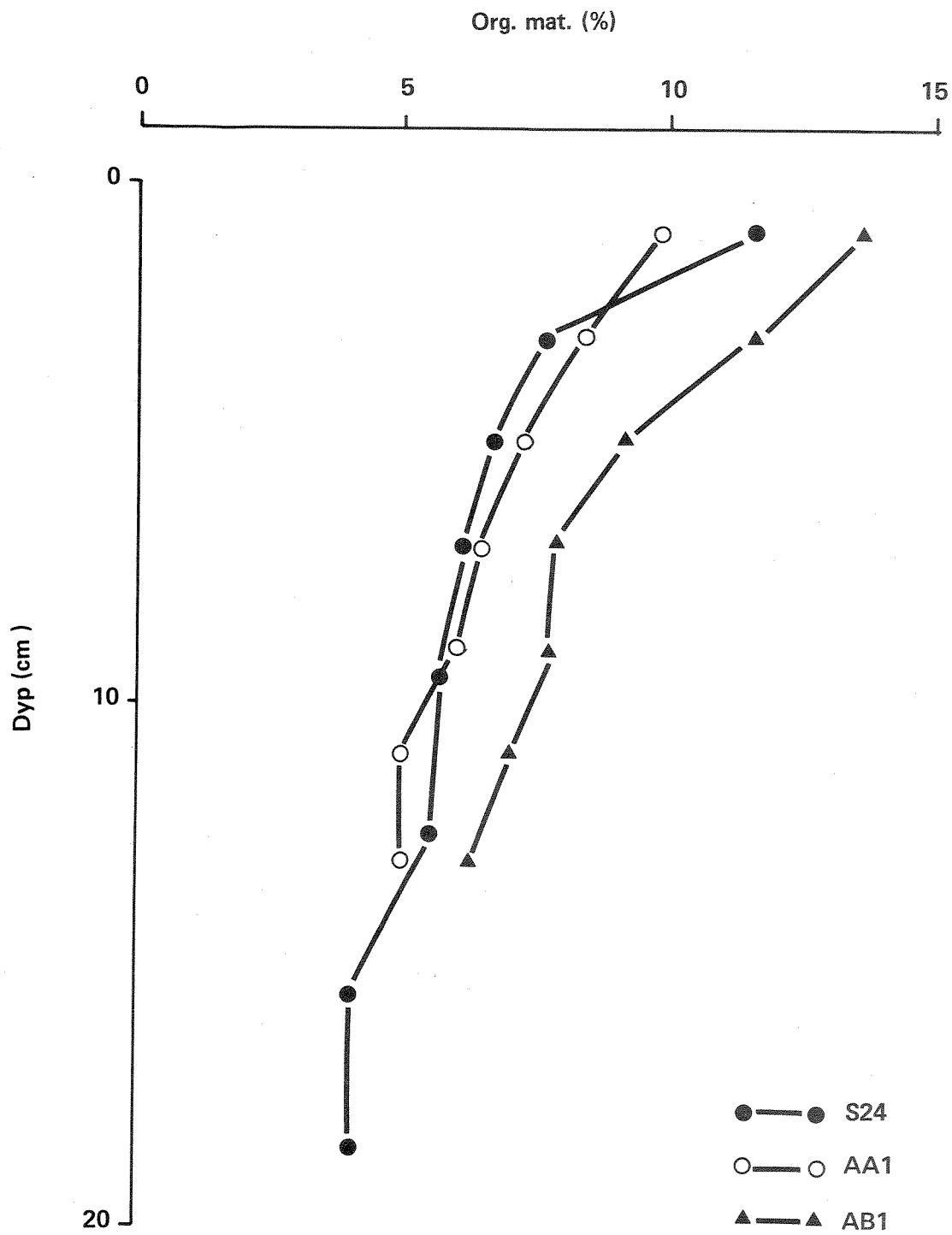


Fig. 16. Vertikal fordeling av organisk materiale i sedimentkjerner fra Volls fjorden.

Tabell 7. Metaller og organisk materiale i sedimentprøver fra Vollsfjorden innsamlet i mai 1978.

Stasjon	Dyp i Sedimentet (cm)	Zn ppm	Pb ppm	Hg ppm	% org. mat.
AA1	0-2	314	157	5.46	9.9
"	2-4	252	133	3.54	8.4
"	4-6	212	78.2	2.65	7.2
"	6-8	189	65.4	2.04	6.4
"	8-10	155	32.2	0.99	5.5
"	10-12	150	35.0	0.55	5.0
"	12-14	135	15.7	0.57	5.0
AB1	0-2	368	136	7.34	13.6
"	2-4	311	221	8.10	11.6
"	4-6	198	170	6.04	9.2
"	6-8	160	90.0	2.46	7.9
"	8-10	148	74.4	1.64	7.8
"	10-12	149	72.0	1.41	7.0
"	12-14	125	48.9	1.03	6.2

Tabell 8. Metaller og organisk materiale i sedimenter fra Vollsfjorden innsamlet i juni 1976.

Stasjon	Dyp i Sedimentet cm	Hg ppm	Zn ppm	Pb ppm	Ni ppm	Cd ppm	Mn ppm	Cu ppm	Fe %	O.M. %
S24	0-2	4.72	390	180	33	4.0	805	48	3.1	11.6
"	2-4	2.55	195	115	30	0.7	350	36	2.8	7.7
"	4-6	1.38	157	70	31	1.7	312	30	2.5	6.7
"	6-8	0.29	145	50	27	1.0	300	22	2.8	6.2
"	8-11	0.33	140	52	27	1.0	300	22	3.0	5.7
"	11-14	0.05	105	32	24	0.5	300	16	2.8	5.5
"	14-17	0.01	95	20	23	1.0	285	14	2.6	4.0
"	17-20	0.04	97	21	23	0.8	298	15	2.5	4.0

Her viste kvikksølv, sink og bly bakgrunnskonsentrasjoner på henholdsvis ~ 0.03 ppm, ~ 100 ppm og ~ 20 ppm (Tabell 8). Det betyr at maksimumskonsentrasjonene for kvikksølv, sink og bly i overflatesedimentene lå henholdsvis 250 x, 4 x og 9 x over bakgrunnsnivået. Dette er en klar indikasjon på at en del av industriutslippene til Frierfjorden oppsamles og sedimenterer i Vollsfjorden. Det er verdt å merke seg at konsentrasjonene av kvikksølv i sedimentene i Vollsfjorden er like høye som i den perifere delen av Frierfjorden (NIVA, 9.2.1979). Sedimenttilveksten i Vollsfjorden, bedømt ut fra tykkelsen av det kvikksølvforurensete laget, ser ut til å være noe større enn i Frierfjorden. Det tyder igjen på at Vollsfjorden fungerer som en blindtarm for Frierfjorden. Vannmassene som kommer inn i Vollsfjorden får en relativ lang oppholdstid. Lang oppholdstid og små vannbevegelser fører til gunstige sedimenteringsforhold.

Den vertikale fordelingen av kvikksølv og bly er vist på Fig. 17. Den viser en klar økning i tilførslene av disse metallene de siste årene.

Av de andre metallene som ble analysert i 1976 (nikkel, kadmium, mangan, kopper og jern) var det kun kadmium som viste konsentrasjoner høyere enn normalt i overflaten (Tabell 8).

5.4. Klorerte hydrokarboner

Sedimentprøver på stasjonene AA1 og AB1 ble analysert på 0-2 og 2-4 cm dyp og på stasjon S24 (1976) på 0-4 cm dyp. Resultatene er gjengitt i Tabell 9.

Konsentrasjonene av HCB og PCB var spesielt høye på stasjon AB1, helt ytterst i Vollsfjorden (Fig. 18). De var her henholdsvis 5 x og 3 x høyere enn på den innerste stasjonen i Vollsfjorden (AA1). Dette er igjen en påminnelse om at Frierfjordvann transporterer industriforurensninger inn i Vollsfjorden, hvor de akkumuleres på bunnen. Konsentrasjonene av 5CB og HCB var betydelig høyere i Vollsfjorden enn i sedimentprøver tatt utenfor Breviksterskelen, sørlige deler av Frierfjorden og Skienselva (NIVA, 9.2.1979). Konsentrasjonene av PCB (hovedsakelig Clophen A 60) på stasjon AB1 i Vollsfjorden var også høyere enn på stasjon AA1, noe som tyder på en lokal forurensningskilde for PCB i Frierfjordområdet. Dette er også påpekt tidligere (NIVA, 25.11.1976).

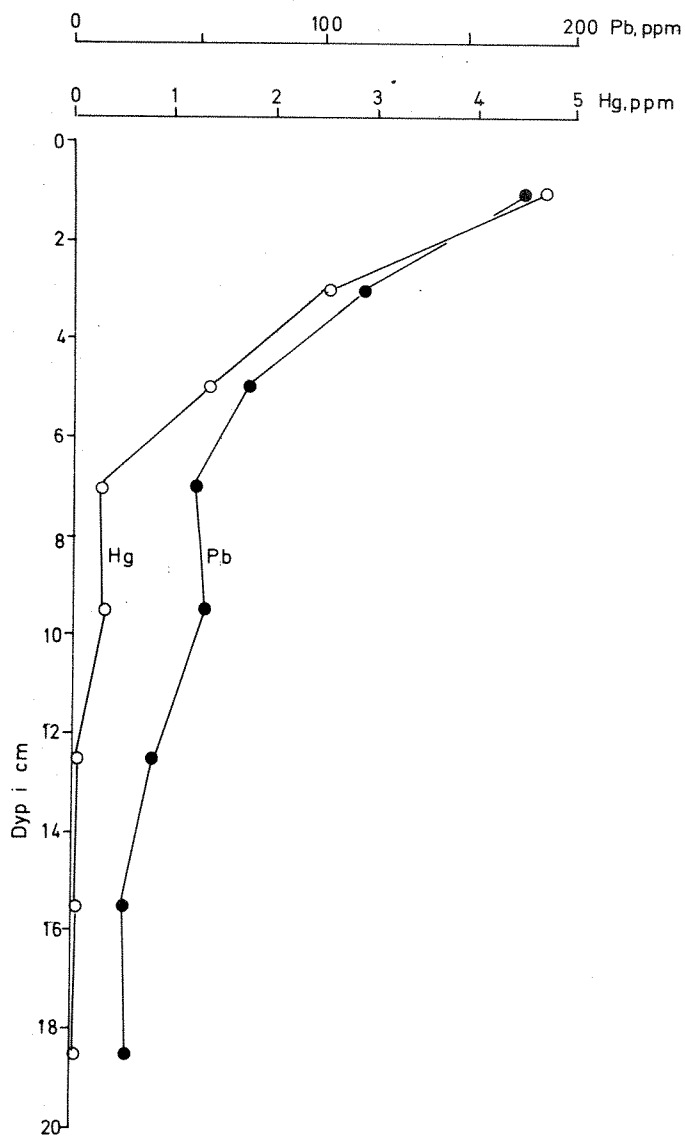


Fig. 17. Vertikal fordeling av kvikksølv (Hg) og bly (Pb) i sedimentkjerne på stasjon S24 i Volls fjorden.

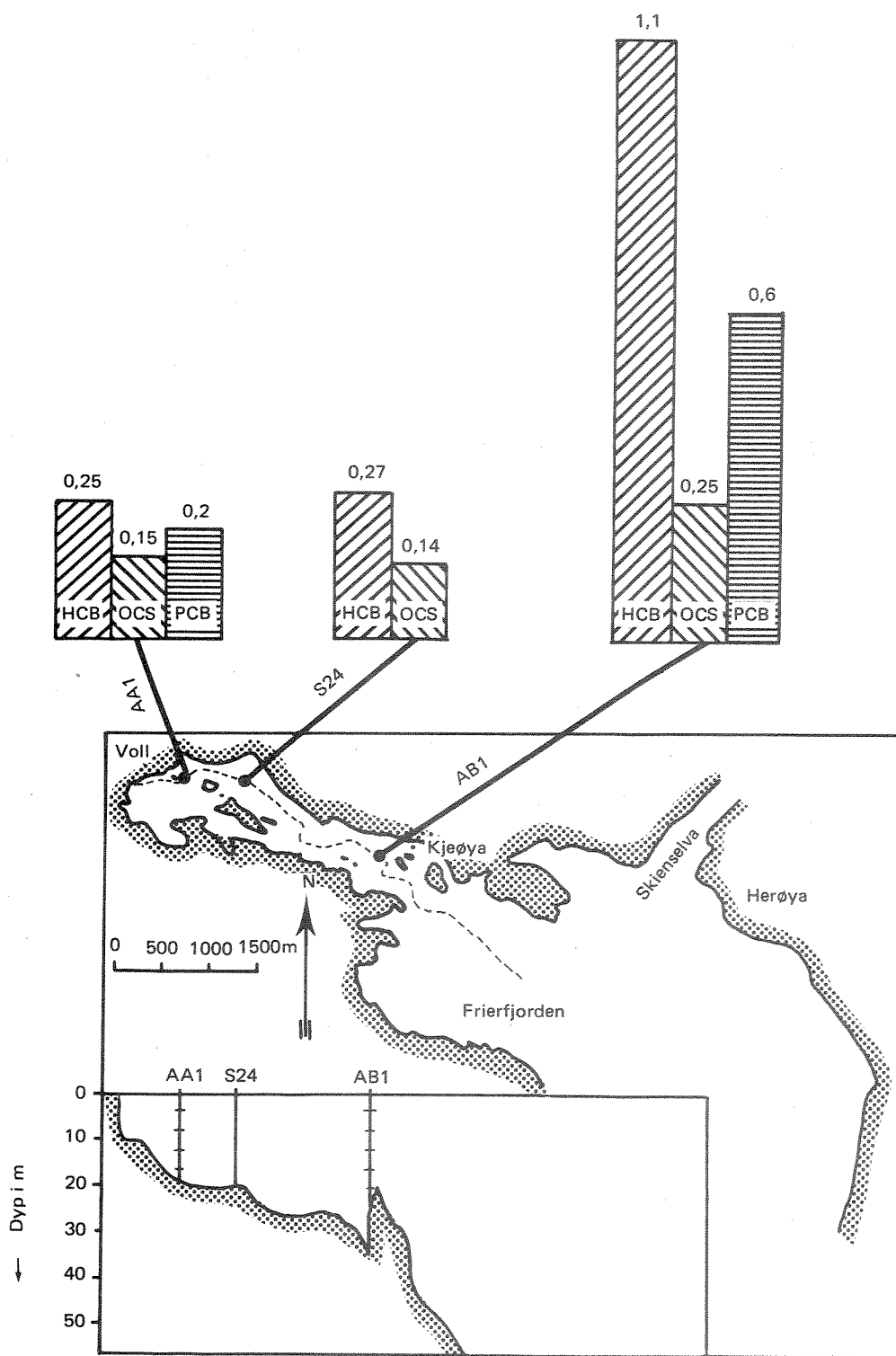


Fig. 18. Fordelingen av heksaklorbenzen (HCB, ppm), oktaklorstyren (OCS, ppm) og polyklorerte bifenyler (PCB, ppm) i de øvre 4 cm av sedimentene i Volls-fjorden.

Tabell 9. Klorerte hydrokarboner i sedimenter fra Volls fjorden inn-samlet i juni 1976 og mai 1978 (ppm, tørrvekt).

Stasjon	Dyp i Sedimentet Dm	3CB	4CB	5CB	HCB	HCS	OCS	PCB	10CB
S24	0-4	-	-	0.08	0.27	-	0.14	-	-
AA1	0-2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.02	0.2	0.2	0.2
	2-4	0.1	0.1	0.1	0.2	0.03	0.1	0.2	0.1
AB1	0-2	0.5	0.2	0.2	1.5	0.2	0.4	0.7	0.8
	2-4	0.5	0.2	0.1	0.7	0.1	0.1	0.5	0.5

- ikke analysert.

5.5. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Disse stoffene tilhører gruppen tjærestoffer hvorav noen komponenter er kjent for sin kreftfremkallende virkning. Dette gjør at PAH betegnes som en miljøgift.

Kun en kjerne er analysert for PAH (S24, Tabell 10). Denne viser 1.7 ppm total PAH i overflatesedimentene (0-4 cm), spor av PAH i 4-8 cm og ingen karakteristisk PAH-profil ved 20-24 cm dyp. (Tabell 10). Den mest markerte PAH-komponenten var benzo(b & h)fluoranthene, som hører med til de kreftfremkallende stoffene. Oppkonsentreringen mot overflaten tyder på sterkest påvirkning de siste årene.

Tabell 10. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimenter fra Volls fjorden.

PAH-forbindelse	Volls fjorden (S24)			
	Dyp: 0-4 cm	Dyp: 4-8 cm	Dyp: 20-24 cm	
Phenanthrene		}	Prøven viste ingen karakteristisk PAH-profil. Konsentrasjonene av de enkelte PAH-forbindelser vil være < 0.05 ppm.	
Anthracene				
Methyl {phenanthrene anthracene				
Fluoranthene	0,15			
Dihydrobenzo (a/b)fluorene				<0.05
Pyrene	0.15			
Benzo (c)phenanthrene				
Benz (a)anthracene	0.05			
Chrysene/Triphenylene	0.12			
Benzo (b&k)fluoranthene	0.60			0.15
Benzo (e)pyrene	0.21			
Benzo (a)pyrene	0.13			
Perylene	-			<0.05
o-phenylenepyrene	0.18			
Benzo (ghi)perylene	0.13			
Anthanthrene				
S u m PAH	1.72			

6. BLØTBUNNSFAUNA

6.1 Innledning

De mest utbredte problemer for bløtbunnsfaunaen i forurensningssammenheng, er økte tilførsler av organisk materiale til bunnvannet og redusert oksygeninnhold. Bunnfaunaen påvirkes indirekte av næringssalttilførsler via økt produksjon av alger. Økt organisk belastning fører til endrede ernæringsforhold. Oppportunistiske arter øker sine individantall, mens andre arter går ut, slik at samfunnet blir mindre variert. Økt organisk belastning fører til økt oksygenforbruk med fare for at det oppstår oksygenmangel. Det er i dypvannet og ved bunnen at oksygenproblemene først melder seg. Bløtbunnsfaunaen er derfor det organismesamfunn som først påvirkes ved en utvikling mot dårlige oksygenforhold. Ved oksygenmangel og dannelse av hydrogensulfid utslettes faunaen.

Prøvetakingen er nærmere beskrevet i avsnittet om feltarbeid.

6.2 Resultater

Innenfor det undersøkte bunnområdet (fig. 19) var både sedimenttype og fauna temmelig ensartet.

På stasjon I fantes en del barkbiter. Stasjonene III - VIII hadde løsere og mer mørkfarget sediment enn stasjon I - II. Et brunt, organisk rikt lag øverst var karakteristisk for stasjonene V - VIII. Nærmere undersøkelser tydet på at dette besto av ekskrementer (fecal pellets), antagelig av de tette bestandene av børstemark. Dette er observert også i Oslofjorden, der det er en betydelig organisk forurensningsbelastning.

Artsantallet var omtrent det samme som tidligere er funnet på andre lokaliteter i indre Frierfjord (NIVA, 9.2.1979), og er en god del lavere enn i mindre forurensete områder. Artene som dominerte i faunaen (*Corbula gibba*, *Thyasira* sp., *Capitella capitata*, *Heteromastus filiformis* og *Polydora* sp., (tabell 11) er alle kjent for å kunne opptre tallrikt i områder med organisk forurensning, og tåler nedsatt oksygeninnhold. Fraværet av noen arter som ellers er svært vanlige (arter av børstemarkslektene *Ophelina* og *Prionospio*), men som er kjent for ikke å trives i forurenset miljø, indikerer også betydelige forurensningspåvirkninger i Volls fjorden.

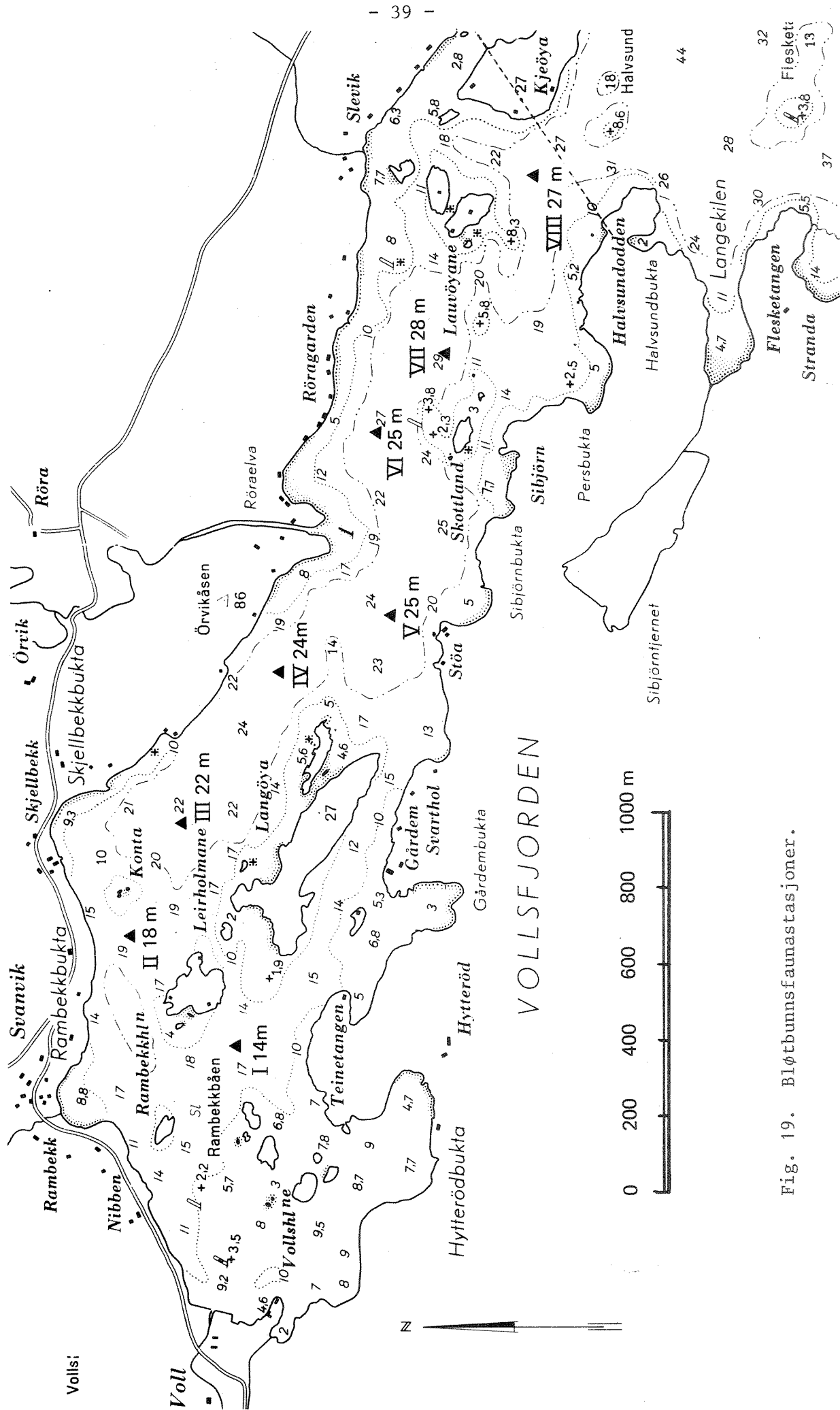


Fig. 19. Bløtunnfaunastasjoner.

Tabell 11. Bløtbnnsfauna i Volls fjorden 23.11.1978.

Art	Stasjon:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
BIVALVIA (MUSLINGER)									
<i>Abra alba</i> *								+	
<i>Corbula gibba</i>		+++	+++	+	+++	++++	++	++	++
<i>Thyasira</i> sp.		++++	++	++	++++	+++	++++	+++	+++
POLYCHAETA (BØRSTEMARK)									
<i>Anaitides groenlandica</i> *		+	+						
<i>Capitella capitata</i>		++		++++	++	+			
<i>Chaetozone setosa</i>			+						
<i>Euchone</i> sp.							+++		
<i>Glycera alba</i>								+	
<i>Goniada maculata</i>			+						
<i>Harmothoe sarsi</i>		+							
<i>Heteromastus filiformis</i>		++			++	++++	+		++
<i>Nereimyra punctata</i>		++	++						
<i>Owenia fusiformis</i>			+						+
<i>Pectinaria koreni</i>						+			++
<i>Pholoe minuta</i>					+				
<i>Phyllodoceidae</i> , ubestemt art		++			+	++	+	+	
<i>Polydora</i> sp.			++	++	+++	+++	++	+++	
<i>Sabellidae</i> , ubestemt art			+						+
<i>Sabellides octocirrata</i>							+		
<i>Scalibregma inflatum</i>		+	++		+				
<i>Scoloplos armiger</i>		++	++				++		+++
<i>Trocochaeta multisetosa</i>									+
SIPUNCULIDA (PØLSEORMER)									
ubestemt art									+
NEMERTINEA (SLIMORMER)									
ubestemt art							+	+	

* usikker bestemmelse

+ fåtallig +++ vanlig

++ spredt ++++ tallrik

7. OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER

Det er utført undersøkelser av forurensningstilførsler, vannkvalitet, bunn-sedimenter og bløtbunnsfauna. På bakgrunn av målsettingen for undersøkelsene (se kap. 1), skal vi oppsummere de viktigste resultatene og konklusjoner.

Forurensningstilførsler

- * De direkte utslipp av forurensende stoffer til Vollsfjorden synes å være moderate. Størst bidrag kommer fra dyrket mark. Resultatene fra undersøkelsene viser imidlertid at Vollsfjorden tilføres betydelige mengder av forurensende stoffer via overflatevann fra selve Frierfjorden. Det dreier seg om fosfor- og nitrogenforbindelser, organisk stoff, partikulært materiale, metaller og organiske mikroforurensninger.

Vannutskiftning og vannkvalitet

- * Vannutskiftningen i Vollsfjorden er dårlig, både for overflatelaget og dypvannet. Dette betyr at fjordens resipientkapasitet er liten.
- * Konsentrasjonene av fosfor, nitrogen, total organisk karbon og klorofyll a i overflatelaget lå på samme nivåer som i Frierfjorden. Det var et stort overskudd av nitrogen relativt til fosfor. I sommerhalvåret er det rimelig å anta at fosfor kan være en begrensende faktor for planktonproduksjonen i overflatelaget.
- * Siktedypet i Vollsfjorden var dårlig i hele undersøkelsesperioden, og viste hvilken uheldig virkning overflatevann fra Frierfjorden har.
- * Vollsfjordens dypvann var preget av dårlige oksygenforhold, noe som skyldes dårlig vannutskiftning kombinert med relativt stor belastning av organisk materiale. Således var dypvannets oksygeninnhold betydelig lavere og fosforinnholdet tidvis vesentlig høyere enn i tilsvarende dyp i Frierfjorden.

Bunnsedimentene

- * Sedimentenes innhold av organisk materiale øker i retning i Frierfjorden. Ingen av sedimentkjernene luktet av hydrogensulfid. Det tyder på at oksygentilgangen i dypvannet i relasjon til den organiske belastningen tross alt er tilstrekkelig til å unngå råtne sedimenter.

- * Sedimentene på alle tre stasjonene er forurenset av kvikksølv, sink, og bly. Belastningen i fjorden er nokså jevn. Dette forholdet må skyldes at metallforurensede vannmasser transporteres fra Frierfjorden inn i Vollsfjorden. På grunn av vannmassenes lange oppholdstid og små vannbevegelser, skjer det en gradvis sedimentering av partikulære forurensninger. Ettersom sedimentene ikke inneholder hydrogensulfid, er det liten grunn til å tro at metallene er bundet i sedimentene som tungtløselige sulfider.
- * Sedimentene inneholder klorerte hydrokarboner og polyklorerte bifenylar (PCB) i tildels høye konsentrasjoner ytterst i Vollsfjorden. Dette tyder på stor påvirkning av Frierfjordvann og rask sedimentering av disse stoffene.
- * En sedimentkjerne ble analysert for polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), som tilhører gruppen tjærestoffer og som må antas å stamme fra ferromangansmelteverket til PEA. Resultatene viste en klar kontaminering av PAH i de øvre 4 cm.

Bløtbunnsfauna

Bløtbunnsfaunaen var temmelig ensartet langs hele Vollsfjorden, og lignet mye på faunaen på tilsvarende dyp i Frierfjorden. Artene som dominerte er alle kjent for å kunne opptre tallrikt i områder med organisk forurensning, og tåler nedsatt oksygeninnhold. Fraværet av arter som er kjent for ikke å trives i forurenset miljø, men som ellers er svært vanlige, viste også forurensningspåvirkninger i Vollsfjorden.

Vurdering av fremtidige rensetiltak.

Av det foranstående er det klart at Vollsfjorden er en ømfintlig resipient som i dag er sterkt forurenset. Den vesentligste delen av forurensningene tilføres trolig via overflatevann fra Frierfjorden. En forbedring av tilstanden i Vollsfjorden er derfor i stor grad avhengig av at utslippene til Frierfjorden reduseres og at tilstanden der bedres. Dette er nå til en viss grad i ferd med å skje (NIVA, 3.1.1980). Når fellesrenseanlegget for Porsgrunn og Skien kommuner er i drift kan man håpe på en ytterligere forbedring av forholdene i Frierfjorden, og dermed også en viss forbedring i Vollsfjorden.

Når det gjelder direkte utslipp av kommunalt avløpsvann til Volls fjorden, må disse utføres som dyputslipp med innlagring av avløpsvannet under sprangsjiktet. Ideelt sett bør avløpsvannet fra første stund renses mekanisk-kjemisk, og helst slippes ut utenfor munningen av fjorden. På bakgrunn av den betydning Frierfjordvann nå har for tilstanden i Volls fjorden, samt at det i dag dreier seg om relativt små direkte utslipp av kommunalt kloakkvann, kan man imidlertid overveie om mekanisk rensing med dyputslipp vil være mest hensiktsmessig i en første fase.

På litt lengre sikt, når de lokale utslipp øker i absolutte tall samtidig som rensertiltak ved Skienselva og selve Frierfjorden reduserer belastningen fra Frierfjordvann, bør mekanisk-kjemisk rensing av avløpsvannet bli gjennomført.

Med hensyn til utslippssted bør en legge vekt på å plassere dette så langt ut mot munningen av Volls fjorden som mulig.

Etter oppdrag fra fylkesmannen i Telemark har det siden 1977 vært gjennomført et overvåkningsprogram for Skienselva og Grenlandsfjordene. Volls fjorden inngår i områdene der forurensningstilstanden blir overvåket. Resultatene fra denne undersøkelsen - som i det foranstående er rapportert, utgjør et nødvendig referansemateriale som vil bli benyttet ved vurdering av eventuelle utviklingstendenser fra fjorden.

8. LITTERATUR

FAO, 1969:

Fishery technical paper No 94.
Rome, p. 70.

NIVA, 25.11.1976:

O-111/70. Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. Rapport 5. Fremdriftsrapport fra de hydrokjemiske undersøkelsene mars 1974 - desember 1975.
Saksbehandler: J. Molvær. Stensilert 143 s.

NIVA, 10.11.1977:

O-77114. Forslag til resipientundersøkelse av Vollsfjorden, Skien kommune.
Saksbehandler: Jarle Molvær. 12 s.

NIVA, 9.2.1979:

O-70111. Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. Rapport nr. 8, Sluttrapport.
Saksbehandler: Jarle Molvær. Stensilert 251 s.

NIVA, 10.9.1979:

O-76129. Overvåking av forurensninger i Grenlandsfjordene og Skienselva i 1978. Delrapport nr. 3: Undersøkelser av vannutskiftningsforholdene.
Forfatter: Jarle Molvær. 22 s.

NIVA, 3.1.1980:

O-76129. Overvåking av forurensninger i Grenlandsfjordene og Skienselva i 1978. Delrapport nr. 5: Vannkvalitet i overflatelag og dypvann.
Forfattere: Lars Kirkerud og Jarle Molvær. 24 s.

SFT, 1979:

Årsrapport 1978 for industriforurensning i nedre Telemark.
Statens forurensningstilsyn. Kontrollseksjonen. 97 s.