

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

OSLO

0-8000312

OVERVÅKING AV FORURENSNINGER I GRENLANDSFJORDENE

OG

NEDRE DEL AV SKIENSELVA I 1980

Delrapport nr. 2

VANNUTSKIFTING OG VANNKVALITET

1. oktober 1981

Prosjektleder : Brage Rygg  
Saksbehandlere : Jarle Molvær  
Jens Skei

For administrasjonen : J.E. Samdal  
Lars N. Overrein

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse:  
Postboks 333, Blindern  
Oslo 3

Brekke 23 52 80  
Gaustadalleen 46 69 60  
Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 80003 - 12
Undernummer: II
Løpenummer: 1315
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Overvåking av forurensninger i Grenlandsfjordene og nedre del av Skienselva i 1980. Delrapport nr 2. Vannutskifting og vannkvalitet.	Dato: 1.10.1981
Forfatter(e): Jarle Molvær Jens Skei	Prosjektnummer: 8000312
	Faggruppe: Fjordseksjon
	Geografisk område: Telemark
	Antall sider (inkl. bilag): 27

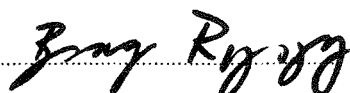
Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn, Fylkesmannen i Telemark	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt:  
Rapporten presenterer data om vannutskifting og vannkvalitet i Grenlandsfjordene og Skienselva i 1980. Utslippene av forurensninger har endret seg lite de siste 2-3 årene, og små endringer i vannkvalitet i forhold til 1979 er registrert. Konsentrasjonene av fosfor, nitrogen og kvikksølv er gradvis blitt lavere. Tilførsel av fosfor til overflatelaget i Frierfjorden fra land (industri og befolkning) utgjør 60-70 % av totaltilførslene. En dypvannutskifting våren 1980 førte til 50-60 % utskifting av råttent bunnvann i Frierfjorden. Målinger av kvikksølv i kanalene fra Gunnekleivfjorden bekrefter tidligere antydninger om at store mengder (100 kg pr. år) kvikksølv transporteres ut av Gunnekleivfjorden.

4 emneord, norske:
1. Overvåking
2. Grenlandsfjordene
3. Skienselva
4. Vannutskifting Vannkvalitet

4 emneord, engelske:
1. Monitoring
2. Grenlandsfjord
3. Skien river
4. Water exchange Water quality

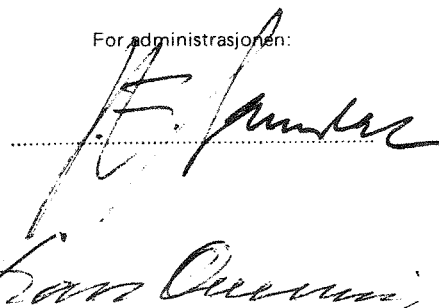
Prosjektleder:



Seksjonsleder:



For administrasjonen:



ISBN 82-577-0411-3

FORORD

Overvåkingen av forurensninger i Grenlandsfjordene inngår i det statlige program for forurensningsovervåking. NIVAs oppdragsgivere er Statens forurensningstilsyn og Fylkesmannen i Telemark. Rapporteringen av resultatene skjer i form av delrapporter.

Resultater for 1980 fremlegges i:

- Rapport nr. 1 : Miljøgifter i organismer
- Rapport nr. 2 : Vannutskifting og vannkvalitet
- Rapport nr. 3 : Sedimenter

På omslagets 4. side står en oversikt over tidligere NIVA-rapporter fra overvåkingen av Grenlandsfjordene og Skienselva.

Undersøkelsene av vannutskifting og vannkvalitet har foregått i samarbeid med laboratorieleder Peter P. Rosmanith og ingeniør Arne Kjellsen ved det fylkeskommunale analyselaboratorium i Porsgrunn, hvor også en del analyser er utført. Disse takkes for godt samarbeid.

Vi takker også havneassistent Leif Viken, Porsgrunn, for velvillig å utføre siktedypmålinger i Frierfjorden.

Blindern, 1. oktober 1981.

  
Jarle Molvær

  
Jens Skei

INNHOLD

	Side
1. INNLEDNING	4
1.1 Arbeidsprogram i 1980	4
1.2 Meteorologiske og hydrologiske forhold i 1980	6
1.3 Utslipp til vann	10
2. RESULTATER OG KOMMENTARER	13
2.1 Overflatelaget	13
2.2 Intermediært lag og dypvann	18
2.3 Kvikksølvundersøkelser rundt Herøya og i Skienselva	23
3. KONKLUSJONER	25
4. LITTERATUR	27

TABELLFORTEGNELSE

	Side
1. Toktoversikt Grenlandsfjordene 1980	5
2. Arbeids- og analyseprogram for hovedtoktene	5
3. Vannføring i Skienselva under toktene i 1980	8
4. Modell for fosforbelastning på Frierfjordens overflatelag	17
5. Oksygenkonsentrasjoner (ml O <sub>2</sub> /l) på St. S1 og St. S2 under toktene i 1980	21

FIGURFORTEGNELSE

1. Stasjoner for undersøkelser av vannutskifting og vannkvalitet	4
2. Månedlig middeltemperatur ved Jomfruland fyr i 1980, fremstilt som avvik fra normalen	7
3. Månedlig nedbør ved Jomfruland fyr i 1980, fremstilt som prosent av normalen	7
4. Vindforholdene på Langøytangen i 1980	9
5. Årsmidler av utslipp til Skienselva og Frierfjorden	11
6. Utviklingen i parameterne for vannkvalitet i overflatelaget (0-2 m), beregnet som årsmiddel	14
7. St. FG1, Brevikfjorden. Oksygenforhold i dypvannet i 1978-80	19
8. St. BC1, Frierfjorden. Temperatur, saltholdighet og oksygen/hydrogensulfid i dypvannet i 1979-80	20
9. Sammenheng mellom fosforbelastning på Frierfjorden og midlere konsentrasjon av totalfosfor i Frierfjordens intermediære vannlag	22
10. St. AB1, Volls fjorden. Oksygeninnhold (ml O <sub>2</sub> /l) i 1980	22
11. Konsentrasjoner av kvikksølv i 1 m dyp i Herøyakanalen og ved Kulltangen	24

## 1. INNLEDNING

### 1.1 Arbeidsprogram i 1980

I det hydrokjemiske rutineprogrammet for Grenlandsfjordene inngår 11 stasjoner. Stasjonene kan inndeles i to typer: Overflatestasjoner, hvor det bare innsamles prøver fra 0-2 m dyp, og hydrokjemistasjoner, hvor det også innsamles prøver mellom overflatelag og bunn. Stasjonsplasseringen er vist på figur 1. Til sammen 11 prøveserier ble inn-samlet på disse stasjonene i 1980. Tidspunktene er gitt i tabell 1 og arbeidsprogram for hovedtoktene i tabell 2.

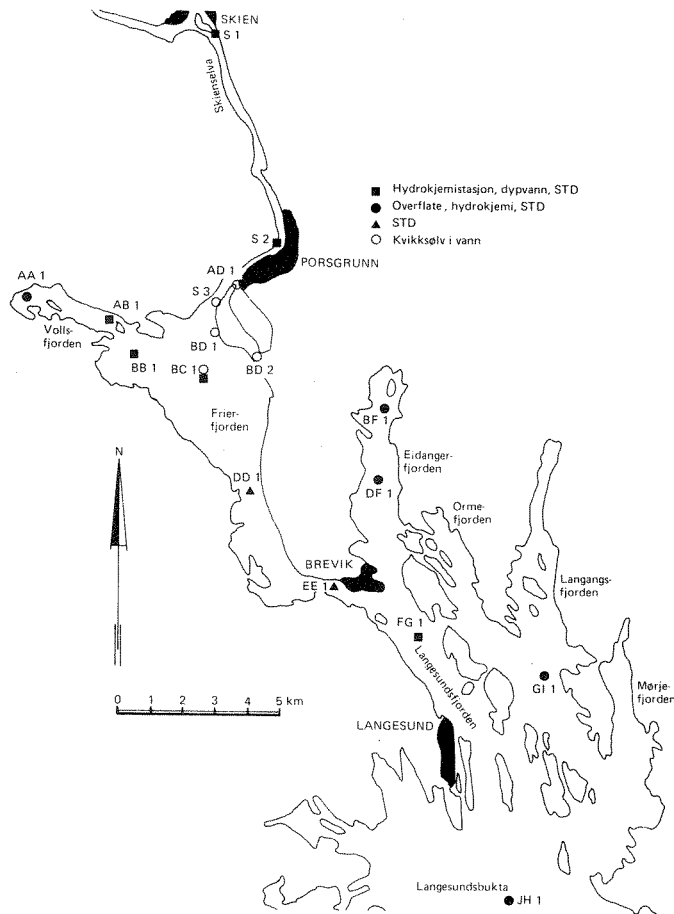


Fig. 1. Stasjoner for undersøkelser av vannutskifting og vannkvalitet.

Tabell 1. Toktoversikt Grenlandsfjordene 1980.

Dato	Type tokt
19. - 20. mars	Hovedtokt
14. april	Overflatetokt
2. mai	Overflatetokt
21. mai	Overflatetokt
28. - 29. mai	Hovedtokt
25. juni	Overflatetokt
21. juli	Overflatetokt
8. august	Overflatetokt
26. - 27. august	Hovedtokt
24. september	Overflatetokt
18. - 19. november	Hovedtokt

Tabell 2. Arbeids- og analyseprogram for hovedtoktene.

Stasjon	Parametre				
	Temperatur, saltholdighet	Oksygen, tot.nitrogen, tot. fosfor, nitrat+nitritt, ammonium ortofosfat, klorofyll <u>a</u> <sup>1)</sup>	Kvikksølv	Susp.tørrstoff, gløderest	Siktedyp, sjøgang, vind og vær
S1	Måles med STD	A	-	C	alle stasjoner
S2	-- " --	A	B	C	-- " --
S3	-- " --	-	B	C	-- " --
AA1	-- " --	B	-	-	-- " --
AD1		-	B	-	-- " --
AB1	-- " --	A	-	-	-- " --
BB1	-- " --	A	-	-	-- " --
BC1	-- " --	A	A	-	-- " --
BD1	-- " --	-	B	-	-- " --
BD2		-	B	-	-- " --
BF1	-- " --	B	-	-	-- " --
DF1	-- " --	B	-	-	-- " --
FG1	-- " --	A	-	-	-- " --
GI1	-- " --	B	-	-	-- " --
JH1	-- " --	B	-	-	-- " --

A: Prøver fra alle standarddyp  
 B: Prøver bare fra 0-2 m dyp  
 C: Prøver fra 3 dyp.

1) Klorofyll a tas bare fra 0-2 m prøven.

Som standard prøvedyp er brukt: 0-2, 4, 8, 12, 16, 20, 30, 40, 50, 60, 80 og 100 m. Nederste dyp ble tilpasset bunndypet på den aktuelle stasjonen. I Frierfjorden ble det også innsamlet prøver fra 25 m dyp.

Antall overflatetoktprøver fra st. AA1, BC1, DF1 og FG1 ble noe mindre enn planlagt for 1980, noe som skyldes manglende ressurser hos det fylkeskommunale analyselaboratorium.

På fire utvalgte stasjoner (utslippsnære stasjoner, se figur 1) samt stasjon S2 ble det i 1 m dyp innsamlet 4-8 prøveserier for analyse av kvikksølv.

Prøvene i Herøyakanalen (AD1) og Kulltangbroa (BD2) ble tatt ved utstrømmende vann fra Gunnekleivfjorden.

For registrering av tidspunkt og varighet av større innstrømninger over Brevikerskelen var det i tidsrommet 7.2 - 29.5 1980 plassert en selvregistrerende strømmåler (Aanderaa RCM4) i 18 m dyp ved st. EE1. Hvert 20. minutt registrerte måleren strømmetning, hastighet, temperatur og saltholdighet på magnetbånd.

Som for tidligere år har Porsgrunn havnevesen med 1-2 ukers mellomrom gjort siktedypmålinger i Frierfjorden.

## 1.2 Meteorologiske og hydrologiske forhold i 1980

Opplysninger om temperatur og nedbør er hentet fra klimatiske månedsoversikter for 1980 utgitt av Det Norske Meteorologiske Institutt i Oslo (MI 1980, MI 1981). Resultatene av vindmålinger for 1980 stammer også fra samme institutt.

Temperaturforhold og nedbør i nedre del av Telemark i 1980 er beskrevet ved den månedlige nedbør i prosent av normalen. Figurene 2 og 3 viser resultater fra Jomfruland fyr. Storparten av året lå lufttemperaturen under normalen. Juni og oktober var preget av stor nedbør. Resten av året var nedbørmengden stort sett under normalen.



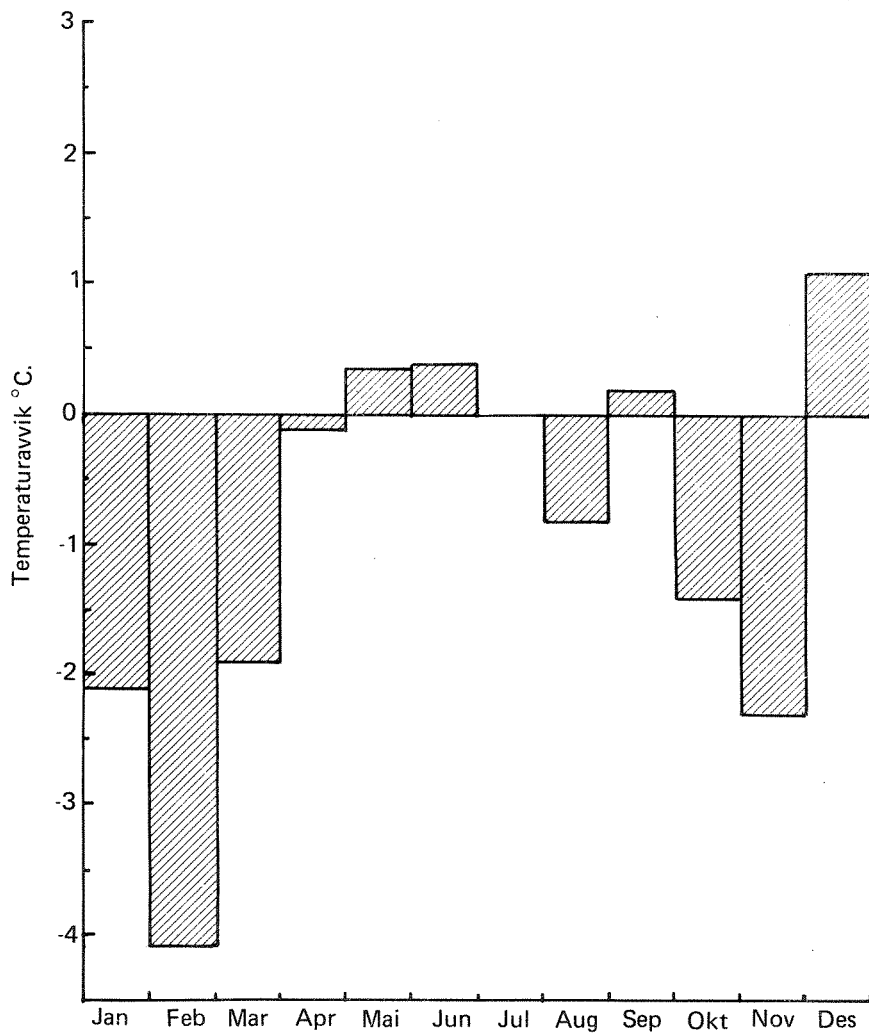


Fig. 2. Månedlig middeltemperatur ved Jomfruland fyr i 1980, fremstilt som avvik fra normalen.

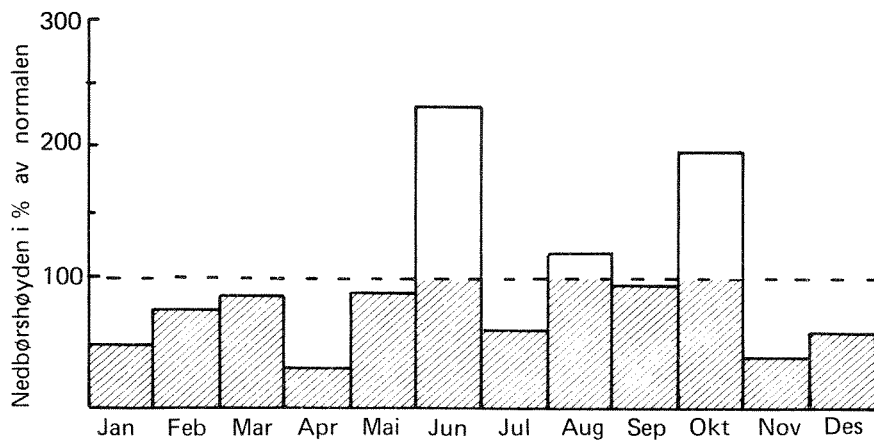


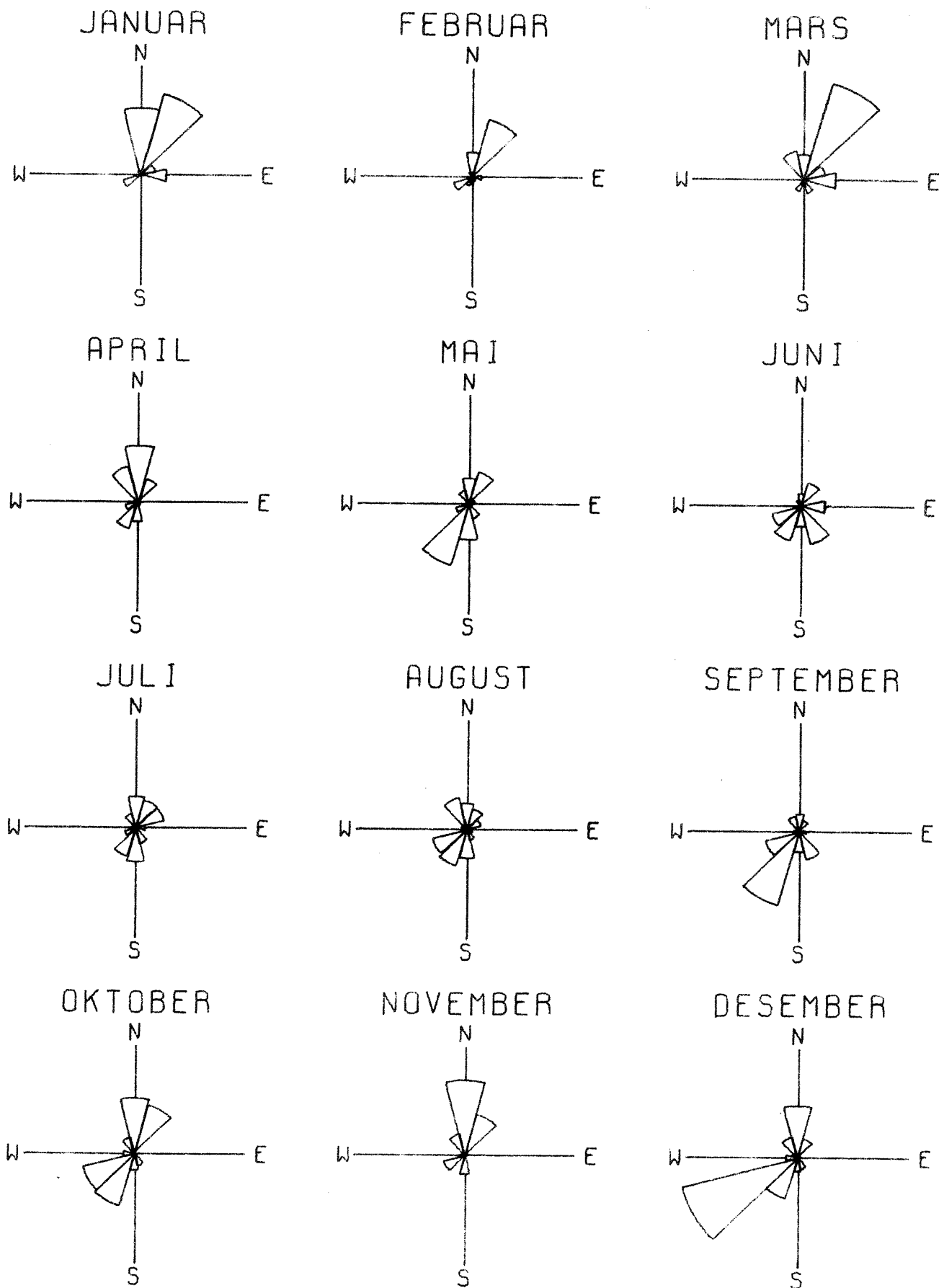
Fig. 3. Månedlig nedbør ved Jomfruland fyr i 1980, fremstilt som prosent av normalen.

For å beskrive vindforholdene i 1980 anvender vi størrelsen vindmengde for de enkelte måneder. Vindmengden er beregnet for 30 °-sektorer og defineres her som produktet av månedlig midlere vindstyrke (i Beaufort) i en gitt sektor og antall målinger på Langøytangen innenfor denne sektoren, figur 4. Vindforholdene har i hovedtrekkene fulgt det normale forløp med overveiende nord-nordøstlig vind i vinterhalvåret og sør-sørvestlig vind i sommerhalvåret.

Opplysninger om vannføringen i Skienselva er innhentet hos Skotfoss bruk. I 1980 var vannføringen meget jevn, med vårflom opp mot 440 m<sup>3</sup>/s i mai og en kortvarig flomtopp på 418 m<sup>3</sup>/s i begynnelsen av oktober. Tabell 3 gir vannføringen målt ved Skotfoss under toktene i 1980.

Tabell 3. Vannføring i Skienselva under toktene i 1980.

Dato	Vannføring
19.-20. mars	195 m <sup>3</sup> /s
14. april	292 "
2. mai	433 "
21. mai	206 "
28.-29. mai	245 "
25. juni	241 "
21. juli	127 "
8. august	122 "
26.-27. august	165 "
24. september	167 "
18.-19. november	185 "



NIVA PROSJEKT: 5206  
DATO: 81-8 -19

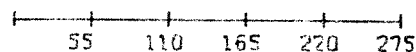


Fig. 4. Vindforholdene på Langøytangen i 1980.

### 1.3 Utslipp til vann

I figur 5 er vist en oversikt over kjente utslipp til Skienselva og Frierfjorden for de stoffer som anses som viktigst for vannforurensnings-situasjonen. Tallene er fremskaffet i samarbeid med SFT's kontrollseksjon i Telemark. For organisk stoff, nitrogen og fosfor er befolkningens bidrag angitt med mørk skravur.

Det må sterkt understrekes at dette er en grov oversikt. For det første viser figuren årsmidler, mens utslippene kan vise store svingninger over året, bl.a. som følge av variasjoner i driftsforhold og råstofftilgang ved bedriftene. For det andre kan selve datagrunnlaget inneholde betydelige usikkerheter bl.a. på grunn av få prøver pr. år, og for det tredje kan det være tilførsler som ikke lar seg beregne tilstrekkelig nøyaktig og som derfor ikke er inkludert. Vi skal knytte noen korte, forklarende kommentarer til enkelte av stoffene.

#### Organisk stoff (som BOF<sub>7</sub>)

Nedgangen fra 1979 til 1980 skyldes reduserte utslipp fra Union Bruk i Skien.

#### Klorerte hydrokarboner

Utslipet av klorerte hydrokarboner er her oppført som summen av heksaklorbenzen, pentaklorbenzen og oktaklorstyren (HCB + 5CB + OCS).

#### Fenoler

Inkluderer også halogenerte fenoler.

#### Kvikksølv

Figuren viser summen av utslippene fra Porsgrunn Fabrikker, Elkem Spigerverket PEA. Her bør man imidlertid være klar over at store mengder kvikksølv tilføres Frierfjorden ved vann som strømmet ut fra Gunnekleivfjorden. Overslagberegninger tyder på at denne transporten er av størrelsesorden 100-150 kg Hg/år. Undersøkelser er i gang for å kvantifisere dette bedre.

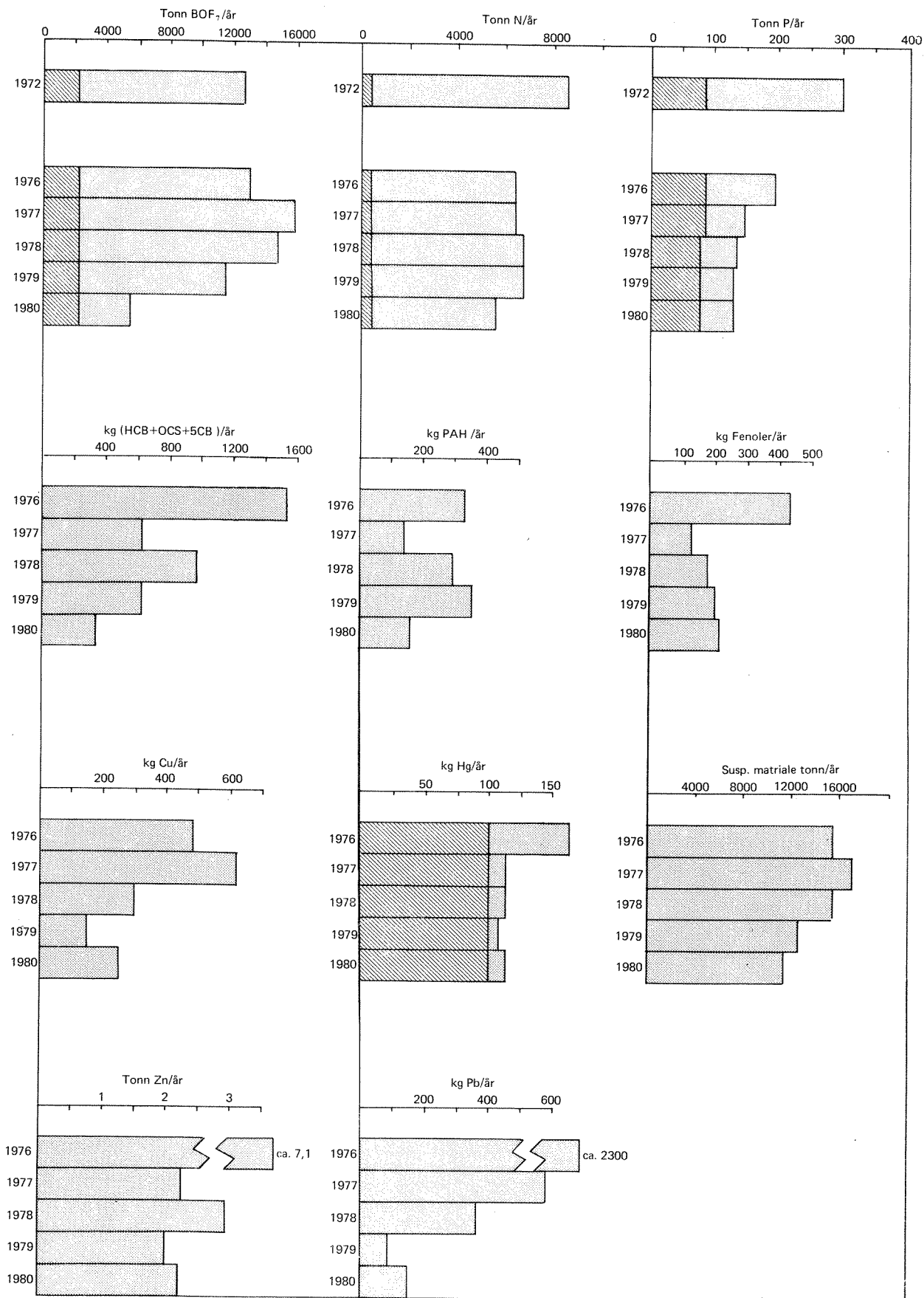


Fig. 5. Årsmidler av utslipp til Skienselva og Frierfjorden.

For organisk stoff, nitrogen og fosfor er befolkningens bidrag angitt med mørk skraver. For kvikksølv er en tilførsel på ca 100 kg/år fra Gunnekleivfjorden angitt med mørk skraver.

En mindre del av kvikksølv som slippes til luft fra Porsgrunn Fabrikker vil til slutt havne i Skienselva eller i Frierfjorden.

Sommeren 1981 ble SFT varslet av Porsgrunn Fabrikker om at det var oppdaget en lekkasje på 200-300 kg Hg/år til grunnen under fabrikanleggene på Herøya. Man vet ennå ikke hvor stor del av dette som er blitt tilført Frierfjorden eller hvor lenge lekkasjen har pågått.

#### Bly og sink

Utslipp fra PEA. Det store utslippet i 1976 skyldes variasjoner i driftsforhold og råstoff.

## 2. RESULTATER OG KOMMENTARER

### 2.1 Overflatelaget

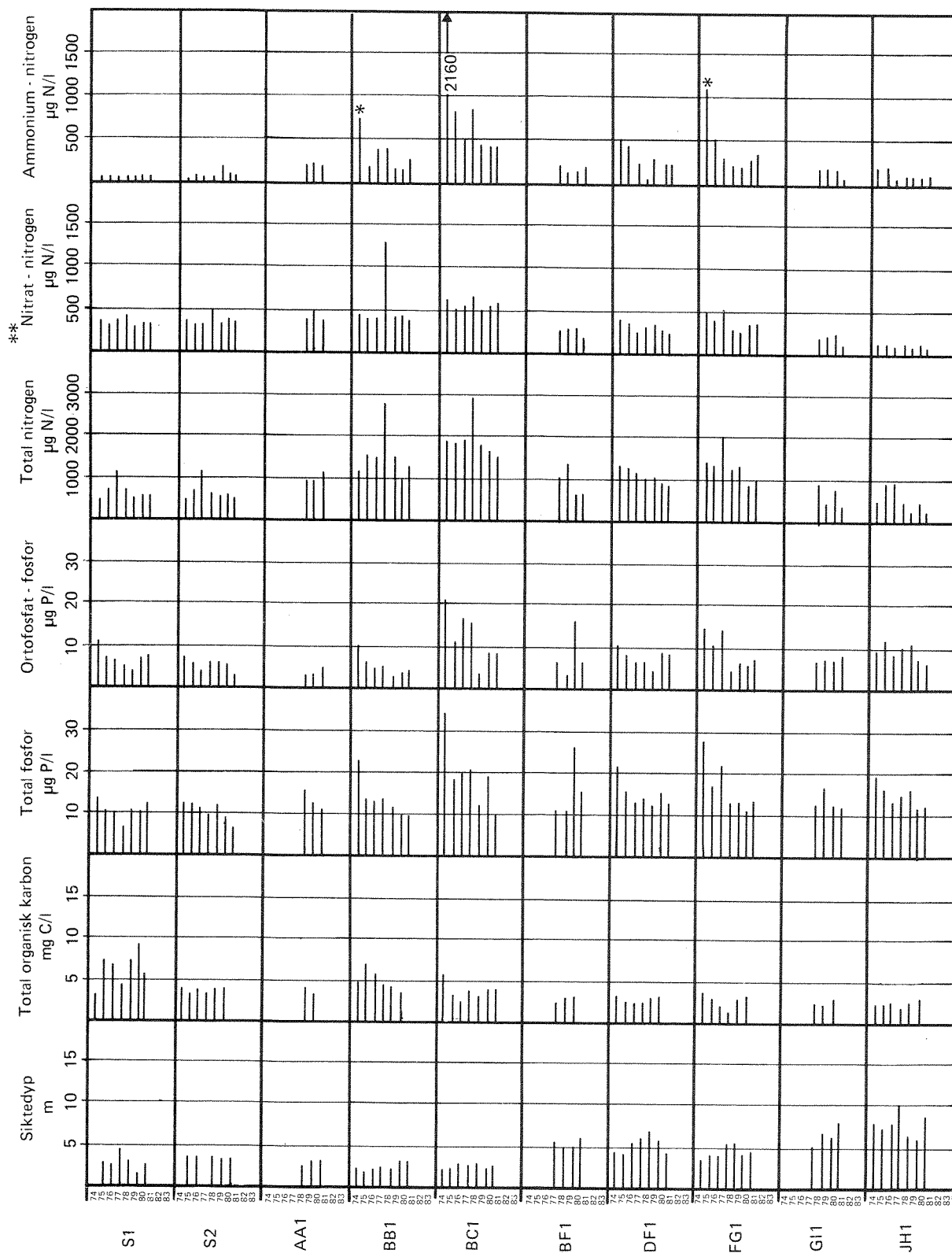
I likhet med tidligere årsrapporter er parametrene for vannkvalitet beregnet som årsmidler (figur 6). Dette er gjort dels med sikte på å få fram forskjeller mellom stasjoner og dels for å få fram eventuelle utviklingstendenser. Etter hvert som datamaterialet øker vil man se på sommerhalvåret og vinterhalvåret hver for seg. Det vil særlig ha verdi for områdene utenfor Brevik, der årstidsvariasjonene er størst.

Vi minner om at det i 1980 ble innsamlet flere prøveserier på St. AA1, BC1, DF1 og FG1 enn på de andre stasjonene.

Sammenlignet med 1979 er forandringene små. I Skienselva (St. S1) var konsentrasjonene av organisk karbon markert lavere enn i 1979, noe som kan skyldes reduserte utslipp. I Frierfjordens overflatelag var det ingen vesentlige endringer i vannkvalitet i forhold til 1979. Derimot bestyrker resultatene utviklingen mot lavere konsentrasjoner av TOT P og TOT N over de siste 4-5 år. I Herrebukta (St. BB1) synes stoppen av utslippene fra Bamble Cellulose fra sommeren 1978 å ha gitt en tydelig forbedring av vannkvalitet (siktedyp, organisk karbon).

Innholdet av total kvikksølv i overflatelaget i Frierfjorden (St. BC1) viste små variasjoner gjennom året (0,04-0,07 µg/l). Dette kan betraktes som normale konsentrasjoner for fjorder og kystfarvann.

Heller ikke i fjordområdene utenfor Brevik var det noen vesentlige endringer i vannkvalitet i forhold til 1979. Over de siste 5-6 år er det imidlertid en klar tendens mot avtagende konsentrasjoner av TOT N i Eidanger og Brevikfjorden (St. DF1 og St. FG1). Tendensen for TOT P har vært mindre klar. I forhold til 1977-78 synes siktedypet å ha vært noe dårligere. Datamaterialet fra 1977-78 er imidlertid for tynt til at man kan avgjøre dette med sikkerhet.



De spesielt høye ammoniumverdiene i 1974 kan skyldes  
 \* en svakhet ved analysemetoden som da ble brukt

\*\* Omfatter også nitrit

Fig. 6. Utvikling i parametrene for vannkvalitet i overflatelaget (0-2 m), beregnet som årsmiddel.



### Modell for fosforbelastning

I en vurdering av hvilke kilder som nå dominerer fosfortilførslene til Frierfjordens overflatelag kan det være nyttig å se på en enkel modell.

Det er tre hovedkilder: Tilførsler fra land (utslipp, jordbruksavrenning og diffuse kilder), tilførsler fra vassdraget ovenfor Skotfoss og tilførsler via den inngående sjøvannstrømmen i fjorden. Andre prosesser av betydning er sedimentering av partikulært bundet fosfor og atmosfærisk nedfall av fosfor. Overslag tyder på at sistnevnte bidrag er relativt lite og det utelates fra modellen.

Vi antar stasjonære forhold og uttrykker dette ved:

$$P_{ut} = P_{inn}$$

som omformes til:

$$C_{ut} \cdot V_{ut} = C_f \cdot R + C_i \cdot V_i + P - \alpha$$

$$C_{ut} = \frac{1}{V_{ut}} [C_f \cdot R + C_i \cdot V_i + P - \alpha]$$

$$C_{ut} = \frac{1}{R+V_i} [C_f \cdot R + C_i \cdot V_i + P - \alpha]$$

der

$C_{ut}$  = konsentrasjon av totalfosfor i Frierfjordens overflatelag

$C_f$  = konsentrasjon av totalfosfor ved utløpet av Norsjø

$C_i$  = konsentrasjon av totalfosfor i den inngående sjøvannstrøm  
valgt som middelkonsentrasjon for 8-12 m dyp på St. FG1.

$R$  = vannføring ved Skotfoss

$V_i$  = volumtransport i inngående sjøvannstrøm

$V_{ut}$  = volumtransport i brakkvannstrømmen ut Frierfjorden

$P$  = tilførsler fra land

$\alpha$  = sedimentering av partikulært bundet fosfor. Foreløpig  
settes  $\alpha = 0$

I tabell 4 er  $C_{ut}$  beregnet og jevnført med  $C_{m\ddot{a}lt}$ . Sistnevnte er bestemt ut fra data fra 0-4 m dyp på St. BC1 ved de aktuelle tidspunkter.  $V_i$  er beregnet etter ligningen

$$V_i = \frac{S_b}{S_i - S_b} R$$

der

$S_b$  = saltholdighet av Frierfjordens brakkvannslag

$S_i$  = saltholdighet i 8-12 m dyp i Frierfjorden

Saltholdighetsdata er hentet fra datarapporter (NIVA 1977a, 1980c) og målinger i 1980. Vi har benyttet data fra vinterhalvåret da biologisk aktivitet er lav og rene fortynningsprosesser vil dominere.

Utslippsdata er hentet fra tidligere NIVA-rapporter, SFT's årsrapporter for industriforurensning i nedre Telemark samt opplysninger fra Norsk Hydro om fosforutslippene ved tidspunktene for de enkelte prøveserier.

Data for  $C_f$  er hentet fra NIVA (1977b, 1980a) og fra upubliserte 1980-data.

Tar en i betraktning usikkerheten som ligger i alle ledd, er overensstemmelsen mellom beregnede og målte verdier relativt god. At beregnede verdier gjennomgående er høyere enn tilsvarende målte verdier kan helt eller delvis skyldes sedimentering av partikulært bundet fosfor ( $\alpha$ ).

Modellen viser at 65-70 % av fosfortilførslene til Skienselva og Frierfjorden nå kommer fra landsiden. Herav utgjorde bidraget fra Norsk Hydro i 1980 ca. 18 % og befolkningens bidrag ca. 37 % av totaltilførslene.

Ved bygging av Knardalstrand renseanlegg (antatt 85 % fosforfjerning) vil man oppnå å redusere fosfortilførslene fra land med 50-55 %.

Tabell 4. Modell for fosforbelastning på Frierfjordens overflatelag.

Dato	$R$ $\frac{m^3}{s}$	$V_i$ $\frac{m^3}{s}$	$C_f$ $\frac{mg}{m^3}$	$C_i$ $\frac{mg}{m^3}$	$C_f \cdot R$ $\frac{mg}{s}$	$C_i \cdot V_i$ $\frac{mg}{s}$	$P$ $\frac{mg}{s}$	$C_{ut}$ $\frac{mg}{m^3}$	$C_{m\ddot{a}lt}$ $\frac{mg}{m^3}$
10.12.74	270	50	3	35	810	1750	7960	33	26
17.03.75	230	60	4	25	920	1500	8220	36	27
16.12.75	260	80	3	19	780	1520	5960	24	22
13.03.76	220	65	7	16	1540	1040	7480	35	35
07.12.76	260	80	4	18	1040	1440	5300	23	22
30.11.77	250	60	7	15	1750	900	3990	21	23
7.03.78	260	60	5	27	1300	1590	4090	22	18
21.11.78	195	45	5	11	975	495	3980	23	16
13.03.79	220	35	6	14	1320	490	3380	20	23
28.11.79	280	55	6	18	1680	955	3660	19	14
20.03.80	190	35	5	5	950	175	3910	22	9
18.11.80	230	75	4	20	920	1500	4050	21	15

Ved full rensing av Fullgjødselfabrikk 2 på Herøya (samlet utslipp på Norsk Hydro ca. 20 kg P/døgn) vil en oppnå en reduksjon på ca. 20 %.

Gjennomføres begge tiltak vil fosfortilførselen fra landsiden reduseres med 70-75 %. Totaltilførslene av fosfor vil i så fall reduseres med ca. 42 % fordelt med ca. 32 % på grunn av Knardalstrand renseanlegg og ca. 10 % ved full rensing av Fullgjødselfabrikk 2.

Vi understreker at dette ikke må oppfattes som absolutte tall, men snarere som en illustrasjon av størrelsen med de enkelte kilder for fosfortilførsel til Skienselva og Frierfjorden.

## 2.2 Intermediært lag og dypvann

### Brevikfjorden

I Brevikfjorden skjer vanligvis en fullstendig dypvannsfornyelse hver vinter. Utover sommeren og høsten stagnerer dypvannet, og oksygenkonsentrasjonen avtar som følge av nedbrytningen av organisk materiale.

Av figur 7 fremgår at man også i 1980 hadde dette generelle utviklingsforløp. I tidsrommet september - desember lå oksygenkonsentrasjonene nær bunnen i intervallet 2-3,5 ml/l, hvilket må regnes som dårlig, men kan tolereres av fisk og andre marine dyr.

### Frierfjorden

Tidsutviklingen for temperatur, saltholdighet og oksygen i Frierfjordens dypvann for 1979-80 er vist på figur 8 A-C.

Den selvregistrerende strømmåleren som i tidsrommet 7. februar - 26. juni 1980 stod i 18 m dyp i Brevikstrømmen, viste at det i tidsrommet 9. februar - 20. april var fire omfattende innstrømninger over fjordterskelen. Fram til toktet 19. - 20. mars hadde disse innstrømningene ikke medført noen dypvannsutskifting. Dette skjedde imidlertid i tidsrommet 7. - 20. april. Under toktet 28. - 29. mai var det dermed oksygen i hele vannmassen på St. BC1 (se figur 8 c), mens det på stasjon BB1 i Herrebukta fortsatt ble påvist hydrogensulfid mellom 50 m dyp og bunn.

Omfanget av denne dypvannsutskiftningen er beregnet ut fra et budsjett basert på konsentrasjonene av totalfosfor i dypvannet før og etter utskiftningen samt fosforkonsentrasjonen i den innstrømmende vannmassen (se NIVA 1979). Beregningen viser en utskiftning på 50-60 % av vannmassen mellom 60 m og bunn. I 40-50 m dyp var utskiftningen sannsynligvis minst like stor. Resultatet ble imidlertid ikke like gunstig da rester av det underliggende dypvann havnet her. Denne effekten er kjent fra tidligere (NIVA 1979 s. 64).

Til sammenligning kan nevnes at i 1974 og 1977 ble 75-85 % av dypvannet skiftet ut.

I tidsrommet 1974-79 har konsentrasjonene av totalfosfor i Frierfjordens intermediære vannlag vist nedadgående tendens. Dette skyldes sannsynligvis reduserte tilførsler til fjorden (NIVA 1980a).

På figur 9 er konsentrasjonene for novembertoktet 1980 og fosforutslippet for 1980 plottet sammen med tilsvarende tokt for de foregående år. Konsentrasjonene er nær de som ble funnet for 1977-79, noe som passer med at fosfortilførslene i dette tidsrom har endret seg lite.

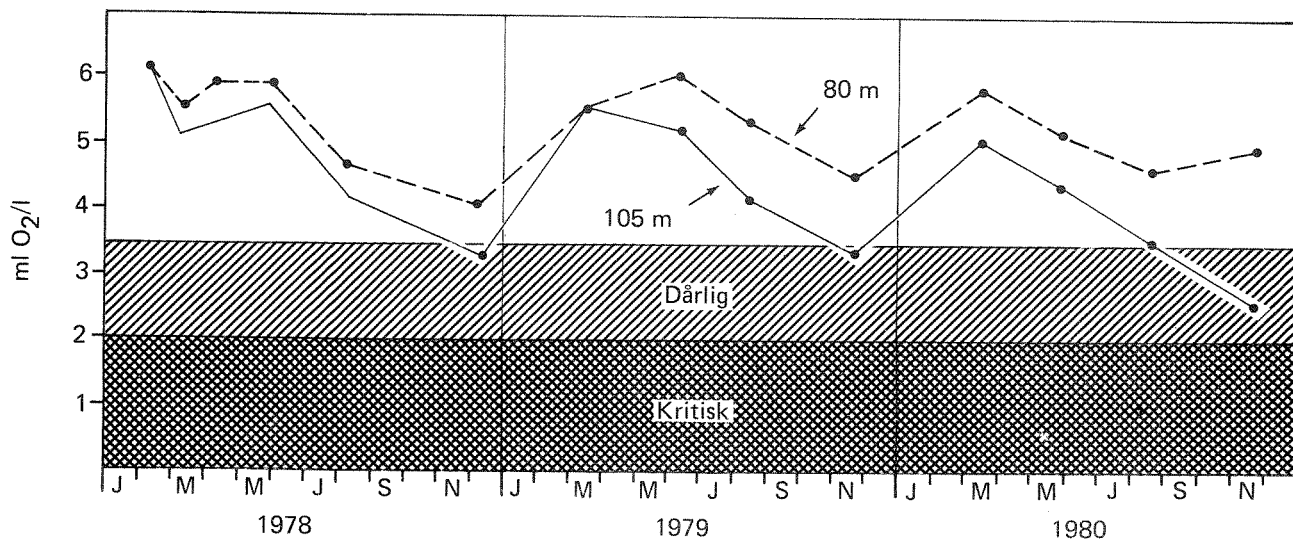


Fig. 7. St. FGI, Brevikfjorden. Oksygenforhold i dypvannet 1978-80.

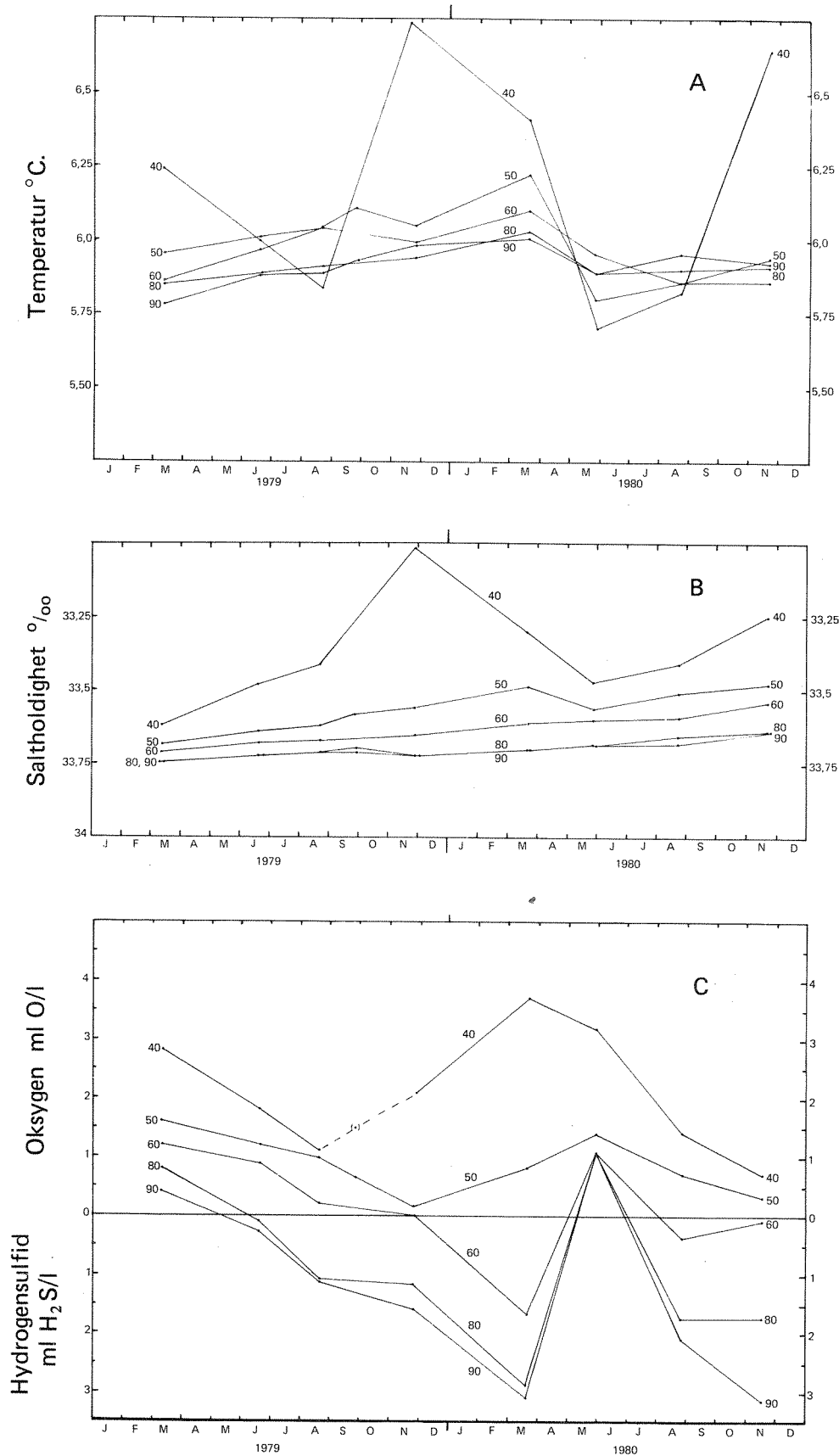


Fig. 8. St. BCl. Frierfjorden. Temperatur, saltholdighet og oksygen/hydrogensulfid i dypvannet i 1979-80.

På samtlige hovedtokt i 1980 viste vannmassene ved intermediære og bunnære dyp lave og normale kvikksølvkonsentrasjoner på stasjon BC1. Bortsett fra et relativt kort tidsrom etter vannutskiftningen om våren, var hele måleperioden preget av stagnerende sulfidholdig bunnvann i Frierfjordbassenget.

### Vollsfjorden

Resultatene av oksygenmålingene på St. AB1 i Vollsfjorden er gjengitt på figur 10. På grunn av isforholdene måtte prøvene 20. mars tas litt øst for stasjonen på noe grunnere vann.

Målingene viser at etter en viss forbedring i løpet av vinteren avtok oksygenkonsentrasjonene gradvis utover sommeren og høsten. Mot slutten av året må oksygenforholdene i hele vannmassen under ca. 8 m dyp karakteriseres som dårlige.

### Skienselva

Resultatene av oksygenmålingene på St. S1 (nedenfor Klosterfoss) og St. S2 (Porsgrunn bybro) er vist i tabell 5. I tabellen er avmerket med raster de dyp hvor oksygenforholdene må anses for kritiske.

Tabell 5. Oksygenkonsentrasjoner (ml O<sub>2</sub>/l) på St. S1 og St. S2 under toktene i 1980.

Dyp	20.3.80		29.5.80		26.8.80		18.11.80	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
0	-	-	-	-	-	-	-	-
4	8.26	8.09	7.23	6.88	5.26	5.36	7.29	6.52
8	6.65	7.69	7.32	5.90	0.69	3.55	1.93	3.83
12	5.22	7.30	4.55	H <sub>2</sub> S	0.19	0.75	1.71	3.22
16	4.52	1.20	3.66	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	0.76	0.65	3.08
22	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	3.71	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	0.97	H <sub>2</sub> S	3.15

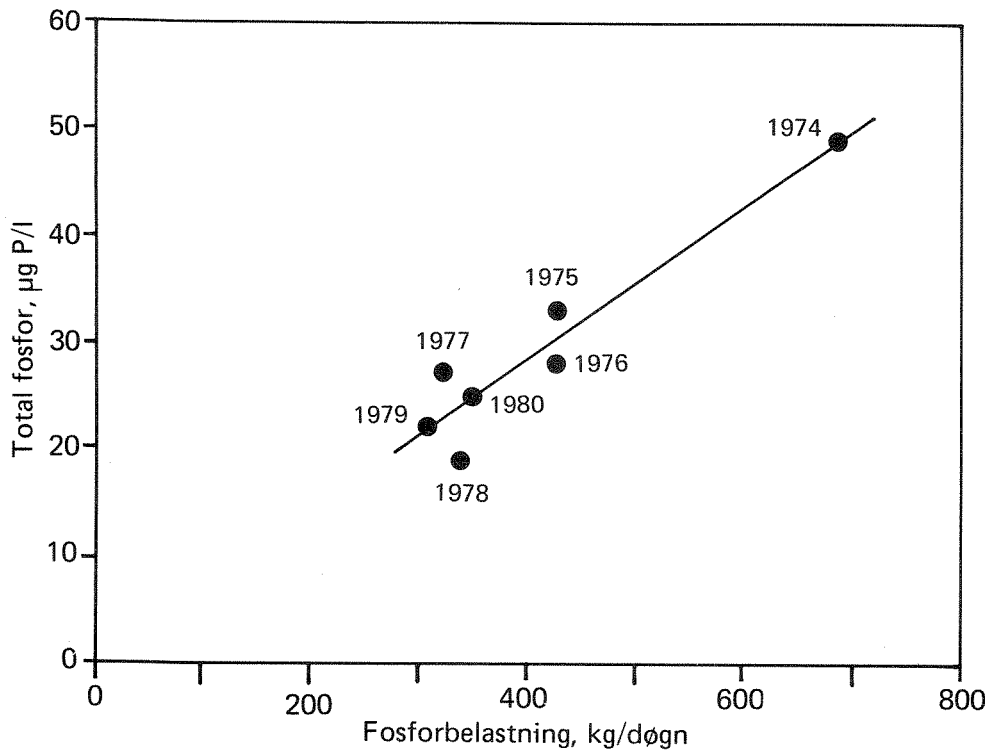


Fig. 9. Sammenheng mellom fosforbelastning på Frierfjorden og midlere konsentrasjon av totalfosfor i Frierfjordens intermediære vannlag.

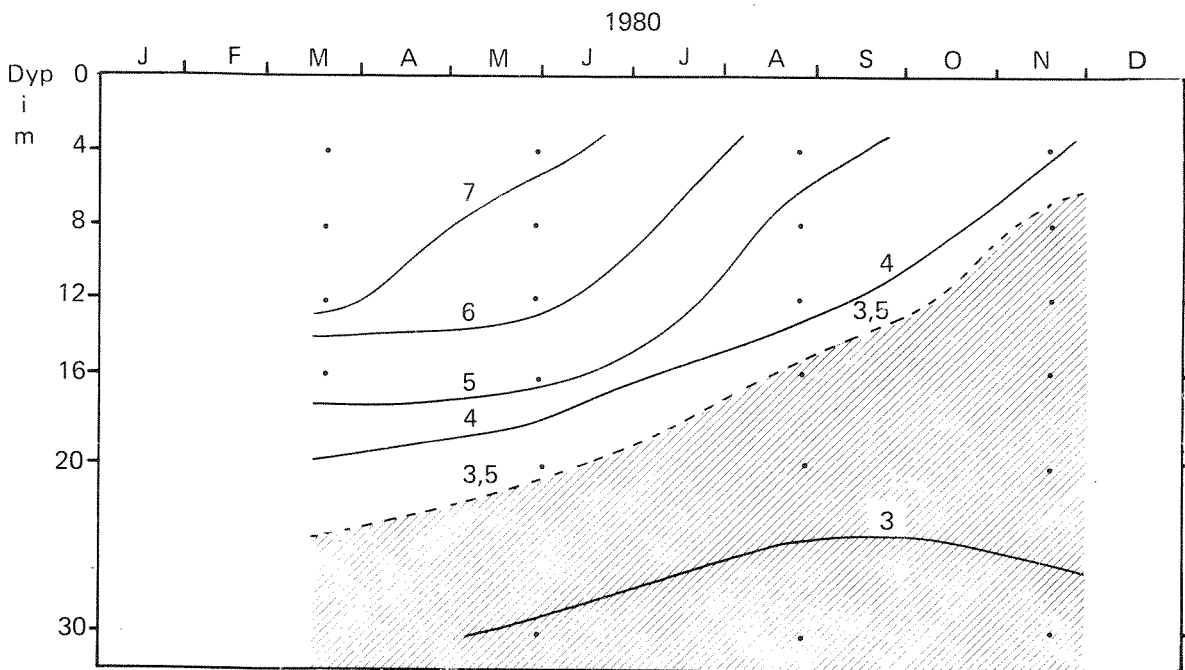


Fig. 10. St. AB1, Volls fjorden. Oksygeninnhold ( $\text{ml O}_2/\text{l}$ ) i 1980.



I hovedtrekkene samsvarer dataene med tidligere års resultater ved at oksygenforholdene i bassengene i lange perioder er kritiske, mens det oftest er bra oksygenforhold i den intermediære sjøvannstrømmen i ca. 4-8 m dyp.

I tillegg illustrerer målingene to andre forhold. De meget dårlige oksygenforholdene på St. S2 i slutten av mai kan skyldes at vårflommen hvirvlet opp store mengder organisk materiale og transporterte dette nedover elva. Der har det etter hvert sedimentert igjen, bl.a. i bassenget ved St. S2. De relativt gode forholdene ved St. S1 i mai må tilskrives vannutskiftningen under og etter flommen.

Utover sommeren og høsten blir oksygenforholdene ofte meget dårlige, dels som følge av høy temperatur i vannmassen (11-12 °C) og dermed økt oksygenforbruk og dels som følge av stagnasjon i bassengene.

### 2.3 Kvikksølv rundt Herøya og i Skienselva

De relativt hyppige målingene av kvikksølv i Skienselvas nederste del og rundt Herøya skyldes at man forventet forhøyede konsentrasjoner i nærheten til de eksisterende kvikksølvkildene (Gunnkleivfjorden, Norsk Hydro og PEA). Det ble i løpet av 1980 gjennomført 8 måleserier på stasjonene S2, BD2 og AD1 (se figur 1). Variasjonene av kvikksølvinnholdet i vannprøver fra Herøyakanalen (BD1) og Kulltangen (AD1) er illustrert på figur 11. Variasjonene er nokså store, men de varierer på samme måte i Herøyakanalen og ved Kulltangen. Årsaken til disse svingningene er trolig forskjellig grad av innblanding av sjøvann fra Frierfjorden og Skienselva, der kvikksølvinnholdet er betydelig lavere.

En annen forklaring kan også være at vannprøvene kan være svært inhomogene med hensyn til partikkelinnhold. Prøver med større partikkelinnhold vil sannsynligvis gi høyere kvikksølvkonsentrasjoner ettersom bunnsedimentene i Gunnkleivfjorden er så forurenset. Ved prøvetakingen i juli 1980 er det mistanke om at prøven er tatt ved innstrømming til kanalene (figur 11). Ellers viser målingene gjennomgående høye kvikksølvkonsentrasjoner i vannet som kommer fra Gunnkleivfjorden (0,2-1,86 µg/l). Dette bekrefter tidligere antagelser om at vann fra Gunnkleivfjorden tilfører det øvrige fjordområdet kvikksølv og at dette mest sannsynlig skyldes utluting av

kvikksølv fra sterkt forurensede sedimenter (NIVA, 1981). Det er grunn til å tro at vann fra Gunnekleivfjorden tilfører Frierfjorden mer enn 100 kg kvikksølv pr. år, dvs. betydelig mer enn de nåværende utslipp fra industri i området.

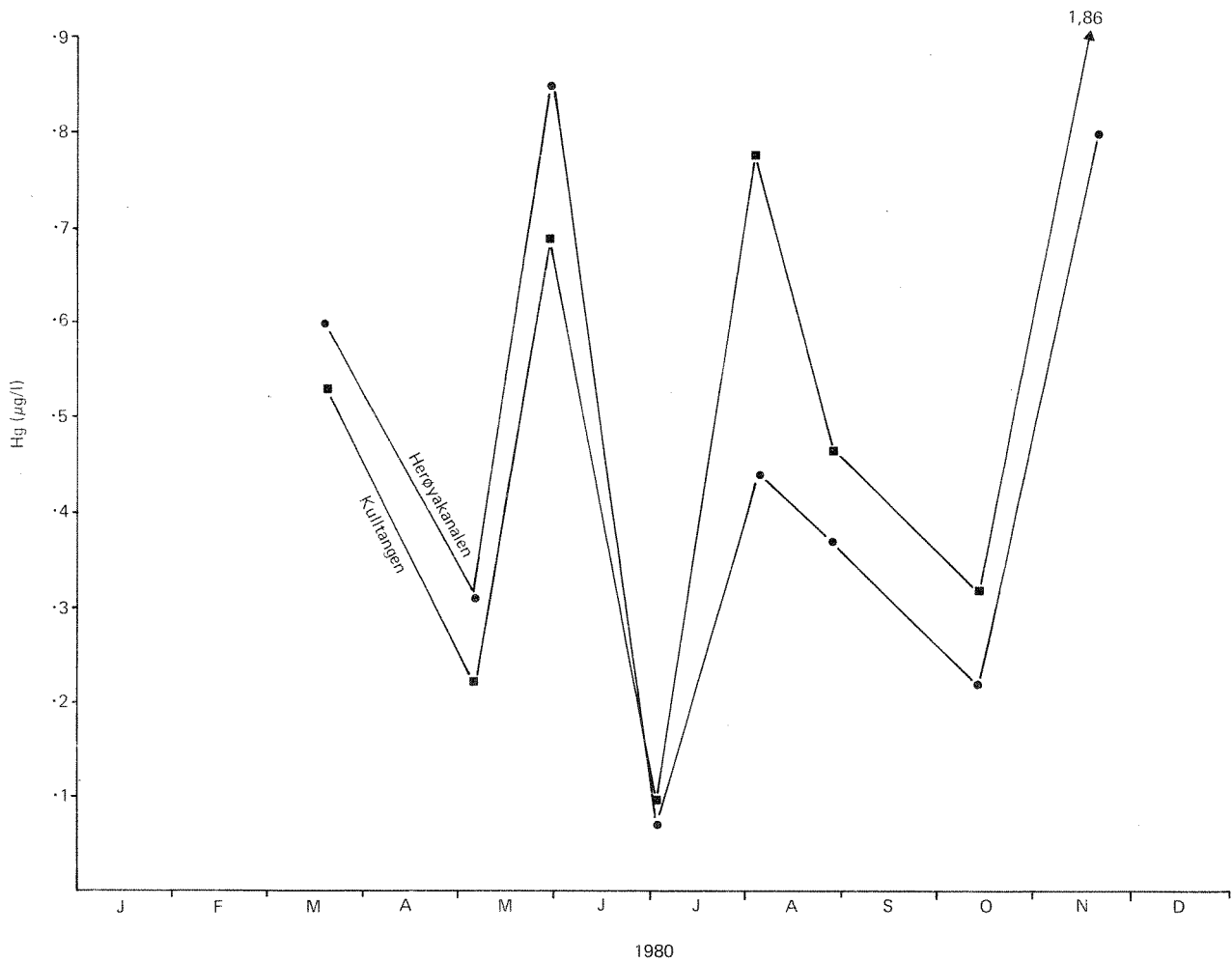


Fig. 11. Konsentrasjoner av kvikksølv i 1 m dyp i Herøyakanalen og ved Kulltangen.

### 3. KONKLUSJONER

Utslippene av forurensende stoff til Skienselva og fjordområdene har i hovedsaken endret seg lite de siste 2-3 år. Dette avspeiler seg i de hydrokjemiske resultatene der forandringene er små i forhold til de foregående år.

I øvre del av Skienselva (St.S1) var konsentrasjonene av organisk stoff lavere enn de to foregående år. Det skyldes sannsynligvis at utslippene fra Union A/S er betydelig redusert.

Som i tidligere år var det lange perioder med kritiske oksygenforhold i de dype bassengene i Skienselva.

I Frierfjordens overflatelag var det ingen vesentlige endringer i vannkvalitet i forhold til 1979. Derimot tyder resultatene på at utviklingen mot lavere konsentrasjoner av TOT P og TOT N for de siste 4-5 år er reell. Konsentrasjonene av kvikksølv var lave.

En enkel modell for fosforbelastningen på Frierfjordens overflatelag viser at 60-70 % av fosforet tilføres fra land. Resten tilføres via ferskvannet fra Skiensvassdraget og ved den inngående sjøvannsstrømmen.

Ved en innstrømming over Brevikterskelen i april ble 50-60 % av fjordens hydrogensulfidholdige dypvann utskiftet. I august var det imidlertid igjen hydrogensulfid i vannmassene under ca. 55 m dyp. I Volls fjorden måtte da oksygenforholdene karakteriseres som dårlige for hele vannmassen under ca. 8 m dyp.

Kvikksølvkonsentrasjonene i Frierfjordens dypvann var lave under samtlige hovedtokt.

Målingene i kanalene ut fra Gunnekleivfjorden viser at Frierfjorden tilføres mer enn 100 kg Hg/år herifra. Årsaken antas å være utluting av kvikksølv fra sterkt forurensede sedimenter i Gunnekleivfjorden.

Resultatene fra fjordområdene utenfor Brevik viser ingen vesentlige endringer i forhold til 1979. Over de siste 5-6 år er det en klar tendens til avtagende konsentrasjoner av totalnitrogen i Brevikfjorden. Etter en dypvannsutsifting om våren avtok oksygenkonsentrasjonene i dypvannet og sent på høsten 1980 må forholdene karakteriseres som dårlige.

#### 4. LITTERATUR

MI, 1980. Klimatologiske månedsoversikter for månedene januar-september 1980. Blindern, Oslo.

MI, 1981. Klimatologiske månedsoversikter for månedene oktober-desember 1980. Blindern, Oslo.

NIVA 1977a. 0-111/70. Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. Rapport nr. 7. Hydrokjemiske data for tidsrommet mars 1974-februar 1977. Saksbehandler: Jarle Molvær. 300 s.

NIVA 1977b. 0-112/70. Telemarkvassdraget. Fremdriftsrapport nr. 2. Undersøkelser 1976. Saksbehandler: Hans Holtan. 415 s.

NIVA 1979. 0-70111. Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. Rapport nr. 8, Sluttrapport. Saksbehandler: Jarle Molvær. 251 s.

NIVA 1980a. 0-70112. Telemarkvassdraget ovenfor Skotfoss. Overvåkingsrapport for 1979. Saksbehandler: Dag Berge. 38 s.

NIVA 1980b. 0-76129. Overvåking av forurensninger i Grenlandsfjordene og Skienselva i 1979. Delrapport nr. 2. Vannutskifting og vannkvalitet. Saksbehandler: Jarle Molvær. 24 s.

NIVA 1980c. 0-76129. Overvåking av forurensninger i Grenlandsfjordene og Skienselva. Hydrokjemiske data 1977-79. Saksbehandler: Jarle Molvær. 125 s.

NIVA 1981. OF-80603. Kvikksølv i norske fjorder. Avslutning av prosjektet. Saksbehandler: Jens Skei. 19 s.