

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern
Oslo 3

Rapportnummer:	8000312
Undernummer:	VI
Løpenummer:	1654
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel:	Grenlandsfjordene og Skienselva 1983 (Overvåkingsrapport nr. 161/84)	Dato:	20. juni 1984
Forfatter(e):	Brage Rygg NIVA Birger Bjerkeng NIVA Jon Knutzen NIVA Jarle Molvær NIVA Gunnar Norheim, Veterinærinstituttet	Prosjektnummer:	8000312
		Faggruppe:	HYDROØKOLOGI
		Geografisk område:	Telemark
		Antall sider (inkl. bilag):	61

Oppdragsgiver:	Statens forurensningstilsyn	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):	
----------------	-----------------------------	----------------------------------	--

Ekstrakt:
Vannkvaliteten i Skienselva i 1983 har neppe hindret lakseoppgangen. I indre Frierfjord var siktedypet ikke signifikant forskjellig fra de fem foregående år. I november 1983 hadde dypvannet vært stagnant siden mai 1981. I Langesundfjorden var det i november dårlige oksygenforhold dypere enn 90 m. Konsentrasjonene av polysykliske aromatiske hydrokarboner i blåskjell var opp til 40 ganger høyere enn normal konsentrasjonen på 0,5 ppm. I torsk fra Frierfjorden har kvikksølvinnholdet vært nokså konstant de fem-seks siste årene (gjennomsnitt 0,44 ppm), mens innholdet av heksaklorbenzen viste en signifikant nedgang fra 1982 til 1983.

4 emneord, norske: Statlig program
1. Grenlandsfjordene
2. Skienselva
3. Forurensninger
4. Fisk
Overvåkingsrapport 161/84
Undersøkelse 1983

Prosjektleder:

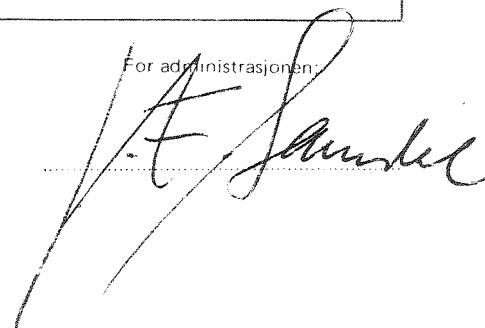


Divisjonssjef:



4 emneord, engelske: Monitoring
1. Grenland fjords, Norway
2. River Skienselva
3. Pollutants
4. Fish

For administrasjonen:



ISBN 82-577-0824-0



Statlig program for forurensningsovervåking

0-8000312

Statlig program for forurensningsovervåking

GRENLANDSFJORDENE OG SKIENSELVA 1983

20. juni 1984

Prosjektleder: Brage Rygg, NIVA

Medarbeidere: Birger Bjerkeng, NIVA

Jon Knutzen, NIVA

Jarle Molvær, NIVA

Gunnar Norheim,

Veterinærinstituttet

F o r o r d

Overvåkingen av forurensninger i Grenlandsfjordene og Skienselva er en del av Statlig program for forurensningsovervåking som administreres av Statens forurensningstilsyn, og finansieres av 1) Statens forurensningstilsyn, 2) den lokale industrien (Norsk Hydro, Saga Petrokjemi, Union, Elkem PEA) og 3) Telemark fylkeskommune.

Oppdraget utføres av NIVA i samarbeid med vannlaboratoriet i Telemark, Veterinærinstituttet og Norges veterinærhøgskole. Utenom det statlige programmet utfører Fiskeridirektoratet, de lokale helse- og veterinærmyndigheter og Norsk Hydro A/S undersøkelser av overvåkingskarakter.

Kontaktutvalget for fjordundersøkelser i Grenland samordner overvåkingen. Utvalget er nedsatt av Fylkesmannen i Telemark, og består av representanter for fylkesmann og fylkeskommune, Statens forurensningstilsyn, helse- og veterinærmyndigheter, Fiskeridirektoratet, industrien og NIVA.

Overvåkingen startet i 1977 etter en tre-års basisundersøkelse. Basisundersøkelsen tok for seg et bredt spektrum av forurensningsproblemene. Også tidligere har Grenlandsfjordene vært gjenstand for ulike undersøkelser. En sammenstilling av disse er gjort av Johansen (1973). Hittil utgitte NIVA-rapporter fra overvåkingen er listet på omslagets 3. side.

Denne rapporten legger fram resultatene fra undersøkelsene i 1983, og sammenligner dem med tidligere års resultater.

INNHOLD

	Side
FORORD	2
INNHOLD	3
FIGURFORTEGNELSE	4
TABELLFORTEGNELSE	6
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	7
1. INNLEDNING	8
2. VANNKVALITET OG LAKSEOPPGANG I SKIENSELVA	14
3. SIKTEDYPMÅLINGER I FRIERFJORDEN	24
4. OKSYGENFORHOLDENE I FRIERFJORDEN OG LANGESUNDFJORDEN	26
5. MILJØGIFTER I BLASKJELL	30
6. MILJØGIFTER I FISK	35
7. REFERANSER	48
VEDLEGG	51

FIGURFORTEGNELSE

	Side:
Fig. 1.1 Stasjoner for undersøkelser av vannutskiftning og vannkvalitet 1983	9
Fig. 1.2 Årsmidler av utslipp til Skienselva og Frierfjorden. For organisk stoff, nitrogen og fosfor er befolkningens bidrag angitt med skravur. For kvikksølv er tilførselen fra Gunnekleivfjorden angitt med skravur.	10
Fig. 2.1 Stasjon S1 og SB i Skienselva	15
Fig. 2.2 Vannføring ved Skotfoss april-september 1983	16
Fig. 2.3 Oksygenforhold ($\text{ml O}_2/\text{l}$) på st. SB april-sept. 1983. Piler angir tidspunkt for prøveinnsamling.	19
Fig. 2.4 Oksygenforhold ($\text{ml O}_2/\text{l}$) på st. S1 april-sept. 1983. Piler angir tidspunkt for prøveinnsamling.	19
Fig. 2.5 Saltholdighet ($^{\circ}/\text{oo}$) på st. S1 april-sept. 1983. Piler angir tidspunkt for prøveinnsamling.	20
Fig. 2.6 Målinger av suspendert tørrstoff, total fosfor og total nitrogen i 2 m dyp på st. SB og st. S1. Vannføring målt ved Skotfoss.	22
Fig. 3.1 Målinger av siktedyp på st. BC1, Frierfjorden. Midlere siktedyp for hver måned i 1983 ($n = 3-5$) plottet sammen med midlere månedlig siktedyp for tidsrommet 1978-82. Ett standardavvik på begge sider av verdiene for 1978-82 er angitt med skravur.	25
Fig. 3.2 Kumulativ sannsynlighetsfordeling for siktedyp på st. BC1, Frierfjorden.	25
Fig. 4.1 Oksygenforhold i Frierfjorden og Langesundsfjorden 2. mai 1983.	27

	Side:
Fig. 4.2 Oksygenforhold i Frierfjorden og Langesundsfjorden 28. november 1983.	28
Fig. 4.3 TS-diagram for st. BC1 for 7.12.1982 og 2.5.1983	29
Fig. 4.4 Oksygenkonsentrasjoner i 105m dyp på st. FG1 i desember 1982, mai 1983 og november 1983.	29
Fig. 5.1 Stasjoner for innsamling av blåskjell	31
Fig. 5.2 Konsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og potensielt kreftfremkallende komponenter av PAH (svarte søyler) i blåskjell fra Grenlandsfjordene 1980-83, mg/kg tørrvekt.	32
Fig. 6.1 Kvikksølvkonsentrasjon i torsk fra Frierfjorden	39
Fig. 6.2 Heksaklorbenzenkonsentrasjon i lever av torsk fra Frierfjorden	40
Fig. 6.3 Oktaklorstyrenkonsentrasjon i lever av torsk fra Frierfjorden	41
Fig. 6.4 Kumulativt frekvensfordelingsdiagram av kvikksølv- konsentrasjon i torsk fra Frierfjorden høsten 1983.	45
Fig. 6.5 Kumulativt frekvensfordelingsdiagram av heksaklorbenzen- konsentrasjon i torsk fra Frierfjorden høsten 1983.	46
Fig. 6.6 Kumulativt frekvensfordelingsdiagram av oktaklorstyren- konsentrasjon i torsk fra Frierfjorden høsten 1983	47
Fig. I (Vedlegg). Kvikksølvkonsentrasjon i torsk, analysert av Veterinærhøgskolen/Veterinærinstituttet	55
Fig II (Vedlegg). Konsentrasjon av klorerte hydrokarboner i torsk fra Frierfjorden, analysert av Veterinærinstituttet.	56
Fig. III (Vedlegg). Konsentrasjon av klorerte hydrokarboner i torsk fra Eidangerfjorden, analysert av Veterinærinstituttet.	57

TABELLFORTEGNELSE

	Side:	
Tab. 1.1	Overvåkingens innhold og omfang 1983-1989	13
Tab. 2.1	Hydrokjemisk måleprogram for Skienselva i 1983.	17
Tab. 2.2	Målinger av pH i 0,5 m og 2 m dyp på st. SB1 og S1 i 1983.	21
Tab. 5.1.	Blåskjellprøver samlet 9. november 1983 og analysert for PAH-innhold	30
Tab. 5.2	Tungmetallinnhold (mg/kg tørrvekt) i blåskjell fra Risøyodden (A6) 9. november 1983.	34
Tab. 6.1	Oversikt over analysedata for miljøgifter i torsk fra Frierfjorden.	35
Tab. 6.2	Utslipp (kg pr. år) av heksaklorbenzen (HCB) og oktaklorstyren (OCS) fra Porsgrunn Fabrikker i de fem siste årene.	38
Tab. 6.3	Antall analyserte fisk i de enkelte årsperioder og totalt, og standard avvik relativt til årsmiddel.	43
Tab. 6.4	Nødvendig antall fisk for en ny årsperiode for flere alternative krav til evne til å påvise forskjeller.	44
Tab. I	(Vedlegg). Polysykliske aromatiske hydrokarboner i blåskjell, 28.6.1983.	52
Tab. II	(Vedlegg). Polysykliske aromatiske hydrokarboner i blåskjell, 9.11.1983.	53
Tab. III	(Vedlegg). Miljøgifter i torsk ($\mu\text{g/g}$ våtvekt) fra Frierfjorden, oktober 1983.	58
Tab. IV	(Vedlegg). Miljøgifter i torsk ($\mu\text{g/g}$ våtvekt) fra Eidangerfjorden, oktober 1983.	60

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Vannkvaliteten i Skienselva i 1983 har neppe vært til hinder for lakseoppgangen. Tellinger i Klosterfoss tydet på god oppgang av laks. Vannføringen var imidlertid stor, og det er sannsynlig at mindre vannføring et annet år vil gi dårligere vannkvalitet. Undersøkelsene følges opp i 1984.

I indre Frierfjord var siktedypet i 1983 ikke signifikant forskjellig fra gjennomsnittet i de fem foregående år (1978-1982).

De hydrokjemiske resultatene fra mai-toktet viste at det hadde vært en begrenset vannutskiftning i Frierfjorden i løpet av vinteren. Den hadde bare i lite omfang berørt vannmassen nær bunnen. I november hadde dyppvannet vært stagnant siden mai 1981, med utvikling av hydrogensulfid siden november 1981.

I Langesundfjorden var det i november dårlige oksygenforhold (2,6 ml O₂/l) dypere enn ca. 90 m. Dette tilsvarte forholdene i november 1980 og oktober 1974.

Siden analysene av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell startet i 1980, har konsentrasjonene variert mellom 1 og 400 ganger en antatt "normalkonsentrasjon" på 0,5-1,0 mg/kg. I 1983 var konsentrasjonene 13-43 ganger høyere enn "normalkonsentrasjonen" 0,5 mg/kg tørrvekt. De store variasjonene umuliggjør noen vurdering av eventuelle utviklingstendenser. Resultatene fra 1983 bekrefter imidlertid at området tilføres betydelige mengder av PAH. Tilførslene bør reduseres. En egen problemundersøkelse av PAH anbefales.

I torsk fra Frierfjorden har kvikksølvinnholdet vært nokså konstant de 5-6 siste årene. Innholdet i muskel i fisk på 1 kg har ligget mellom 0,35 og 0,50 ppm.

For de klorerte hydrokarbonene heksaklorbenzen (HCB) og oktaklorstyren (OCS) var det en signifikant nedgang fra 1982 til 1983. Dette kan, i alle fall for HCB, ha sammenheng med forandringer i utslippsmengdene (jfr. tabell 6.2, s. 38).

1. INNLEDNING

Området

Overvåkingsområdet omfatter Skienselva sør for Skien, Gunnekleivfjorden og fjordene ut til og med Langesundbukta (fig.1.1). Skienselva har vanligvis et sjøvannslag under 3-4 m dyp. Gunnekleivfjorden har forbindelse med Skienselva og Frierfjorden via kanaler i henholdsvis nordvestre og sørøstre ende. De store ferskvannsmengdene som Skienselva tilfører fjordområdene (i middel 270 m^3 pr. sekund) gir en markert lagdeling av vannmassene, særlig i Frierfjorden. Brakkvannslaget tykkelse varierer her mellom 2 og 8 meter. Indre Frierfjord består av et basseng med største dyp på ca. 100 meter. Fjorden smalner av i sør og har forbindelse med de ytre fjordområdene gjennom Breviksundet. Terskelen ved Brevik har et største dyp på 23 meter. Den er et vesentlig hinder for utskiftning av dypvannet i Frierfjordbassenget. Utskiftning skjer med ett til tre års mellomrom, som regel tidlig på våren.

Brukerinteresser

Det meste av befolkningen i området er bosatt i Skien og Porsgrunn, hvor også det meste av industrien er konsentrert. I Bamble ligger store petrokjemiske industrianlegg. De indre delene av fjordsystemet brukes som resipienter for store og mangeartede utslipp.

Det fiskes mye i området utenfor Brevik, men i Frierfjorden har det høye innholdet av miljøgifter (kvikksølv og organiske forbindelser) begrenset bruken av fisken. Forurensningene har også innskrenket bruken av Frierfjorden som rekreasjonsområde. De ytre fjordområdene er fremdeles verdifulle rekreasjons- og fiskeområder og må søkes beskyttet mot forurensningspåvirkninger.

Forurensninger

De betydeligste forurensningene stammer fra industrielt avløpsvann, men også kommunalt avløpsvann spiller en betydelig rolle (fig. 1.2).

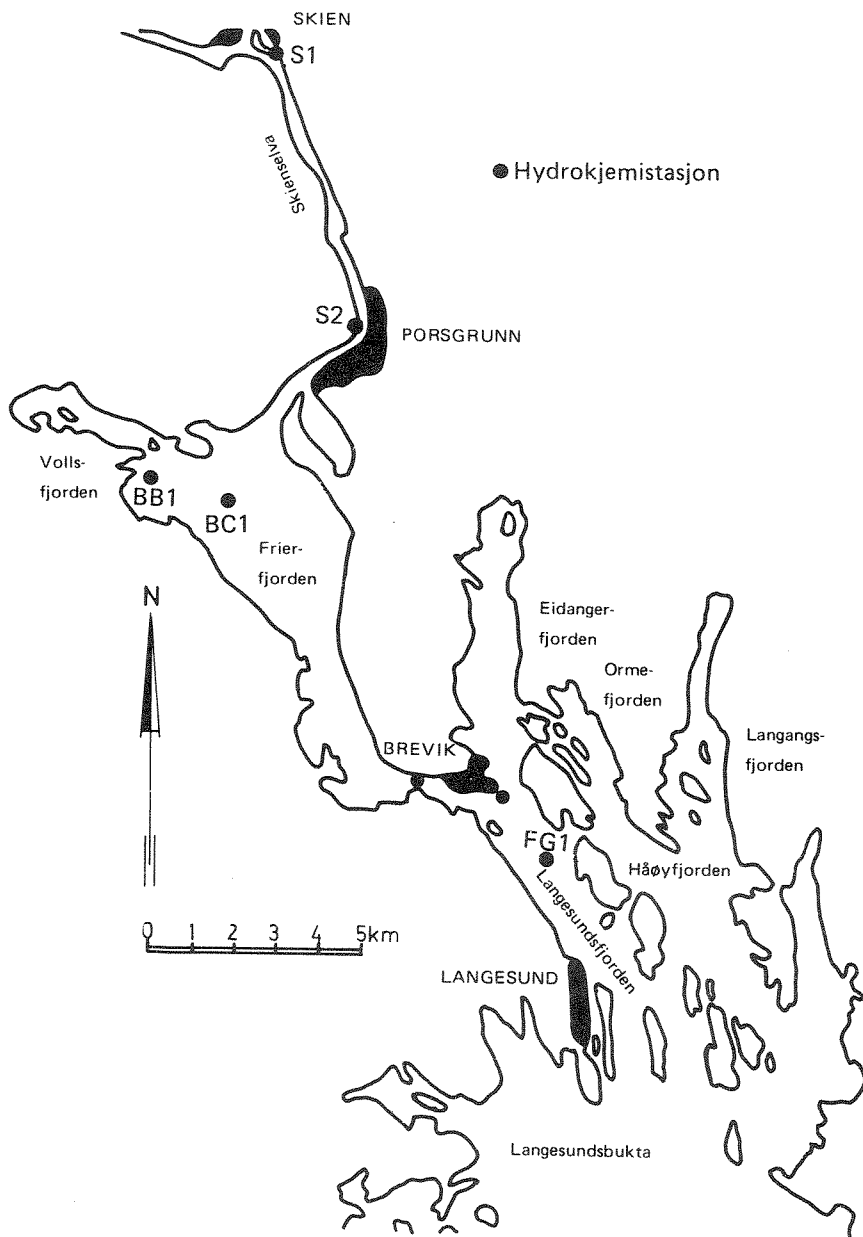


Fig. 1.1. Stasjoner for undersøkelser av vannutskiftning og vannkvalitet 1983.

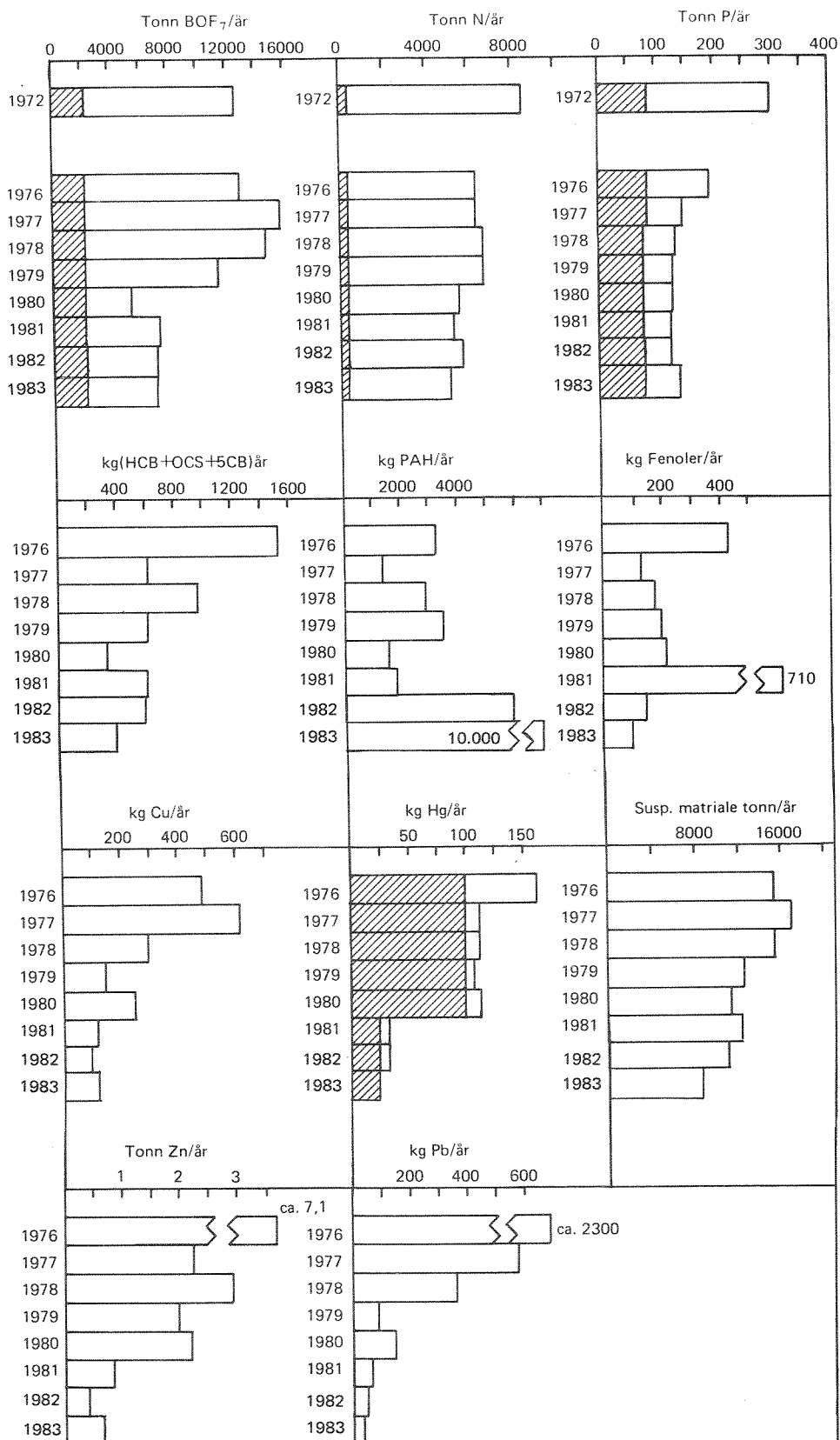


Fig. 1.2. Årsmidler av utslipp til Skienselva og Frierfjorden. For organisk stoff, nitrogen og fosfor er befolkningens bidrag angitt med skravur. For kvikksølv er tilførselen fra Gunnekleivfjorden angitt med skravur.

Treforedlingsindustrien er av spesielt stor betydning for belastningen med organisk materiale (150 000 p.e.). Utslippene bidrar til høyt oksygenforbruk og grumset vann. Også det kommunale avløpsvann bidrar med mye organisk stoff og næringsalter (80 000 p.e.). Lange perioder med råttent dypvann er vanlig i Frierfjorden. Undersøkelser av sedimenter har vist at vedvarende tilstander med råttent vann begynte å gjøre seg gjeldende for 100 år siden, dvs. samtidig med de store etableringer av industri og befolkning i området.

Fosfor- og nitrogenforbindelser tilføres hovedsakelig fra kunstgjødsel-fabrikken på Herøya (fosfor: 48 000 p.e.) og fra befolkning (80 000 p.e.). Nitrogenutslippene fra industrien er svært store (975 000 p.e.). Den hurtige uttransporten med brakkvannsstrømmen bidrar til eutrofieringssymptomer også utenfor Brevik.

Forurensningene med miljøgifter stammer hovedsakelig fra industri. Norsk Hydros magnesiumfabrikk på Herøya er den største kilden for klorerte organiske forbindelser. I de senere år er det foretatt effektive tiltak for å begrense utslippene. I 1983 var de på 0,4 tonn. Den betydelige kvikksølvforurensningen i området må nå hovedsakelig skyldes tidligere utslipp fra treforedlingsindustri og fra kloralkalifabrikken på Herøya og som er avleiret i sedimentene (Skienselva, Frierfjorden, Gunnekleivfjorden). Utslippsreduksjonene har ført til at de svært høye konsentrasjonene av miljøgifter som tidligere ble funnet i fisk, nå har sunket betydelig. Likevel er de ennå så høye at de begrenser anvendbarheten av fisk fra Frierfjorden. Elkem (PEA) har betydelige utslipp av polysykliske aromatiske hydrokarboner (10 tonn i 1983). PAH slippes også ut fra Tinfos Jernverk høyere opp i vassdraget.

De petrokjemiske anleggene i Bamble er pålagt å gjennomføre svært strenge tiltak for å hindre vannforurensning. De rutinemessige utslippene har siden 1979 stort sett ligget betydelig under konsesjonsgrensene. Den 21. desember forekom en lutlekkasje fra klorfabrikken på Rafnes. Ca. 100 tonn 50% lut rant i sjøen. Virkningen av en tilsvarende lekkasje i 1977 ble undersøkt av NIVA. Det ble da registrert akutte skadevirkninger på marin fauna innenfor et område på 50-100 m fra utslippet (Kirkerud & Molvær 1977).

Miljøgiftproblemene kan avta i tiden framover, men det avhenger ikke bare av ytterligere utslippsreduksjoner. Tidligere utslipp har ført til en opphoping, særlig i sedimentene. Diffus belastning kan derfor vedvare i lang tid ennå. Gjennom mudring av sterkt forurensede bunnmasser rundt havneanleggene og dumping av disse lenger ute i fjorden, vil f.eks. endel av disse forurensningene frigjøres. Undersøkelser i forbindelse med oppmudring omkring Herøya har imidlertid ikke påvist effekter av betydning (Gramme & Haver 1980).

Langtidsprogram

I langsiktige overvåkingsprogram i områder der det ikke skjer store og brå forandringer i forurensningspåvirkningene, kan overvåkingssyklusen utvides fra ett år til fem år eller mer. Innenfor hver flerårssyklus bør det meste av innsatsen konsentreres innenfor et begrenset tidsrom. Den konsentrerte innsatsen muliggjøres ved at lav aktivitet i mellomårene frigir midler og kapasitet.

For Grenlandsområdet følger programmet (Rygg 1983) en sju-års syklus, deri to-tre sammenhengende år med konsentrert innsats. En periode med lav innsats på de fleste elementene i programmet ble innledt fra og med 1983. Neste intensive periode bør komme omkring 1987, men må avpasses etter når forandringer i forurensningsbelastningen eventuelt skjer. Enkelte elementer beholder inntil videre omtrent samme innsats som tidligere, men eventuell nedtrapping vurderes årlig.

Tabell 1.1 viser overvåkingens innhold og omfang i en sju-års syklus.

Tabell 1.1. Overvåkingens innhold og omfang 1983-1989

	Hyppighet pr. intensivt år	Neste intensive periode (foreløpig forslag)
Skienselva	12	1983-inntil videre
Hydrografi/hydrokjemi i fjordene	15*	1987-89**
Miljøgifter i fisk	1	1983-inntil videre
PAH i blåskjell	2	1983-inntil videre
Sedimenter	1	1988
Fastsittende algesamfunn	1	1987-89
Hardbunnssamfunn, stereofoto	2	1987-89
Bløtbunnsfauna	1	1988

* Derav 6 dypvannstokt

** I årene i mellom perioden (1983-86) gjennomføres to hydrografitokt pr. år til stasjoner i Frierfjorden og Langesundsfjorden.

I 1983 har det vært lagt vekt på vannkvaliteten i Skienselva med tanke på konsekvenser for lakseoppgangen i elva. Det er undersøkt oksygenforhold i dypvannet i Frierfjorden og Langesundsfjorden i mai og november. Analyser av miljøgifter i blåskjell og fisk har fortsatt i samme omfang som tidligere. Det er foretatt en utvidet dataanalyse av miljøgifter i torsk.

2. VANNKVALITET OG LAKSEOPPGANG I SKIENSELVA

2.1 Bakgrunn og formål med undersøkelsene

For å øke lakseoppgangen i Skienselva er det bygget laksetrappert ved Klosterfoss og Damfoss ved Skien. På møtet den 8.2.83 i Kontaktutvalget for overvåking av Grenlandsfjordene og Skienselva ble det uttrykt bekymring for at vannkvaliteten i Skienselva periodevis kan være så dårlig at den er til hinder for laksens vandring opp elva. Man ble enig om at overvåkingsprogrammet i Skienselva skulle ta sikte på å klarlegge om så var tilfelle.

2.2 Undersøkelserprogrammet

Etter drøftinger med SFT, fiserikonsulent T. Kildal i Telemark fylke og laboratorieleder A. Kjellsen ved Vannlaboratoriet i Telemark, utarbeidet NIVA et prøveinnsamlingsprogram (Molvær, 1983). I programmet inngikk hyppige hydrokjemiske målinger på tre stasjoner, samt systematiske fisketellinger i de to laksetrappene ved Klosterfoss og Damfoss. De to øverste stasjonene er vist på fig. 2.1.

De hydrokjemiske målingene begynte 29. april. Feltarbeid og en stor del av analysene ble utført av Vannlaboratoriet i Telemark.

Stor vannføring i Skienselva fram til midten av juni (se fig. 2.2), gjorde at prøveinnsamling i dette tidsrommet ble mindre aktuelt. Manglende arbeidskapasitet hos Vannlaboratoriet gjorde at prøveinnsamlingen deretter ikke helt kunne følges opp. Totalt sett ble det derfor innsamlet betydelig færre prøver (40-60%) enn opprinnelig planlagt.

Prøver ble innsamlet på følgende tidspunkt:

29. april	17. juli	30. august
21. juni	29. juli	
30. juni	3. august	

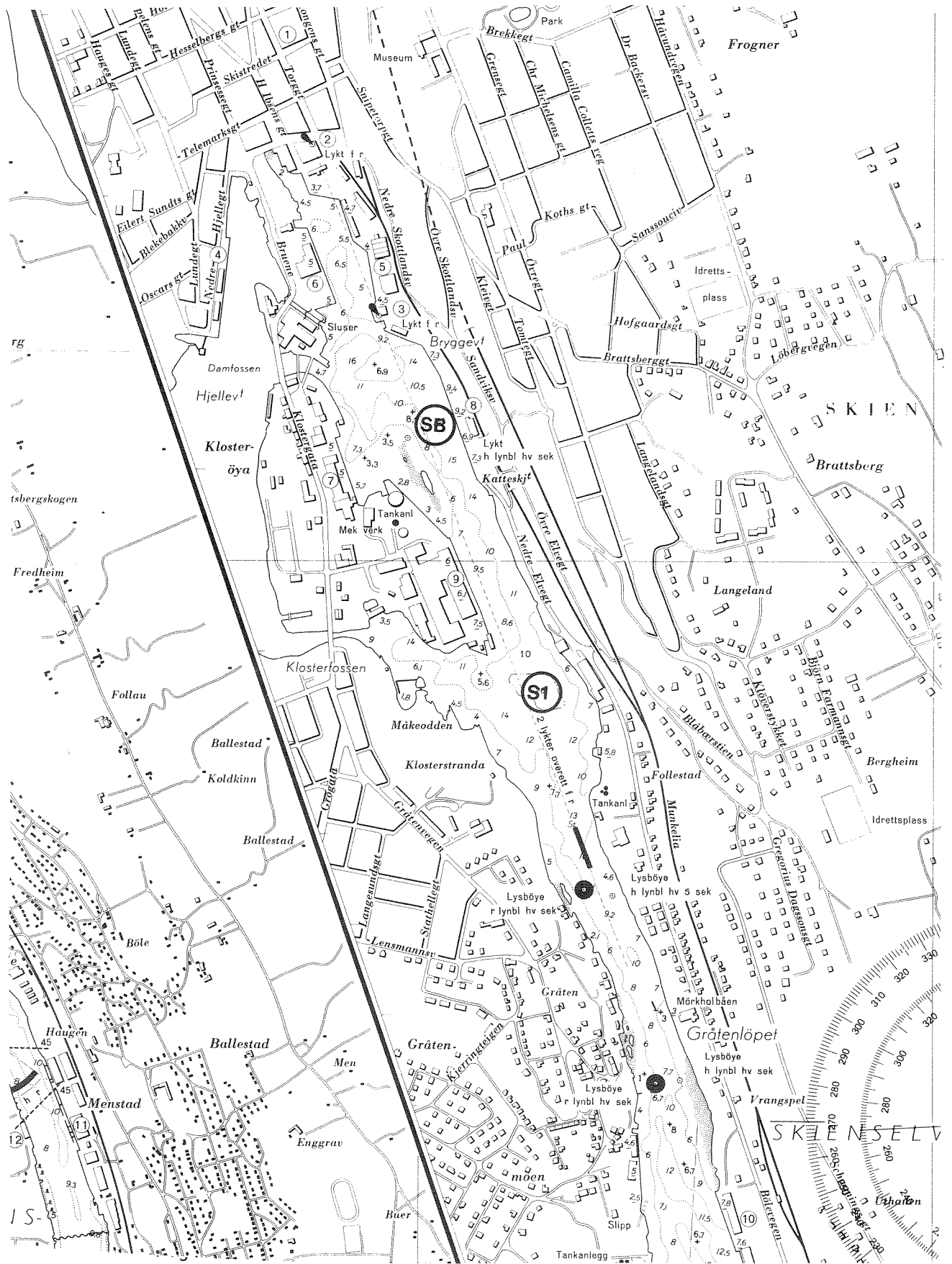


Fig. 2.1 Stasjon S1 og SB i Skienselva

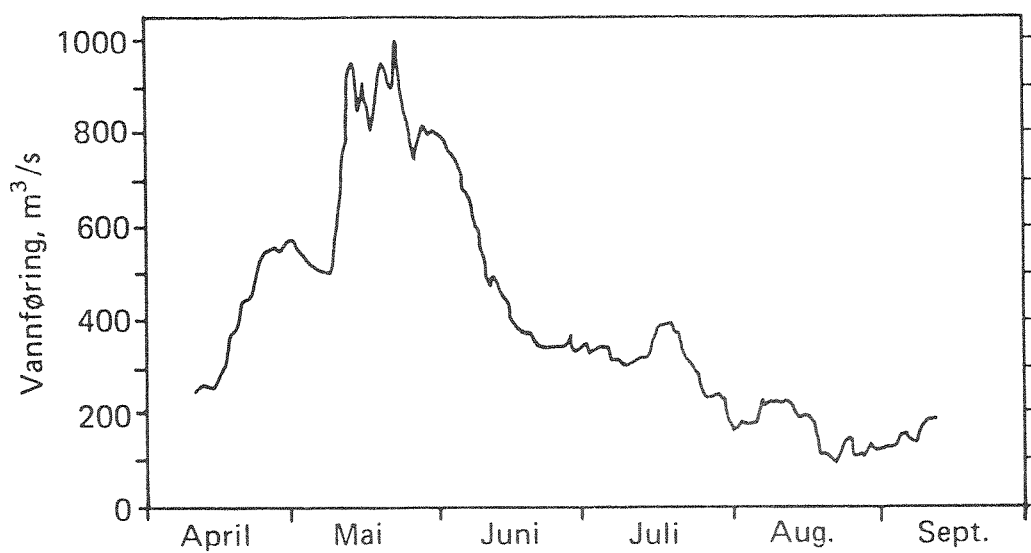


Fig. 2.2 Vannføring ved Skotfoss april-september 1983.

Tabell 2.1 viser måle- og analyseprogrammet.

Tabell 2.1 Hydrokjemisk måleprogram for Skienselva i 1983.

Stasjon	Prøver fra	Antall serier	Parametre og antall prøver pr. serie								
			Temp.	Salt.	Oksygen/ H ₂ S	pH	Tot-P	Tot-N	TOC	STS	Siktedyp
S B	Overflatelag	15	2	2	2	2	1	<u>1</u>	1	2	Alle stasjoner
	Dypvann	10	4	4	4						
S <u>1</u>	Overflatelag	15	2	2	2	2	1	1	<u>1</u>	2	
	Dypvann	10	4	4	4						
S 2	Overflatelag	10	1	1		1	1	1			

2.3 Resultater

Drøftelsen av resultatene blir knyttet til spørsmålet om negative effekter på lakseoppgangen. Bare i liten grad vil vi gå inn på årsakene til variasjoner i konsentrasjonene.

De to faktorene som betyr mest for vannkvaliteten i Skienselva er vannføringen (fortynningen) og størrelsen av utslippene.

Vannføring

I 1983 var vårflommen uvanlig stor og langvarig. Som fig. 2.2 viser ble 400 m³/s passert ved Skotfoss Bruk allerede 20. april, kulminerte med ca. 1000 m³/s den 23. mai, og kom under 400 m³/s først 23. juli. Til sammenligning kan nevnes at 719 m³/s var høyeste vannføring som i tidsrommet 1972-82 ble målt ved Skotfoss Bruk under vårflommen.

Utslipp

Noen detaljert beregning av belastningen av fosfor, nitrogen, organisk stoff og suspendert materiale er ikke utført. Hovedkildene antas å være kommunalt avløpsvann og utslipp fra Union Bruk. Utslippene av kommunalt avløpsvann til havnebassenget er av størrelsesorden 9000 p.e. (opplys. fra Miljøvernavdelingen, Telemark fylke), og vil variere forholdsvis lite med

tiden. Etter opplysninger fra SFT, Skien, tilsvarte midlere utslipp fra Union Bruk i 1983 ca. 7800 p.e. som fosfor, 8400 p.e. som nitrogen, samt 19.9 tonn/døgn av suspendert materiale. I tillegg kommer oksygenforbruk på 85200 kg O/døgn som KOF og 9600 kg O/døgn som BOF₇. Utslippene varierer med tiden. Spesielt nevnes at utslippene var stoppet under fellesferien i tidsrommet 17. juli - 6. august.

Oksygenforhold

Generelt bør oksygenkonsentrasjonene i vannmassen ikke være lavere enn ca. 3,5 ml O₂/l (5 mg O₂/l) under oppvandring av laks (Grande 1980).

Oksygenforholdene på st. SB og st. S1 er vist på fig. 2.3-2.4. Det er ikke tatt prøver mellom overflaten og 2 m dyp, men det er ingen grunn til å tro at oksygenforholdene der er dårligere enn dypere nede i vannmassen. Konklusjonen må derfor bli at målingene sommeren 1983 viste tilfredsstillende oksygenforhold ned til 4 m dyp både nedenfor Damfoss (st. SB) og nedenfor Klosterfoss (st. S1).

Forverringen av oksygenforholdene i dypvannet i slutten av juli skyldes at vannføringen hadde avtatt. Sjøvannskilen kunne på nytt trenge opp til stasjonene (fig. 2.5) og vannutskiftningen ble dårligere under 5-8 m dyp. Temperaturen var økt fra ca. 10°C i slutten av juni til 14-15°C fra midten av juli, noe som også har bidratt til økt oksygenforbruk. Det er verdt å merke seg at utslippene fra Union Bruk var stoppet i tidsrommet 17.7 - 6.8.83 på grunn av fellesferie.

Etter ca. 28. juli var således oksygenforholdene dypere enn 5-6 m ugunstige for laksefisk.

pH

Målinger ble utført i 0,5 m og 2 m dyp på st. SB og st. S1. Resultatene er oppsummert i tabell 2.2.

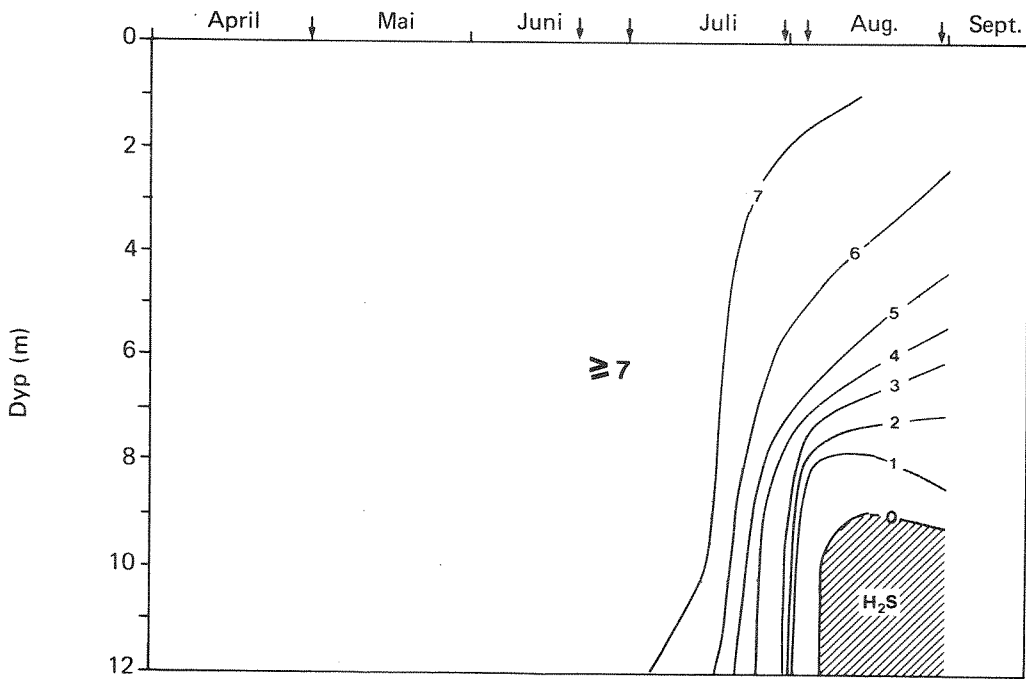


Fig. 2.3 Oksygenforhold (ml O₂/l) på st. SB april-sept. 1983. Piler angir tidspunkt for prøveinnsamling.

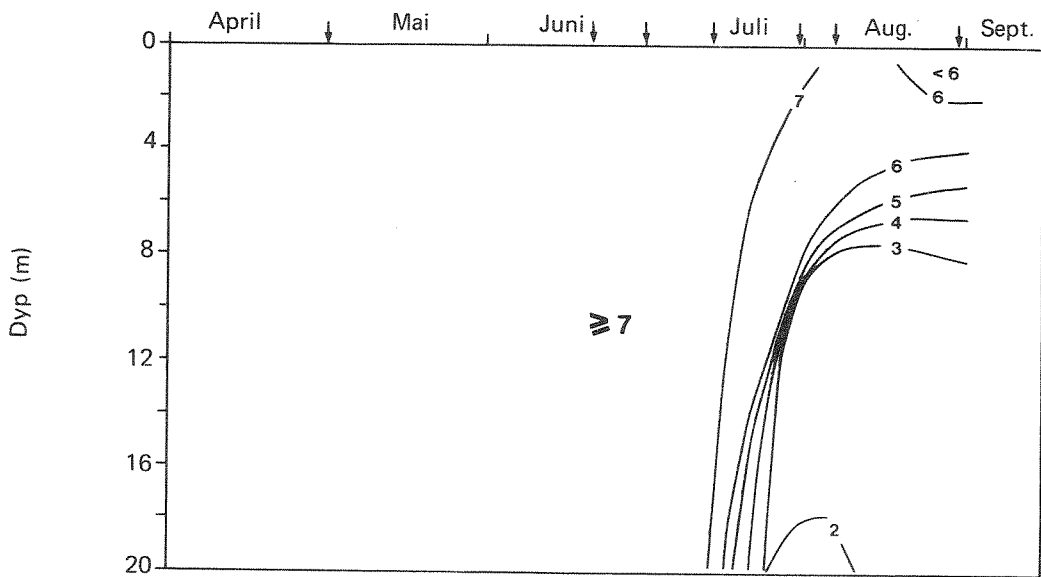


Fig. 2.4 Oksygenforhold (ml O₂/l) på st. S1 april-sept. 1983. Piler angir tidspunkt for prøveinnsamling.

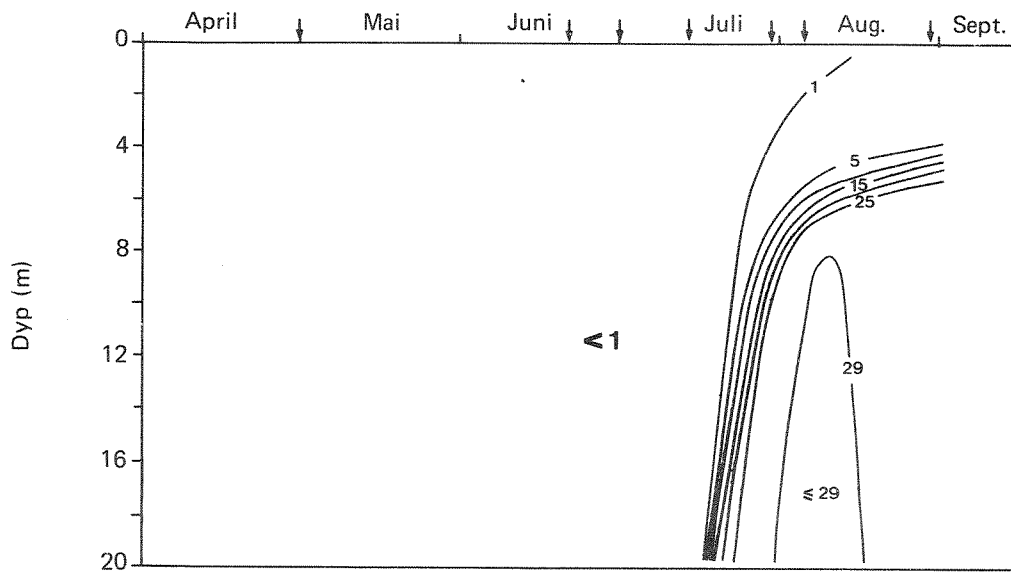


Fig. 2.5 Saltholdighet (‰) på st. S1 april-sept. 1983. Piler angir tidspunkt for prøveinnsamling.

Tabell 2.2. Målinger av pH i 0,5 m og 2 m dyp på st. SB og S1 i 1983.

	Stasjon SB	Stasjon S1
Antall målinger	14	14
Aritmetisk middel	6,28	6,14
Standardavvik	0,40	0,37
Minimum	5,50	5,34
Maksimum	6,95	6,80

Med hensyn til effekter på laksefisk støtter vi oss til Grande (1980) som angir at pH i området 5,0-6,0 "Sannsynligvis ikke (er) skadelig for noen art med mindre konsentrasjonene av karbondioksyd overstiger 20 mg/l eller vannet inneholder jernsalter som felles ut som jernhydroksyd". Konsentrasjonen av CO₂ og jernsalter er ikke kjent, men det synes lite sannsynlig at de kan bidra til å skape problemer. Imidlertid gir resultatene grunn til å fortsette måleprogrammet.

Fosfor og nitrogen

Resultatene fremgår av fig. 2.6. Fosforkonsentrasjonene på begge stasjoner viser tendens til økning med avtakende vannføring. Minimumet 29. juli kan muligens skyldes reduserte utslipp fra Union Bruk (fellesferie), uten at dette er sikkert.

For nitrogen var nivåene etter 13. juli lavere enn ved de foregående prøveseriene. Dette kan dels ha sammenheng med fellesferien ved Union.

Suspendert materiale

I følge EIFAC (1964) er det ikke sannsynlig at konsentrasjoner av suspendert materiale under 25 mg/l har noen skadelig effekt overfor ferskvannsfisk. Den høyeste konsentrasjon som ble målt i 1983 var ca. 5 mg/l, fig. 2.6.

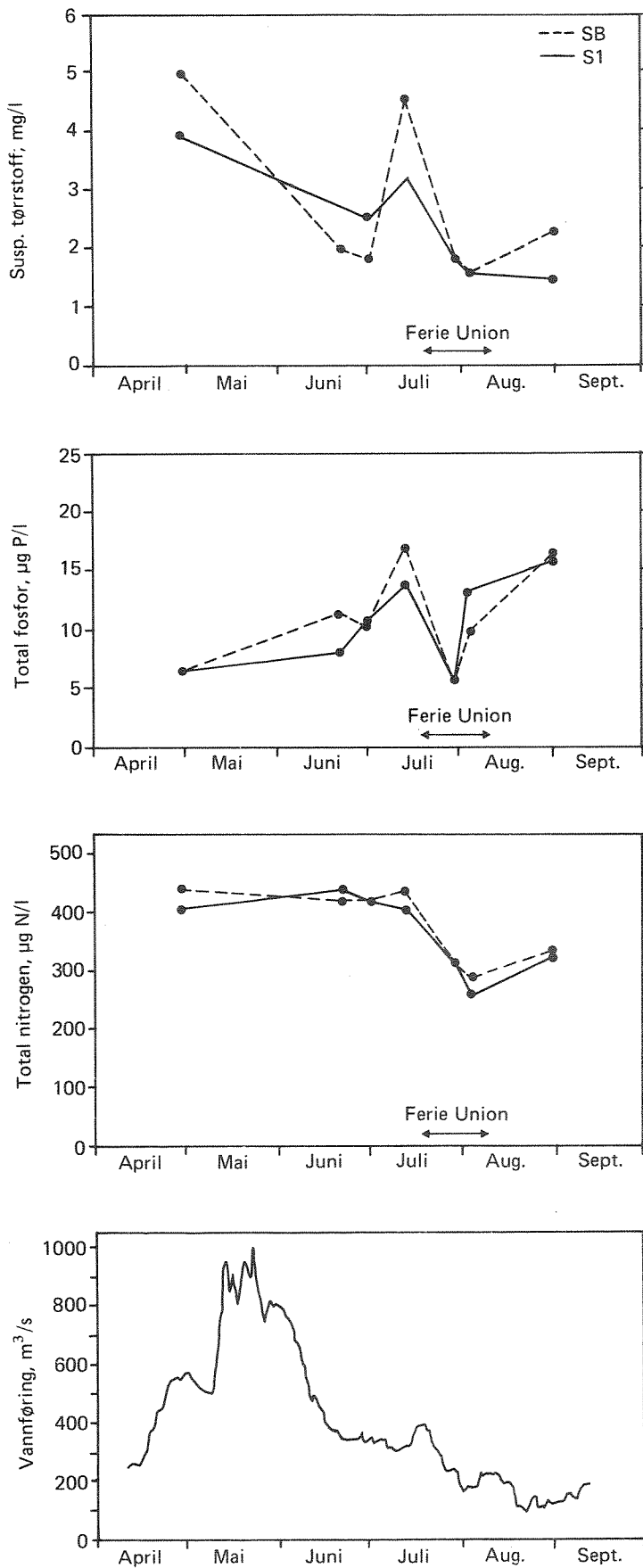


Fig. 2.6. Målinger av suspendert tørrstoff, total fosfor og total nitrogen i 2 m dyp på st. SB og st. S1. Vannføring målt ved Skotfoss.

Lakseoppgang i 1983

Telling av laks på vei opp vassdraget ble i 1983 gjennomført av Fiskeri-konsulent T. Kildal ved fylkets miljøvernavdeling og Grenland Sportsfiskerforening. Planen var å telle fisk i trappene ved Klosterfoss, Damfoss og Skotfoss, men praktiske vanskeligheter gjorde at tellingen ved Damfoss måtte oppgis. Telling to ganger ukentlig ved Klosterfoss begynte 7. juli og ble avsluttet i oktober. Etter 16. september ble det ikke registrert laks, bare sjøaure.

Kildal har oppsummert resultatene i et notat (Kildal 1984). Han oppgir at 186 laks ble registrert ved Klosterfoss, og at det totale antall sannsynligvis var 500-600 laks. Kildal (pers. medd.) har videre opplyst at 1983 sannsynligvis var et år med god lakseoppgang.

2.4 Konklusjon

Målingene i 1983 har ikke gitt holdepunkt for å påstå at vannkvaliteten nedenfor laksetrappene har vært til hinder for lakseoppgangen. Tellinger i Klosterfoss tyder på god oppgang av laks. Vannføringen helt fram til siste halvdel av juli var imidlertid uvanlig stor, og det er sannsynlig at mindre vannføring et annet år vil gi dårligere vannkvalitet. Undersøkelsene følges opp i 1984.

3. SIKTEDYPMALINGER I FRIERFJORDEN

På st. BC1 i Frierfjorden er siktedypet målt jevnlig siden mars 1974. Spesielt god er dataserien fra august 1976 da Porsgrunn Havnevesen begynte å måle 3-5 ganger pr. måned.

For sammenligning med 1983-målingene har vi betraktet tidsrommet 1978-82. Dette tidsrommet er valgt fordi siktedypet endret seg litt i de foregående år (Green et al. 1979). Midlere siktedyp for hver av årets måneder er beregnet ut fra denne 5-års serien og plottet i fig. 3.1, sammen med månedsmidler for 1983. Vi kan ikke vise statistisk at siktedypet i 1983 har endret seg i forhold til de 5 foregående år (t-test), selv om det midt-sommers og vinterstid var noe bedre enn "normalt".

Fig. 3.2 viser en kumulativ sannsynlighetsfordeling for siktedypet over samme tidsrom (1978-83). Variasjonene er små, ca. 65% av verdiene ligger i intervallet 3-4 m.

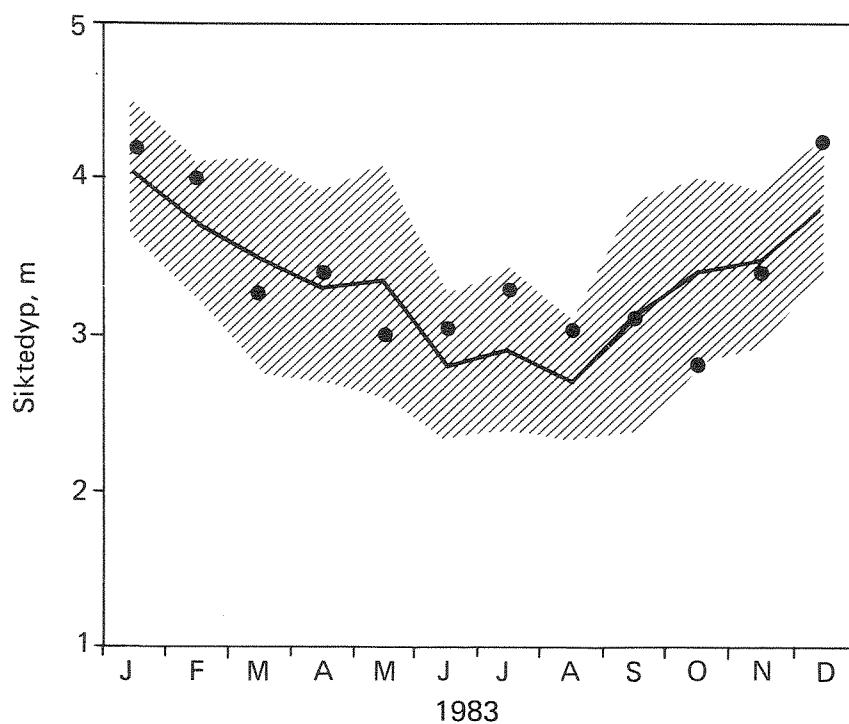


Fig. 3.1 Målinger av siktedyp på st. BC1, Frierfjorden. Midlere siktedyp for hver måned i 1983 (n = 3-5) plottet sammen med midlere månedlig siktedyp for tidsrommet 1978-82. Ett standardavvik på begge sider av verdiene for 1978-82 er angitt med skravur.

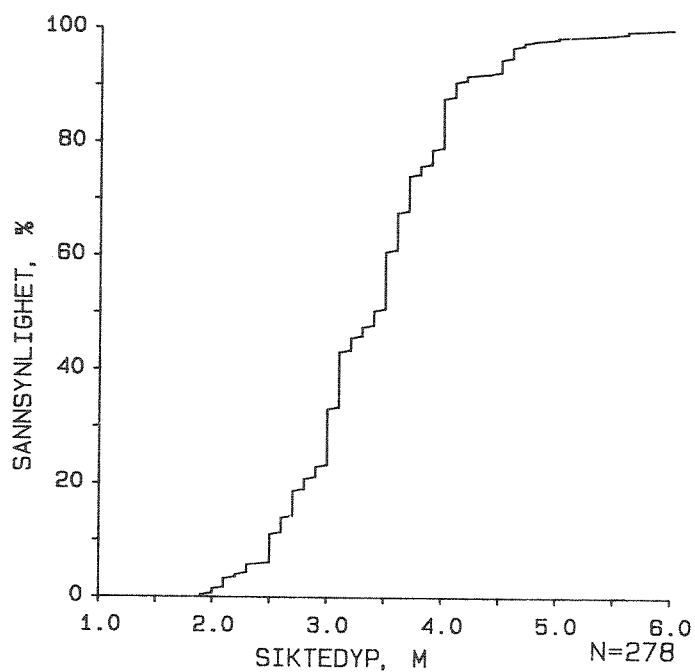


Fig. 3.2 Kumulativ sannsynlighetsfordeling for siktedyp på st. BC1, Frierfjorden.

4. OKSYGENFORHOLDENE I FRIERFJORDEN OG LANGESUNDFJORDEN

Den 2. mai og 28. november 1983 ble temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold målt fra overflate til bunn på st. B61 og st. B01 i Frierfjorden og st. FG1 i Langesundsfjorden. Hensikten med målingene i mai var å undersøke om det hadde skjedd en dypvannsutskiftning i Frierfjorden i løpet vinter-vår. I november var hensikten primært å observere oksygenforholdene i Langesundsfjorden mot slutten av en stagnasjonsperiode.

Resultatene av målingene er vist i fig. 4.1-4.2. I desember 1982 var det hydrogensulfid fra ca. 55 m dyp i Frierfjorden, og resultatene fra mai 1983 viser altså litt bedre forhold. Dette skyldes en mindre vannutskiftning i løpet av vinteren. Et TS-diagram (fig. 4.3) viser at utskiftningen har vært nokså omfattende ned til ca. 70 m dyp, men bare i mindre omfang berørt vannmassen dypere nede.

I november var oksygenforholdene i Frierfjorden dårligere enn om våren, noe som er en vanlig situasjon. Det er verdt å merke seg at oksygenforholdene må betegnes som kritiske ($< 2 \text{ ml O}_2/\text{l}$) i hele vannmassen under ca. 40 m dyp. På dette tidspunktet hadde fjordens dypvann vært overveiende stagnant helt siden mai 1981, med utvikling av hydrogensulfid siden november 1981. Dette er den lengste stagnasjonsperioden som hittil er observert i Frierfjorden.

I Langesundsfjorden var det i november dårlige oksygenforhold ($2,6 \text{ ml O}_2/\text{l}$) under ca. 90 m dyp, fig. 4.2 og fig. 4.4. Dette tilsvarer forholdene i november 1980 ($2,5 \text{ ml O}_2/\text{l}$), og oktober 1974 ($2,7 \text{ ml O}_2/\text{l}$). Beregninger av oksygenforbruket nær bunnen på denne stasjonen tyder på at dette ikke har endret seg vesentlig over de siste 10 år (Rygg et al. 1983). Under de nåværende belastningsforhold er det derfor stadig tidspunkt og omfang av vannutskiftningen om høsten som avgjør graden av oksygenproblem i Langesundsfjorden.

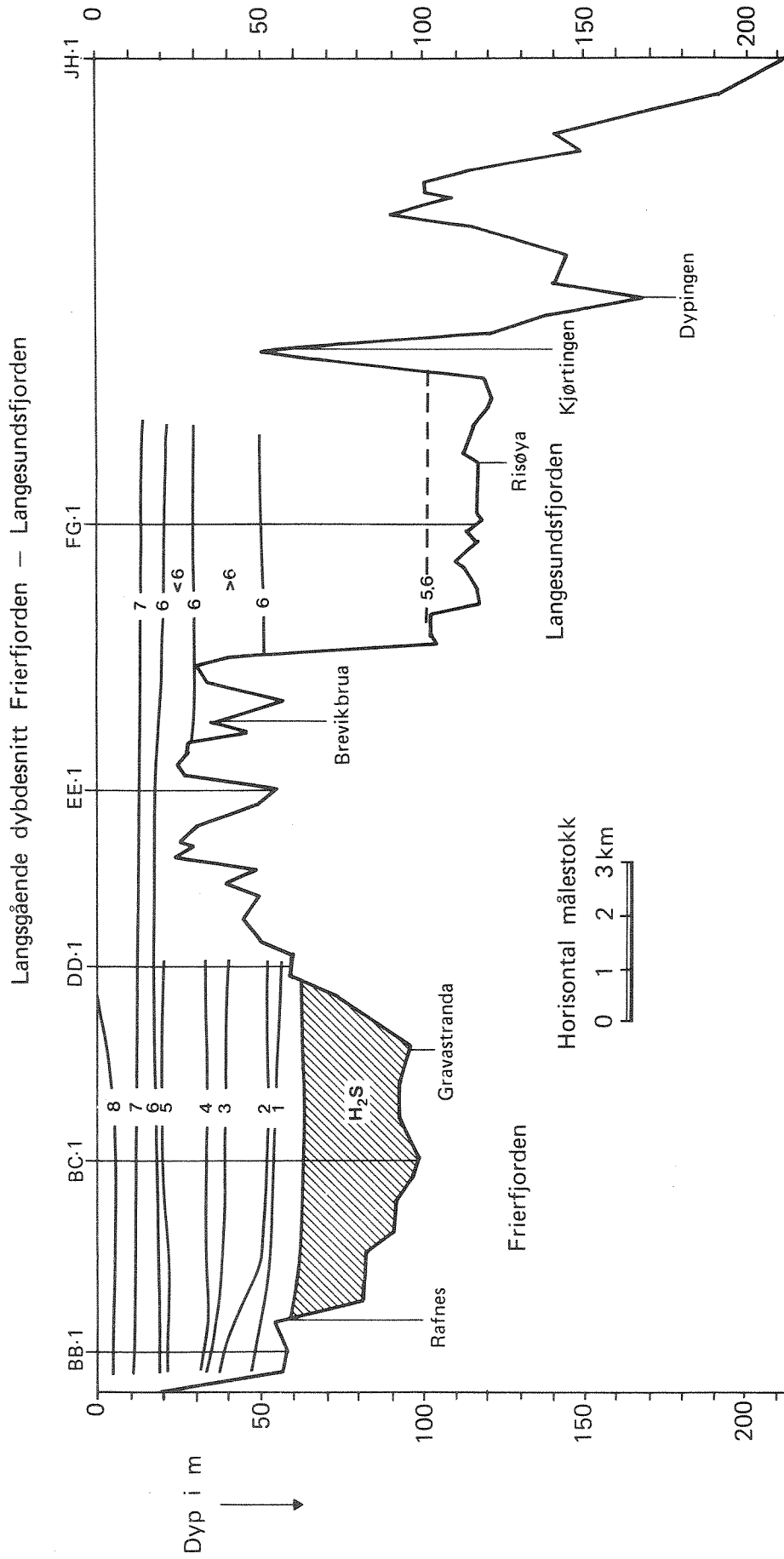


Fig. 4.1 Oksygenforhold i Frierfjorden og Langesundsfjorden 2. mai 1983.

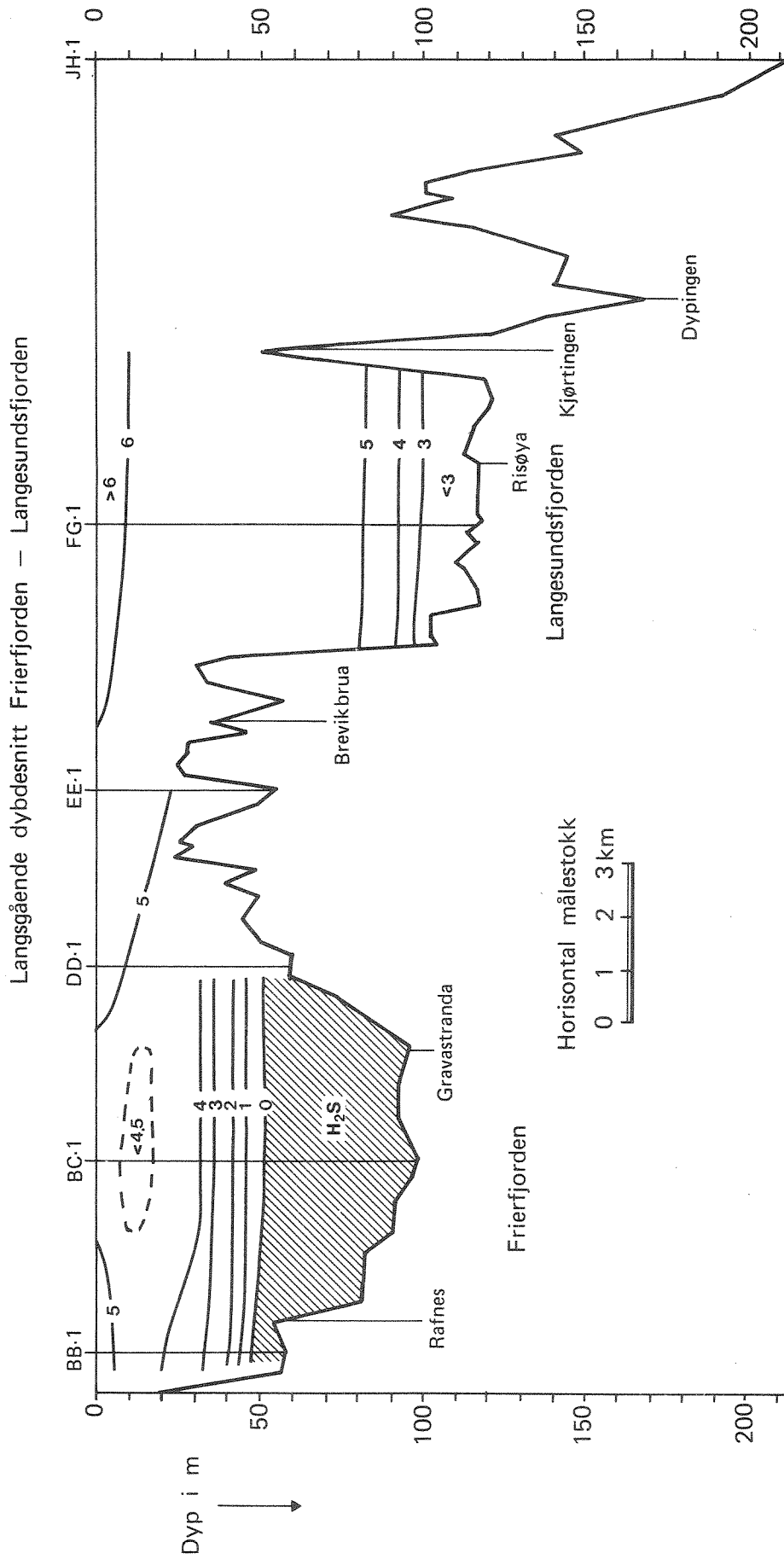


Fig. 4.2 Oksygenforhold i Frierfjorden og Langesundsfjorden 28. november 1983.

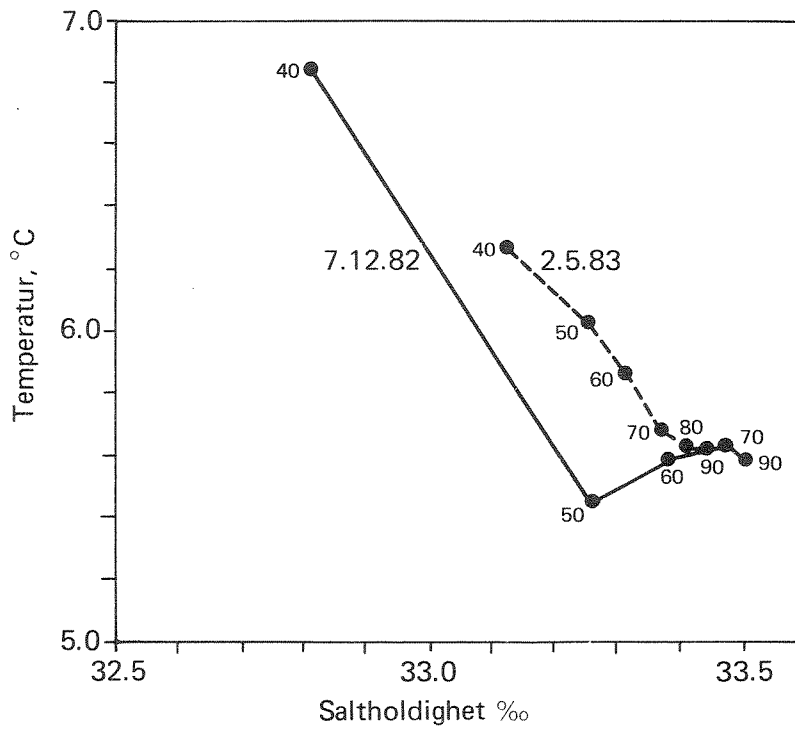


Fig. 4.3 TS-diagram for st. BC1 for 7.12.1982 og 2.5.1983

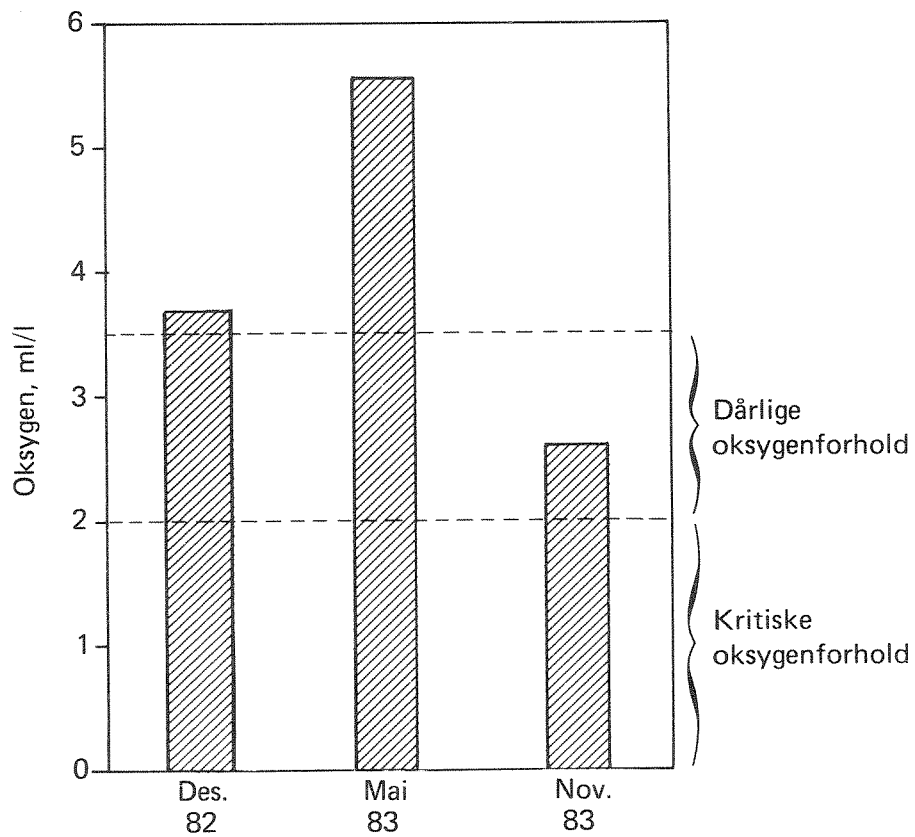


Fig. 4.4 Oksygenkonsentrasjoner i 105m dyp på st. FG1 i desember 1982, mai 1983 og november 1983.

5. MILJØGIFTER I BLASKJELL

Blåskjell for analyse av innhold av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) ble samlet inn 28. juni og 9. november 1983. Prøvene ble tatt på følgende stasjoner (figur 5.1).

- A 15 Saltbua, Frierfjorden (bare den 9. november)
- A 9 Øya, Brevik
- A 6 Risøyodden, Langesundsfjorden
- A 3 Båteberget, Helgerofjorden

Analysene er foretatt ved NIVA med samme metode som tidligere: gasskromatografi med glasskapillarkolonne og flammeionisasjonsdetektor.

Skjellene som ble samlet i november ble holdt i akvarier i noen timer for å gå seg rene. Bestemte størrelsesgrupper ble sortert ut for analyse. Denne framgangsmåten antas å gi jevnere og mer sammenlignbare resultater. Der det var mulig, ble størrelsesgruppen 4-5 cm valgt (tabell 5.1).

Tabell 5.1. Blåskjellprøver samlet 9. november 1983 og analysert for PAH-innhold.

Stasjon	Antall skjell	Skjellenes lengde (cm)
A 15	14	5 - 7
A 9	52	4 - 5
A 6	50	4 - 5
A 3	58	4 - 5

Rådata fra 1983-registreringene finnes i tabell I-II, Vedlegg, og summen av PAH og kreftfremkallende PAH-forbindelser innen gruppen KPAH ¹⁾ er stilt sammen med data fra og med 1980 i fig. 5.2. Stasjonene B 4 og A 6 ligger nær hverandre og omtrent like langt fra den antatte hovedkilde for PAH (PEA i Porsgrunn) og derfor må antas sammenlignbare mht. belastning).

1)

KPAH er summen av moderat til sterkt kreftfremkallende PAH i henhold til U.S. National Academy of Science (NAS, 1972). De aktuelle stoffene er merket * i vedleggstabell.

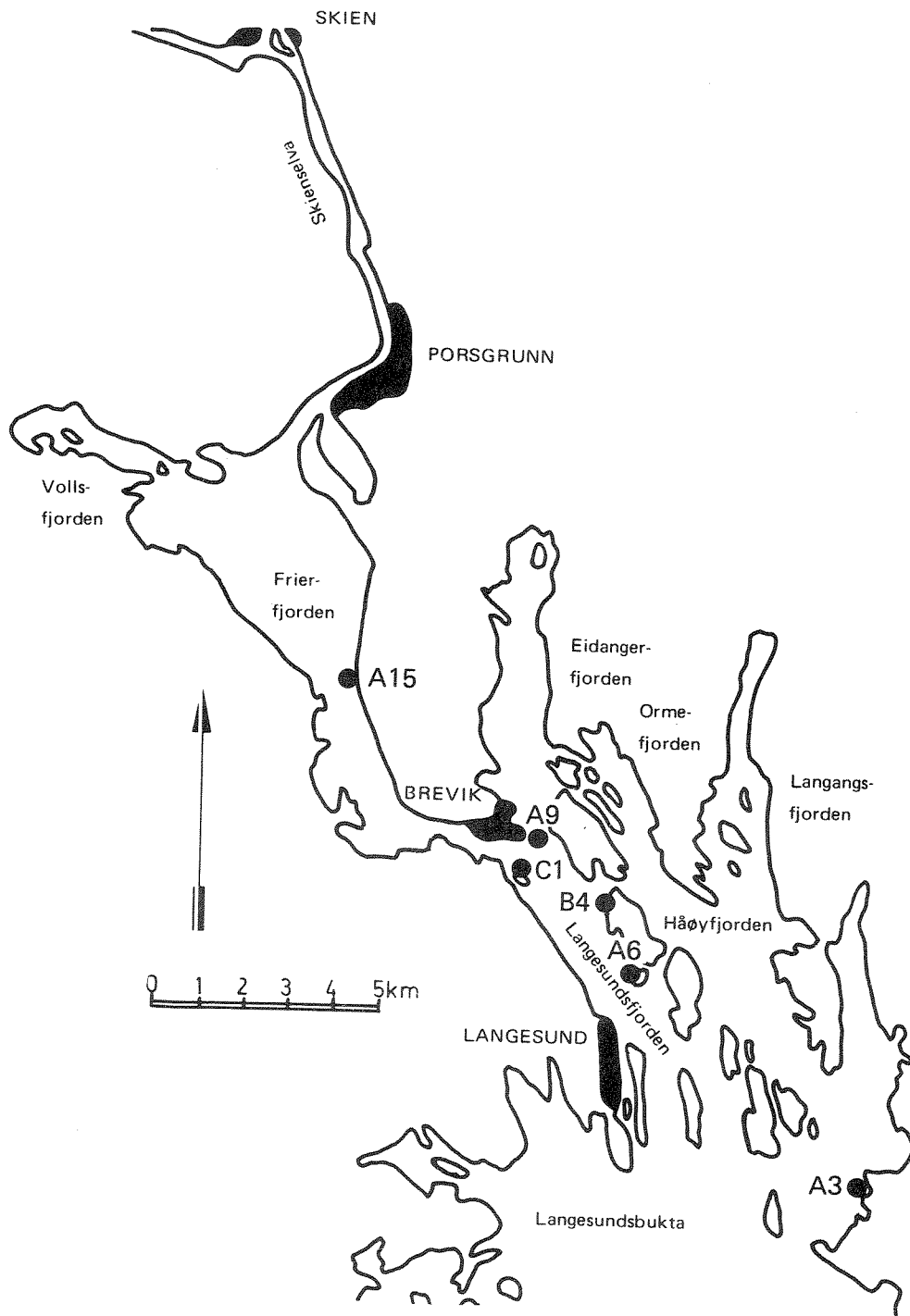


Fig. 5.1 Stasjoner for innsamling av blåskjell

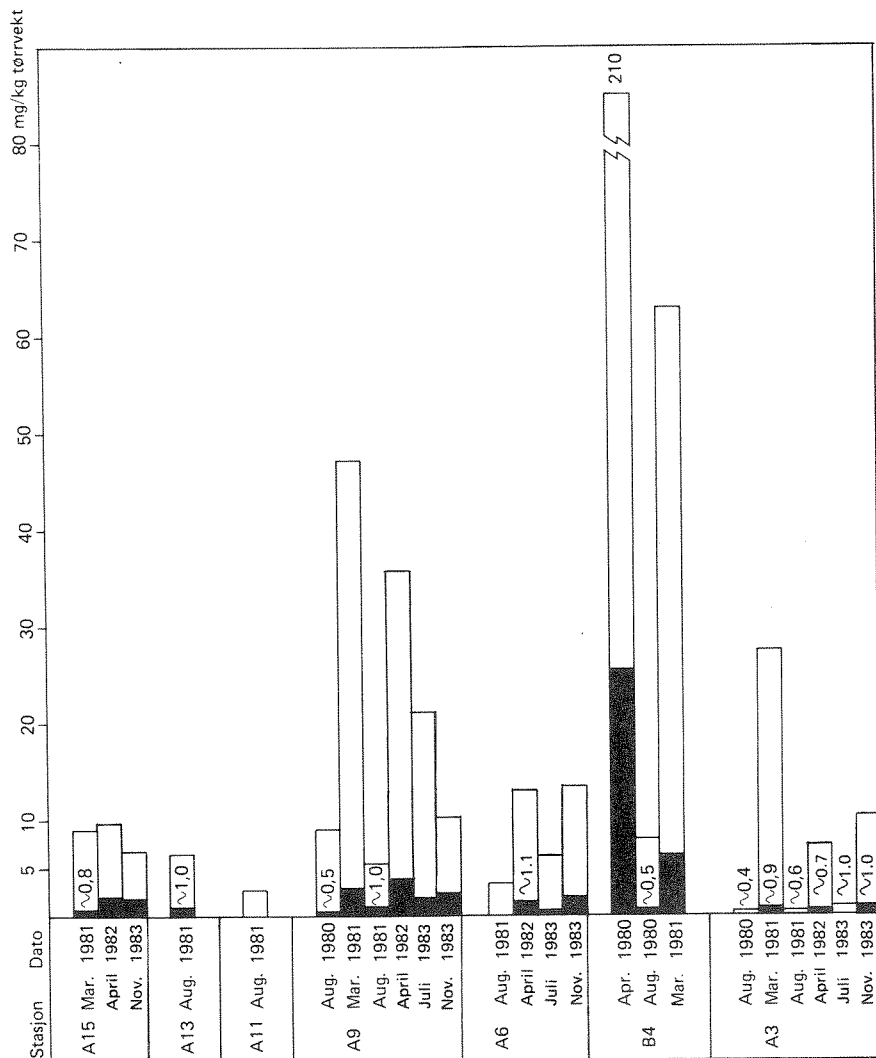


Fig. 5.2 Konsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og potensielt kreftfremkallende komponenter av PAH (svarte søyler) i blåskjell fra Grenlandsfjordene 1980-83, mg/kg tørrvekt.

Det er konstatert høye PAH-konsentrasjoner i blåskjell fra alle lokalitetene, men høyest i Brevik-Langesund-området (A9, A6 og B4). Siden undersøkelsene startet i 1980 har konsentrasjonene variert mellom 1 og 400 ganger en antatt "normalkonsentrasjon" på 0,5 - 1,0 mg/kg (Knutzen & Sortland 1982).

De store variasjonene fra tidligere (1980-82) og den lave observasjonshyp-pighet umuliggjør noen vurdering av eventuelle utviklingstendenser og en nærmere karakteristikk av de "midlere" forhold i de undersøkte områder. 1983-resultatene bekrefter imidlertid at betydelige PAH-mengder tilføres denne kyststrekningen og spres over lange strekninger. Dette er en gjengs erfaring fra andre områder som belastes med PAH i tilsvarende mengde som den PEA gir opphav til (f.eks. Vefsnfjorden og Ranafjorden) (Knutzen 1981, 1984).

På denne bakgrunn gjentas anbefalingen om en egen problemundersøkelse av PAH. Samtidig bør PAH-utslippene fra PEA måles hyppigere, slik at det blir bedre grunnlag for å kvantifisere belastningen. På grunnlag av siste års analyser (3 stk.) av avløpsvannet ble PAH-utslippet beregnet til 10 tonn pr. år, mot 1-2 tonn pr. år ifølge 1980-81 målingene og 6 tonn ifølge 1982-målingene. Siden PAH-dannelsen kan variere med produksjonsmessige forhold på smelteverket, bør denne kartleggingen ha et omfang som muliggjør å fange opp eventuelle variasjoner i utslippene, dvs. betydelig flere enn 3 analyser pr. år.

PAH-innholdet i blåskjell reiser hygieniske spørsmål som helsemyndighetene har under vurdering. Området utenfor Frierfjorden tilføres fremdelse også andre, potensielt helseskadelige stoffer (klorerte hydrokarboner, kvikksølv).

Selv om utslippene av heksaklorbenzen (HCB) etc. er blitt sterkt redusert, er det fremdeles betydelige overkonsentrasjoner av HCB i blåskjell fra Brevikfjorden. Blåskjell fra Croftholmen (C1, fig. 5.1), samlet og analysert av Norsk Hydro i 1983, inneholdt 0,3-1 mg HCB/kg tørrvekt fram til september. Fra september og ut året var innholdet 0,16-0,29 mg/kg (Haver 1984). Tilnærmet "bakgrunnskonsentrasjon" av HCB i brakkvannspregete om-

råder uten nærliggende punktkilder er fra mindre enn 0,05 til 0,025 mg/kg tørrvekt (Knutzen & Kirkerud 1984).

Innenfor overvåkingsprosjektet for ytre Oslofjord (Joint Monitoring Group) er det analysert tungmetallinnhold i blåskjell fra Risøyodden (A6), samlet 9. november 1983 (tabell 5.2). Konsentrasjonene av de sju metallene som ble analysert lå alle innenfor normale intervaller i lite til moderat belastete områder (Knutzen 1983).

Tabell 5.2. Tungmetallinnhold (mg/kg tørrvekt) i blåskjell fra Risøyodden (A6) 9. november 1983 (Kirkerud, upubl.)

Skjellenes lengde	Kopper	Kadmium	Bly	Sink	Mangan	Nikkel	Kvikksølv
2-3 cm	9,4	2,3	2,3	141	47	3,1	0,37
3-4 cm	8,0	2,6	1,9	114	11	1,9	0,40
4-5 cm	7,3	2,4	2,3	116	7,5	1,8	0,36

6. MILJØGIFTER I FISK

I oktober 1983 ble det samlet 46 torsk fra Frierfjorden og 17 torsk fra Eidangerfjorden. Muskel og lever ble undersøkt for henholdsvis kvikksølv og persistente klorerte hydrokarboner av Veterinærinstituttet. Det ble ikke tatt ut lever fra fem av fiskene. Veterinærinstituttets resultater og diskusjon er tatt med som vedlegg i denne rapporten.

Vi har gjort en statistisk analyse av både 1983-dataene og resultater fra tidligere år. Data fra Veterinærinstituttet, Veterinærhøgskolen, Fiskeridirektoratet og Norsk Hydro er slått sammen og behandlet under ett. Dataene er tatt fra: Bøe (1979, 1980, 1981, 1982, 1984), Bøe & al. (1978), Haver (1983), Knutzen & al. (1982, 1983) og Underdal & al. (1981).

6.1 Data-materialet

Det foreligger data for ialt 513 torsk fra Frierfjorden, fanget inn i årene 1968 til 1983.

Tabell 6.1 viser hvilke data som er brukt. For endel fisk mangler noen av opplysningene.

Tabell 6.1. Oversikt over analysedata for miljøgifter i torsk fra Frierfjorden
(HCB = heksaklorbenzen, OCS = oktaklorstyren, Hg = kvikksølv)

Variabel:	Antall fisk med verdi på denne variabelen:
Dato	513
Lengde	103
Vekt	508
Alder	23
HCB i lever	383 (fra og med 1975)
OCS i lever	383 (fra og med 1975)
Hg i filét	509 (fra og med 1968)

I tillegg finnes en del data for dekalorbifenyl. De er ikke behandlet her. Torp (1983) gjorde en statistisk analyse av HCB- og Hg-konsentrasjonene i torsk fra Frierfjorden. Det syntes som de observerte Hg-konsentrasjonene ikke i noen ett-års periode indikerte at en dobbel lognormal modell for frekvensfordelingen var vesentlig bedre enn en enkel lognormal modell. For HCB-konsentrasjonen syntes det derimot som en dobbel lognormal modell var å foretrekke for enkelte år. Det var imidlertid ingen klar indikasjon på at en dobbel lognormal modell ville være vesentlig bedre enn en enkel lognormal modell. Ved vår statistiske behandling har vi derfor forutsatt en enkel lognormal fordeling.

6.2 Gruppering i tid

Data er \log_{10} -transformert og gruppert i årsperioder fra 1.7. til 30.6. Hver periode er identifisert med årstall for 1. halvår i perioden, slik at f.eks. 1.7.1968-30.6.1969 er benevnt som periode 68.

Innsamlingen av fisk har ikke skjedd i de samme måneder i hver periode.

6.3 Vekt-korrigerings

Under stasjonære forhold vil det være en positiv sammenheng mellom konsentrasjon og vekt, vanligvis lineært i log-skala. Det kan være bedre sammenheng med alder enn vekt, men det er for få fisk hvor alder er oppgitt i det materialet som finnes.

For hver årsperiode er det beregnet regresjon av \log_{10} (kons) mot \log_{10} (vekt). Midlere regresjonskoeffisient over alle år for denne sammenhengen er deretter beregnet som veiet middel over års-verdiene. Hver års-verdi er gitt en vekt $1/SD^2$, hvor SD = standard avvik for års-verdien på regresjonskoeffisienten. Det gir det mest nøyaktige estimatet.

Analysen ga følgende resultat:

$$\log(\text{HCB}) = \log(\text{HCB}_1) + (0.68 \pm 0.2) \cdot \log(\text{vekt})$$

$$\log(\text{OCS}) = \log(\text{OCS}_1) + (0.72 \pm 0.13) \cdot \log(\text{vekt})$$

$$\log(\text{HG}) = \log(\text{HG}_1) + (0.54 \pm 0.07) \cdot \log(\text{vekt})$$

hvor koeffisientene er gitt med 95% konfidens-grenser. (Estimatet er antatt tilnærmet normalfordelt, med standardavvik = $1/(\text{SD}_i^{-2})$).

Vekt skal settes inn målt i kg. Verdiene $\log(\text{HCB}_1)$, $\log(\text{OCS}_1)$ og $\log(\text{HG}_1)$ angir log-konsentrasjoner korrigert til fisk med vekt 1 kg.

Resultatet avviker litt fra vanlig kovarians-analyse, idet den fremgangs-måten som er brukt legger større vekt på de regresjonslinjene hvor data har liten spredning. Det kan gi et riktigere resultat dersom det for enkelte år er stor spredning fordi materialet er satt sammen fra flere populasjoner på grunn av vandring av fisk, med ulikheter i vekt-fordeling eller regresjons-koeffisienter for del-populasjonene.

Koeffisientene er imidlertid også beregnet som for vanlig kovariansanalyse, og forskjellen er innenfor usikkerheten.

\log_{10} -verdiene er så korrigert for vekt etter formlene ovenfor, og omregnet til fisk på 1 kg.

6.4 Analyse av vekt-korrigerede data

6.4.1 Variasjon mellom årsperioder

For hver variabel er det utført variansanalyse på vekt-korrigerede \log_{10} -verdier, klassifisert etter årsperiode. Denne analysen gir for alle tre variabler en klar forskjell mellom enkelte års-perioder, med signifikans-nivå $\ll 0.0.1$.

På grunnlag av varians-analysen er det i figur 6.1-6.3 tegnet årsmiddel med 95% konfidensintervall som funksjon av årstall. Årsmiddel er beregnet som aritmetisk middel av \log_{10} -verdier, med konfidensgrenser ut fra antatt log-normal fordeling av konsentrasjonene.

For konsentrasjon tilsvarende dette geometriske middel, som er definert slik:

n verdier x_1, x_2, \dots, x_n har geometrisk middel

$$x_g = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n}$$

og hvis $\log(x)$ er normalfordelt er nedre og øvre konfidensgrense gitt som $x_g/f, x_g \cdot f$, hvor f er en faktor

Konfidens-intervallet i figurene er basert på spredningen av resultatene beregnet separat for hvert år, ikke på et felles estimat for spredning innen en årsperiode.

Alle figurene viser signifikant høyere verdier i 1975 enn i årene etter. Verdiene ellers viser jevne endringer fra år til år, og forholdsvis små svingninger fram og tilbake.

For kvikksølv, hvor det finnes data helt fra 1968, fremtrer tydelig en topp i 1975, etterfulgt av en jevn nedgang til det nivå en hadde i 1972-1974.

For heksaklorbenzen og oktaklorstyren var det en signifikant nedgang fra 1982 til 1983. Svingningene i heksaklorbenzeninnholdet i torsk de siste årene synes å ha sammenheng med utslippsmengdene (tabell 6.2). For oktaklorstyren er sammenhengen mindre klar, men synes å være til stede hvis en forutsetter en langsommere akkumulering og utskilling.

Tabell 6.2. Utslipp (kg. pr. år) av heksaklorbenzen (HCB) og oktaklorstyren (OCS) fra Porsgrunn Fabrikker i de fem siste årene.

	1979	1980	1981	1982	1983
HCB	479	229	442	442	244
OCS	68	36	99	52	62

Miljøgift i torsk i Frierfjorden - årsgj.snitt
og 95% konf.intervall for fisk på 1 kg

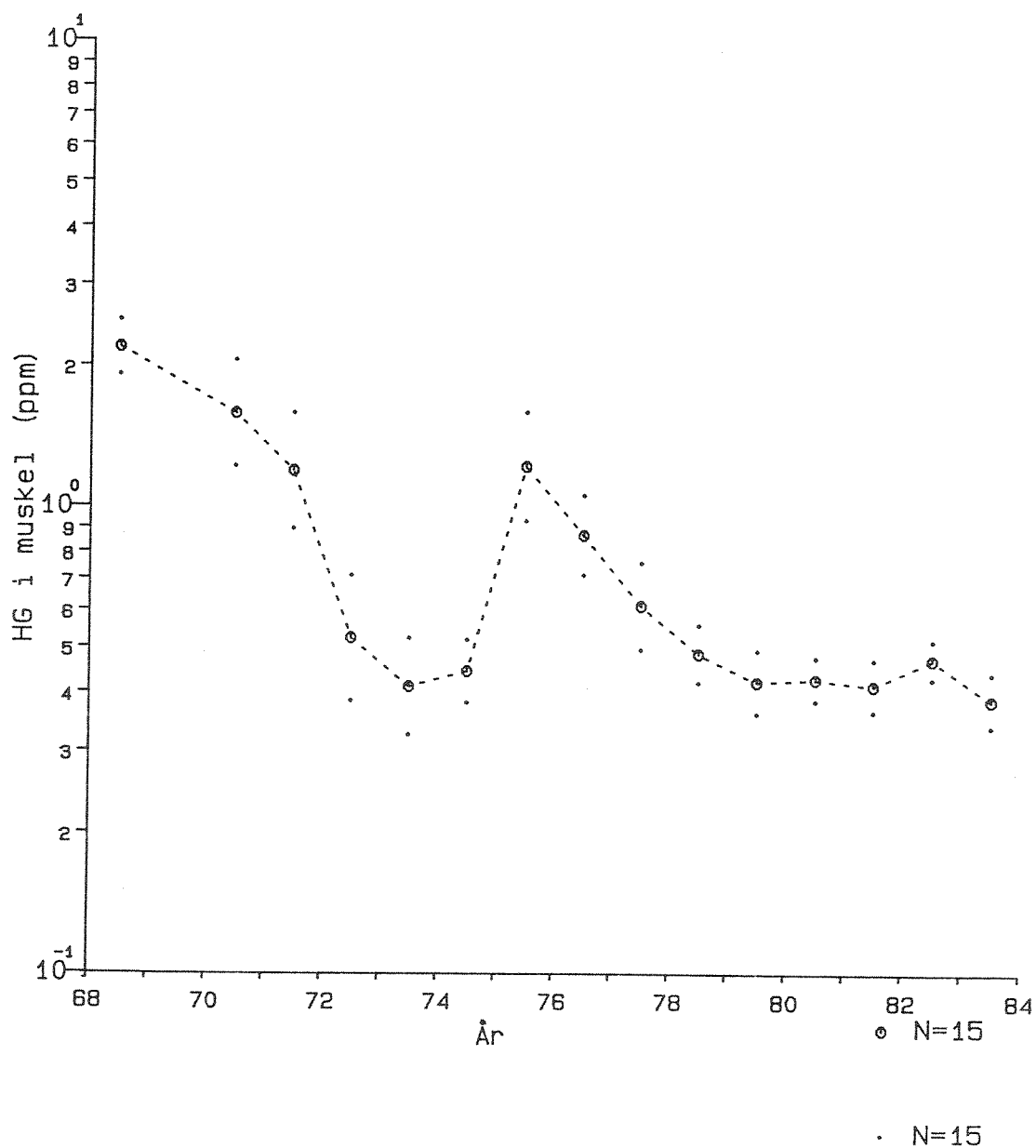


Fig. 6.1 Kvikksølvkonsentrasjon i torsk fra Frierfjorden

Miljøgift i torsk i Frierfjorden - årgj.snitt
95% konf.intervall for fisk på 1 kg

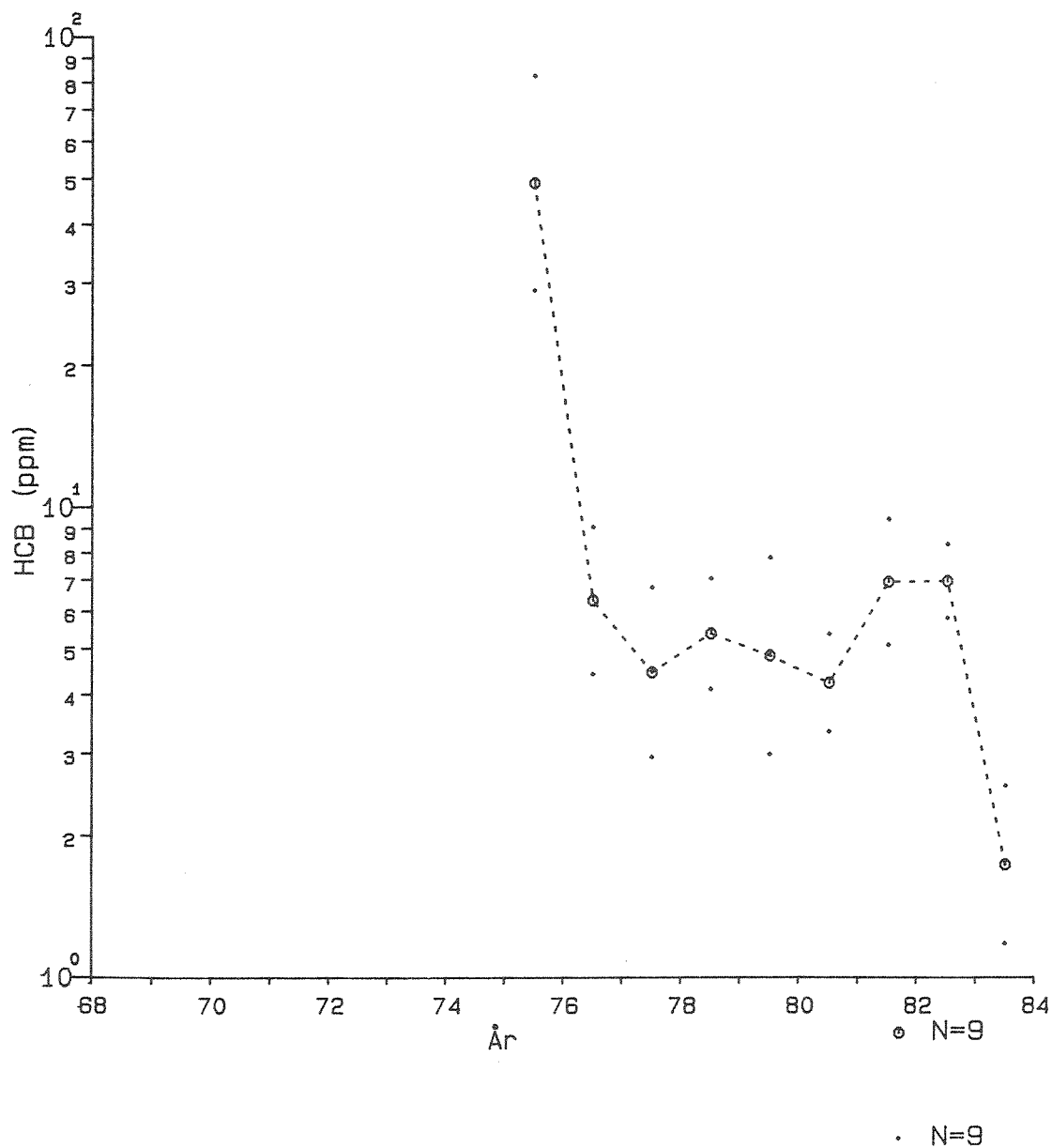


Fig. 6.2 Heksaklorbenzenkonsentrasjon i lever av torsk fra Frierfjorden

Miljøgift i torsk i Frierfjorden - årsgj.snitt

95% konf.intervall forfisk på 1 kg

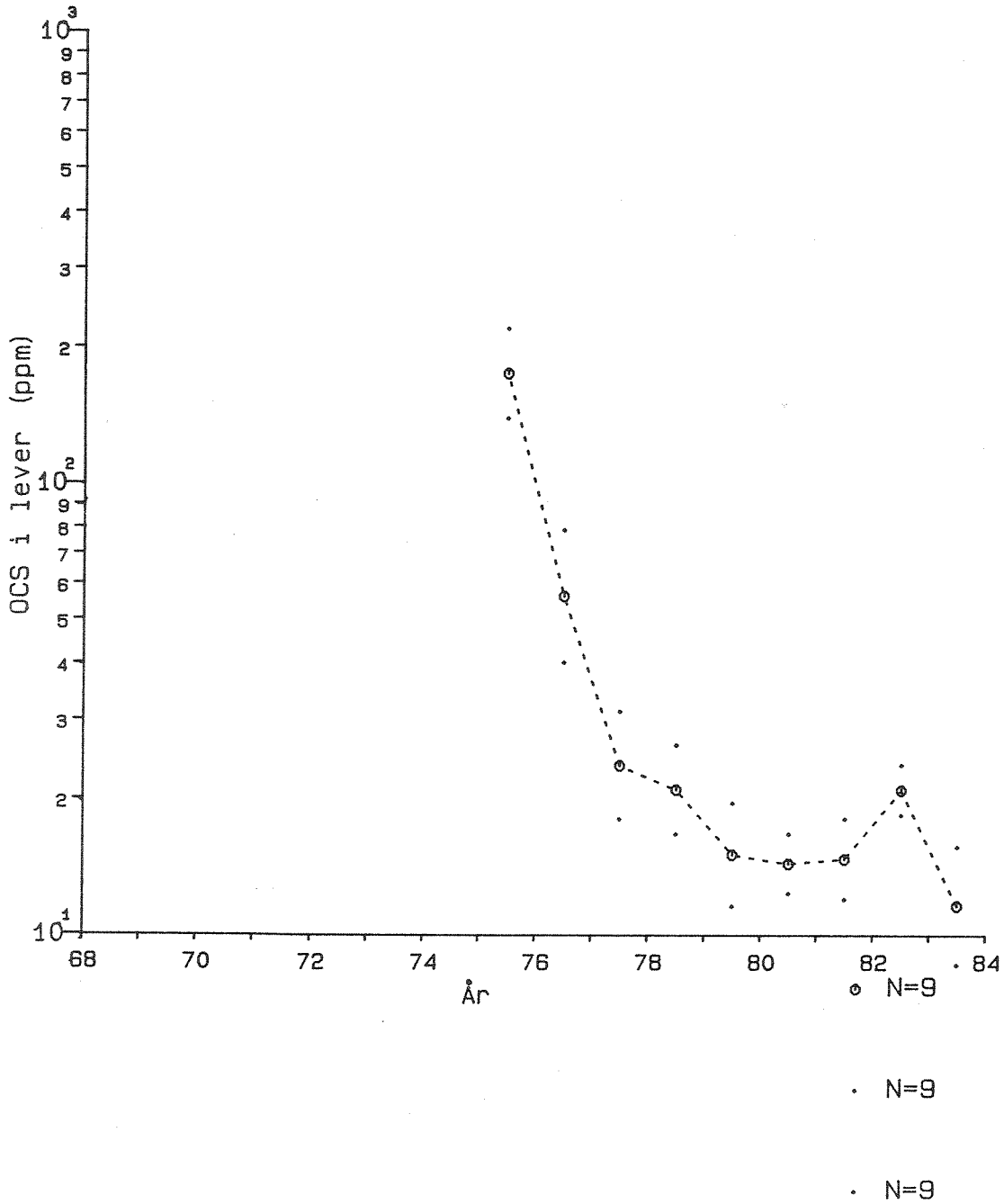


Fig. 6.3 Oktaklorstyrenkonsentrasjon i lever av torsk fra Frierfjorden

6.4.2 Kumulative frekvensdiagrammer

Data for inneværende periode (1.7.1983 til 30.6.1984) er tegnet i frekvensfordelings-diagram (figur 6.4. - 6.6.).

X-aksen viser vekt-korrigert konsentrasjon på log-skala. Y-aksen viser tilsvarende forventet verdi i et tilsvarende stort utvalg fra en normalfordeling med gjennomsnitt 0 og standard-avvik 1, når de to utvalgene sorteres etter verdi. Dette tilsvarende plotting på log-normalt papir, hvor observasjonene skal ligge rundt en rett linje hvis det er log-normal fordeling. Kvikksølv og oktaklorstyren viser stort sett én-populasjonsstruktur, mens heksaklorbenzen indikerer to populasjoner av analyseverdier.

6.4.3 Beregning av sample-størrelse for ny innsamling

Aritmetisk årsgjennomsnitt i vekt-korrigerte og \log_{10} -transformerte konsentrasjoner skal benyttes til å se om det er skjedd endringer over tid.

Det antas at det brukes en t-test til å sammenligne de to utvalgene, og at det ønskes en sikkerhet på 95% for å trekke riktig konklusjon hvis det ikke er noen forskjell (signifikansnivå 5%).

Antall fisk i det nye utvalget skal da bestemmes slik at det også er 95% sikkerhet for å trekke riktig konklusjon dersom forskjellen er større enn en gitt grense (teststyrke 95%).

Metode for å beregne test-styrken når størrelsen på utvalgene er gitt er beskrevet av Torp (1983).

Ved NIVA er det ut fra dette laget et program SAMPLE-PLAN som finner frem til nødvendig størrelse på nytt utvalg når størrelse på gammelt utvalg og test-styrke er gitt.

Beregningen er også generalisert for det tilfellet at det materialet en har fra før er hentet fra flere delpopulasjoner med ulikt antall observasjoner fra hver delpopulasjon (stratum). Enkelt-observasjonene må da gis ulik vekt når en skal beregne gjennomsnittet over alle delpopulasjonene.

Beregningen forutsetter at standard-avvik for enkelt-verdi innenfor hvert utvalg er kjent. Her brukes estimater ut fra de foreliggende data, og det gir en viss usikkerhet i beregningen.

I det aktuelle tilfelle ønskes at data fra perioden 1.7.1984-30.6.1985 (årsperiode 84) skal sammenlignes med materialet fra perioden 1.7.1978 til 30.6.1983 (årsperiodene 78 til og med 82).

For periodene 78-82 er det ikke signifikante forskjeller mellom årsmidler for HCB og Hg, mens det ser ut til å være det for OCS (antagelse om ingen forskjeller forkastes med signifikans-nivå 5%). Det bør derfor beregnes et tids-veiet middel for sammenligningen, dvs. at hver observasjon gis en vekt som er omvendt proporsjonal med antall observasjoner innenfor samme år (hvert årsmiddel får da samme vekt).

For periodene 78 til 82 har vi (Tab. 6.3):

Tab. 6.3 Antall analyserte fisk i de enkelte årsperioder og totalt, og standardavvik relativt til årsmiddel.

Variabel	Antall fisk de enkelte år:					Totalt antall	Standardavvik på \log_{10} av enkelt-obs. rel. til årsmiddel
	78	79	80	81	82		
HCB lever	72	54	47	30	64	264	<u>+</u> .491
OCS lever	72	54	47	30	64	264	<u>+</u> .342
Hg filet	72	54	47	30	108	309	<u>+</u> .219

Nødvendig antall fisk for en ny årsperiode kan da beregnes for flere alternative krav til evne til å påvise forskjeller (Tab. 6.4):

Tab. 6.4 Nødvendig antall fisk for en ny årsperiode for flere alternative krav til evne til å påvise forskjeller.

	Antall fisk	Tidsveid geometrisk middel	Forskjell som skal påvises (forholdstall mellom største og minste verdi)			
			(ppm)	1.25	1.5	1.75
	1.7.78 - 30.6.83	78 - 82				
			Antall i nytt utvalg:			
HCB i lever	264	5.6	>10000	174	69	41
OCS i lever	264	16.7	487	62	29	19
Hg i filet	309	0.44	90	22	12	8

Eksempel:

En har 70 fisk i et nytt utvalg, og gjør t-test med 5% signifikans-nivå på forskjellen mellom de to utvalgene. Det vil da være mer enn 95% sannsynlighet for å konkludere med at det er signifikant forskjell dersom den reelle forskjellen i geometrisk snitt tilsvarer en faktor på 1.75 for HCB, 1.5 for OCS og 1.25 for Hg.

Vekt-korrigert HG i torskemuskel - Frierfjorden 1983

Kumulativt normalfordelings-diagram

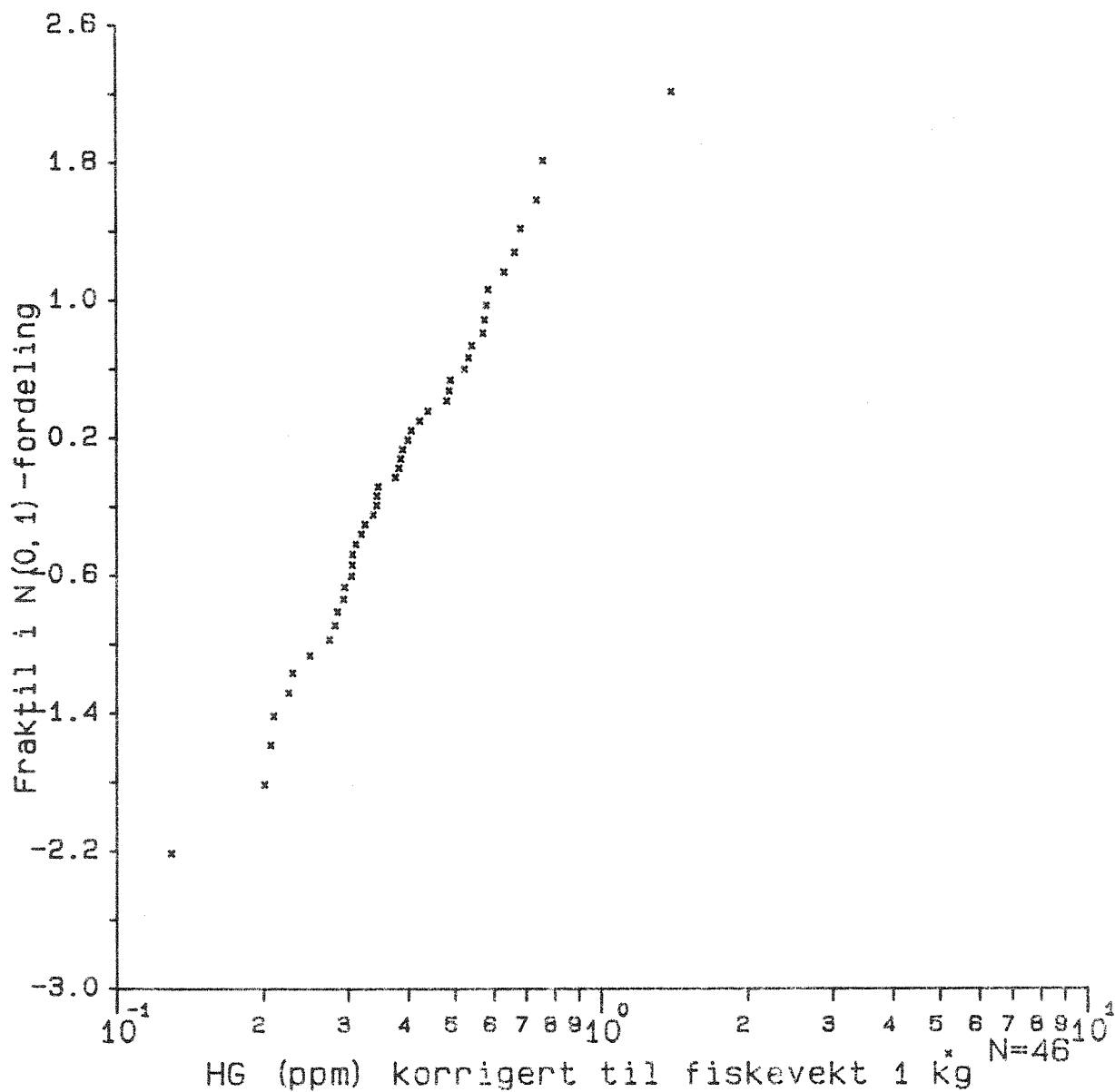


Fig. 6.4 Kumulativt frekvensfordelingsdiagram av kvikksølvkonsentrasjon i torsk fra Frierfjorden høsten 1983.

Vekt-korrigert HCB i torskelerver -Frierfjorden 1983

Kumulativt normalfordelingsdiagram

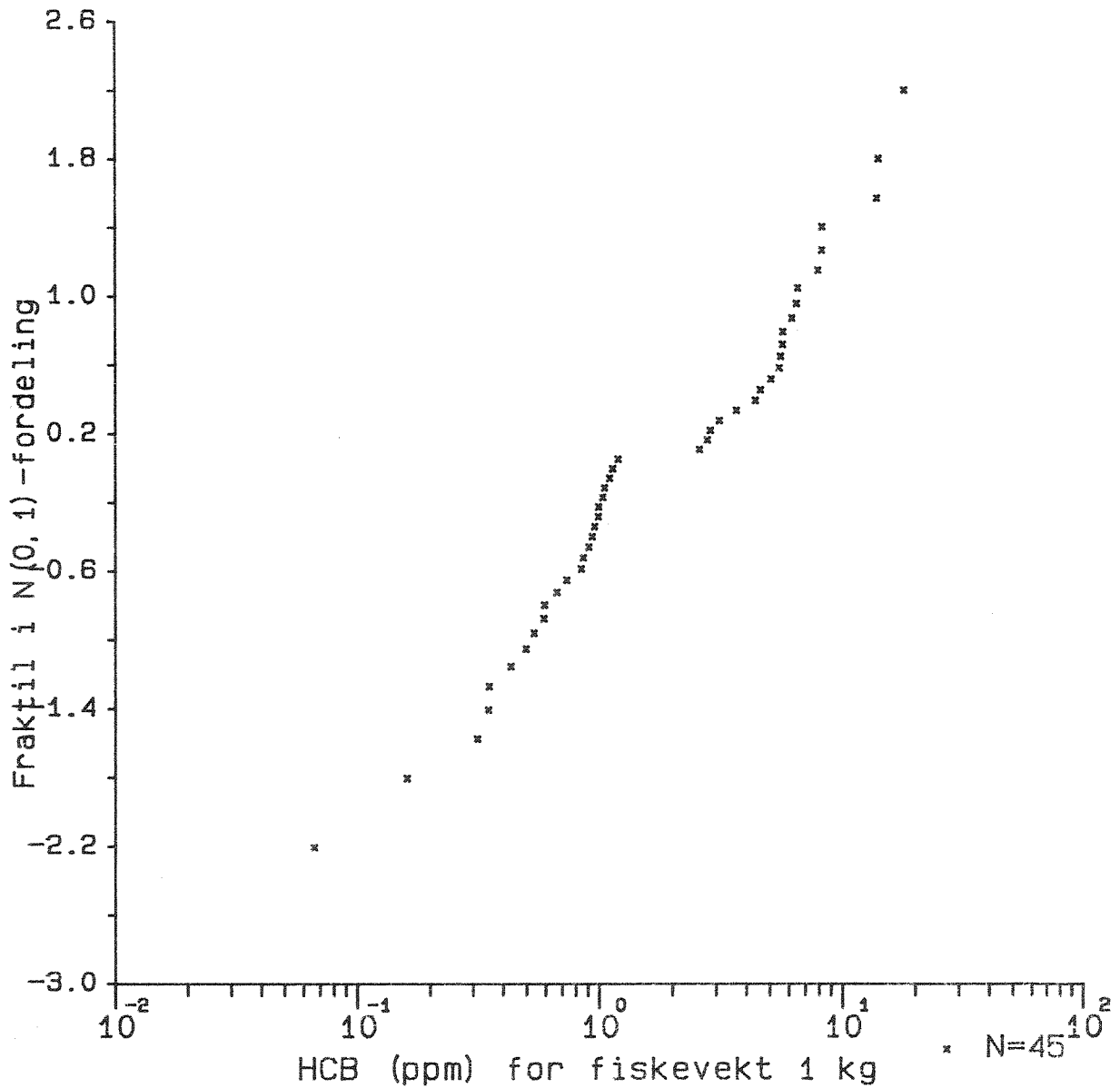


Fig. 6.5 Kumulativt frekvensfordelingsdiagram av heksaklorbenzenkonsentrasjon i torsk fra Frierfjorden høsten 1983.

Vekt-korrigert OCS i torskelever - Frierfjorden 1983

Kumulativt normalfordelingsdiagram

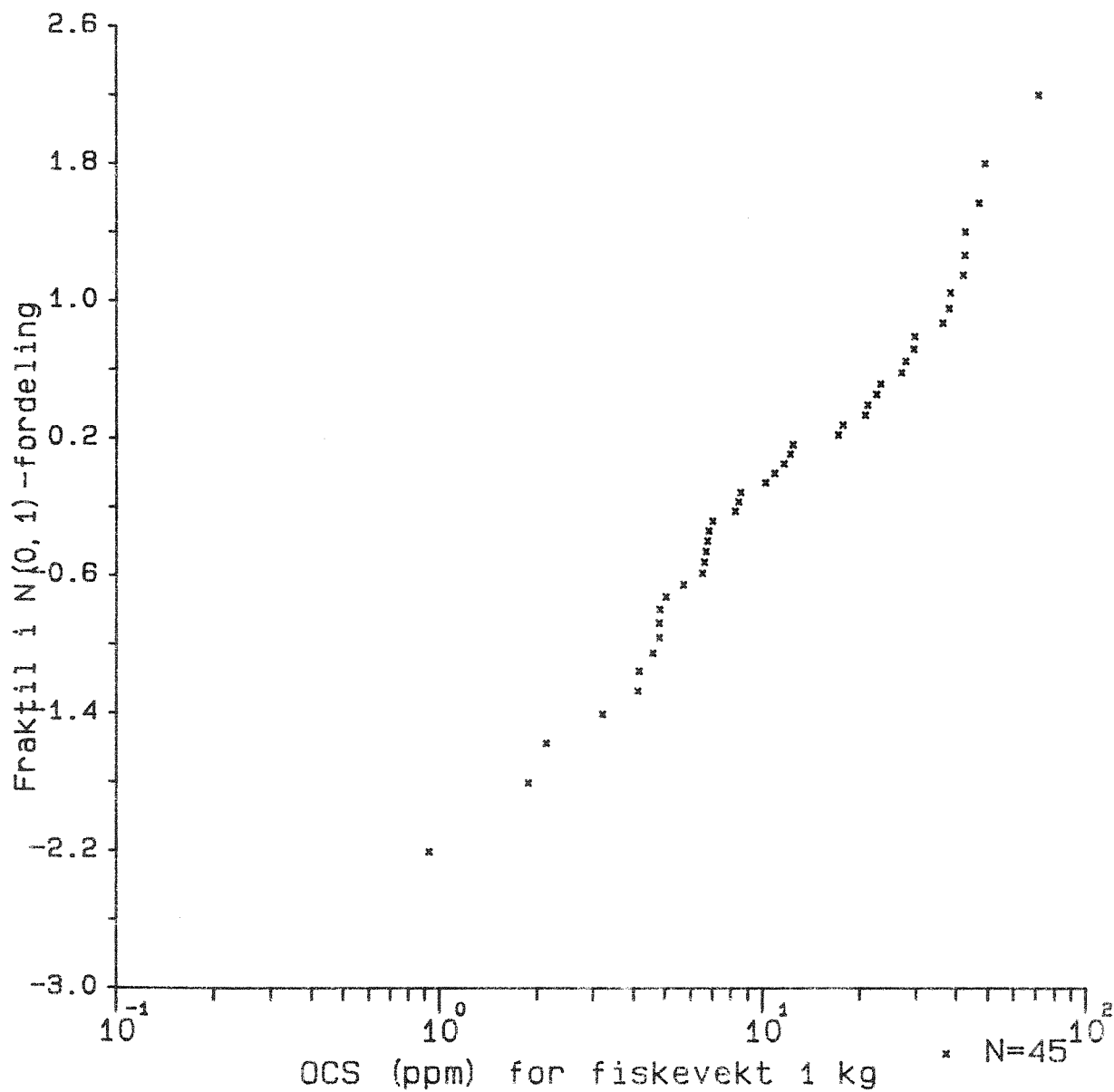


Fig. 6.6 Kumulativt frekvensfordelingsdiagram av oktaklorstyrenkonsentrasjon i torsk fra Frierfjorden høsten 1983.

7. REFERANSER

- Bøe, B., 1979. Analyse av klorerte hydrokarboner og kvikksølv i fisk fra Frierfjorden 1978. Fiskeridirektoratet, rapporter og meldinger, nr. 4/79, 8 s. Bergen.
- Bøe, B., 1980. Analyse av klorerte hydrokarboner og kvikksølv i fisk fra Frierfjorden 1979. Fiskeridirektoratet, rapporter og meldinger nr. 6/80, 5 s. Bergen.
- Bøe, B., 1981. Analyse av klorerte hydrokarboner og kvikksølv i fisk fra Frierfjorden 1980. Fiskeridirektoratet, rapporter og meldinger nr. 3/81, 9 s. Bergen.
- Bøe, B., 1982. Analyse av klorerte hydrokarboner og kvikksølv i fisk fra Frierfjorden 1980. Fiskeridirektoratet, rapporter og meldinger, nr. 3/81, 9 s. Bergen.
- Bøe, B., 1984. Analyse av klorerte hydrokarboner og kvikksølv i fisk fra Frierfjorden januar 1983. Fiskeridirektoratet, rapporter og meldinger, nr. 2/84, 8 s. Bergen.
- Bøe, B., Egaas, E. & Julshamn, K. 1978. Analyse av klorerte hydrokarboner og sporelementer i fisk fra Grenslandsfjordene 1977. Fiskeridirektoratet, rapporter og meldinger, nr. 6/78, 28 s. + Appendix 1-6 og Vedlegg 1. Bergen.
- EIFAC (European Inland Fisheries Advisory Commission) 1964. Report on extreme pH values and inland fisheries. Techn. Pap. No. 4.
- Gramme, P.E. & Haver, E., 1980. Resipientovervåking ved mudring ved Elkem-Spigerverket, PEA, og Porsgrunn Fabrikker i mars-april 1979. Rapport, Norsk Hydro, 29 s. Porsgrunn.
- Grande, M., 1980. Fisk - vannkvalitetskriterier. S. 133-150 i Thaulow & al.: Vurderingssystem for vannkvalitet og bruksformer for vann. Fremdriftsrapport. Norsk institutt for vannforskning., 0-80007, 156 s. Oslo.

- Green, N., Kirkerud, L., Molvær, J., Rygg, B. & Skei, J., 1979. Overvåking av forurensninger i Grenlandsfjordene og Skienselva. Årsrapport for 1977. Norsk institutt for vannforskning, 0-76129, 152 s. Oslo.
- Haver, E., 1983. Resipientundersøkelser i Grenlandsfjordene, 1982. Norsk Hydro/Forskningscenteret, 8 s. + 4 bilag.
- Haver, E., 1984. Resipientundersøkelser i Grenlandsfjordene, 1983. Norsk Hydro/Forskningscenteret, 4 s. + 2 bilag.
- Johansen, Ø., 1973. Resipientvurderinger av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. Rapport 1. Tidligere undersøkelser - Generelle forhold - Forurensningstilførsler. Norsk institutt for vannforskning, 0-70111, 73 s. Oslo.
- Kildal, T., 1984. Laks i Telemarksvassdraget. Notat, 4 s.
- Kirkerud, L. & Molvær, J. 1977. Befaring etter utslipp fra Norsk Hydros kloralkalifabrikk på Rafnes. Norsk institutt for vannforskning, 0-77117, 6 s. + 2 fig. Oslo.
- Knutzen, J., 1971. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i vann, sedimenter og organismer. S. 104 - 136 i Haugen & al.: Vefsnfjorden som resipient for avfall fra Mosjøen Aluminiumverk. Rapport 1. Undersøkelser 1978-1980, Norsk institutt for vannforskning 0-76149. 175 s. Oslo.
- Knutzen, J. 1983. Blåskjell som metallindikator. Vann 1983 (1): 1-10.
- Knutzen, J. 1984. Basisundersøkelse i Ranafjorden, en marin industriresipient. Delrapport IV. Undersøkelse av organismesamfunn på grunt vann og av PAH og metaller i hvirvelløse dyr og tang 1980-81. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapp. 120/84, 108 s. SFT/NIVA, Oslo.

- Knutzen, J. & Kirkerud, L., 1984. Blåskjell og nær beslektede arter (Mytilus spp) som indikator på klorerte hydrokarboner - bakgrunnsnivåer i diffust belastede områder. Norsk institutt for vannforskning, 0-83091, 32 s. Oslo.
- Knutzen, J., Molvær, J., Norheim, G. & Skei, J., 1982. Grenlandsfjordene og Skienselva 1981. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapp. 52/82, 66 s. SFT/NIVA, Oslo.
- Knutzen, J., Molvær, J., Norheim, G., Rygg, B. & Skei, J., 1983. Grenlandsfjordene og Skienselva 1982. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapp. 91/83, 49 s. SFT/NIVA, Oslo.
- Knutzen, J., Sortland, B., 1982. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in some algae and invertebrates from moderately polluted parts of the coast of Norway. Water Res. 16(4):421-428.
- Molvær, J. 1983. Forslag til undersøkelser i Skienselva i 1983. Norsk institutt for vannforskning, 0-8000312, Notat 7.4.1983, 5 s. Oslo.
- National Academy of Science (NAS), 1972. Particulate polycyclic organic matter. 361 s., NAS, Washington, D.C.
- Rygg, B., 1983. Forslag til langtidsprogram Grenlandsfjordene og Skienselva. Norsk institutt for vannforskning, 0-8000312, Notat 25.4.1983, 17 s. Oslo.
- Torp, T. 1983. Statistisk analyse av blandede populasjoner anvendt på miljøgifter i torsk fanget i Frierfjorden. Norsk regnesentral, 022296 (under utarbeidelse).
- Underdal, B., Norheim, G., Hoff, H. & Håstein, T., 1981. Kvikksølv og klorerte hydrokarboner i fisk fra Skiensvassdraget og fjordene i Grenlandsområdet. Oslo/Skien. 29 s. + bilag.

V E D L E G G

Tabell I. Polysykliske aromatiske hydrokarboner i blåskjell 28.6.1983

1) KPAH er summen av moderat (**) til sterkt (***) kreftfremkallende PAH

Blåskjell		28.6.1983			µg/kg våtvekt			
PAH	Prove mrk.	A3	A6	A9				
Naftalen								
2-Metylnaftalen								
1-Metylnaftalen								
Bifenyli				10				
Acenaftylen								
Acenaften				14				
4-Metylbifenyli			3					
Dibenzofuran			14					
Fluoren		2	3	42				
9-Metylfuoren								
9,10-Dihydroantraceni								
2-Metylfuoren								
1-Metylfuoren								
Dibenzothiopheni		2	3					
Fenantren		12	40	115				
Antraceni		1	3	9				
Carbazole								
3-Metylfenantren								
2-Metylfenantren								
2-Metylantraceni			16	26				
4,5-Metylfenantren								
4- og/eller 9-Metylfenantren								
1-Metylfenantren			17	42				
Fluoranteni		27	343	763				
Pyren		21	160	444				
Benzo(a)fluoreni			11	29				
Benzo(b)fluoreni				45				
4-Metylpyneni								
2-Metylpyneni og/eller Metylflooranteni								
1-Metylpyneni			31					
Benzo(ghi)fluoranteni								
Benzo(c)fenantreni ***			18	46				
Benzo(a)antraceni *		8	38	139				
Trifenylen/Chryseni *		25	143	301				
Benzo(b)fluoranteni **	}	7	64	217				
Benzo(j,k)fluoranteni ** 1)			17					
Benzo(e)pyreni *		18	46	118				
Benzo(a)pyreni ***			5	32				
Peryleni				8				
Indeno(1,2,3-cd)pyreni *			12	34				
Dibenz(a,h og/eller a,c)antraceni *** 1)			6	28				
Piceni								
Benzo(g,h,i)perylene		6	6	50				
Anthanthrene				14				
Coroneni								
Sum		129	999	2526				
Derav KPAH		5	65	205				
% KPAH		3,9	6,5	8,1				
% Torrstoff		14,4	14,2	11,8				

Tabell II. Polysykliske aromatiske hydrokarboner i blåskjell 9.11.2983.
1) KPAH er summen av moderat (**) til sterkt (***) kreftfremkallende PAH

Blåskjell		9.11.1983				µg/kg våtvekt			
PAH	Prøve mrk.	A3	A6	A9	A15				
Naftalen									
2-Metylnaftalen									
1-Metylnaftalen									
Bifenyl									
Acenaftylen									
Acenaften									
4-Metylbifenyl									
Dibenzofuran									
Fluoren		2							
9-Metylfluoren									
9,10-Dihydroantracen									
2-Metylfluoren									
1-Metylfluoren									
Dibenzothiophen		4							
Fenantren		48	59	64	3				
Antracen		16	2						
Carbazole									
3-Metylfenantren									
2-Metylfenantren									
2-Metylantracen		18	8	9	12				
4,5-Metylfenantren									
4- og/eller 9-Metylfenantren									
1-Metylfenantren		24	9						
Fluoranten		464	323	364	35				
Pyren		302	241	290	36				
Benzo(a)fluoren		79	21	31	13				
Benzo(b)fluoren		107	32	45	24				
4-Metylpyren									
2-Metylpyren og/eller Metylfluoranten									
1-Metylpyren									
Benzo(ghi)fluoranten									
Benzo(c)fenantren ***		75	35		8				
Benzo(a)antracen *		167	147	256	55				
Trifenylen/Chrysen *		387	299	496	127				
Benzo(b)fluoranten **		275	302	561	272				
Benzo(j,k)fluoranten ** 1)									
Benzo(e)pyren *		123	145	290	149				
Benzo(a)pyren ***		42	57	126	54				
Perylen		19	33	44					
Indeno(1,2,3-cd)pyren *		23	55	40	46				
Dibenz(a,h og/eller a,c)antracen *** 1)			3	30					
Picen									
Benzo(g,h,i)perylene		32	35	78	51				
Anthanthrene									
Coronen									
Sum		2207	1806	2724	885				
Derav KPAH		225	261	530	235				
% KPAH		10,2	14,5	19,5	26,6				
% Torrstoff		23,0	13,3	26,2	13,5				

KVIKKSØLV OG KLOERTE HYDROKARBONER I TORSK
Veterinærinstituttet

I oktober 1983 ble det samlet 46 torsk fra Frierfjorden og 17 torsk fra Eidangerfjorden. Muskel og lever ble undersøkt for henholdsvis kvikksølv og persistente klorerte hydrokarboner. Det ble ikke tatt ut lever fra 5 av fiskene. Analyseresultatene er angitt som ppm (ug/g) på våtvektbasis. For alle kvikksølvresultatene er det foretatt vektkorrigerings (Underdal et al. 1981). For de klorerte hydrokarbonene er medianverdien beregnet. Alle enkeltresultatene er angitt i tabellene III og IV.

Gjennomsnittet for de vektkorrigerede kvikksølvkonsentrasjonene i torsken fra Frierfjorden var $0,34 \pm 0,20$ ppm med en spredning fra 0,02 til 1,10 ppm. For Eidangerfjorden var resultatet $0,25 \pm 0,08$ ppm med en spredning fra 0,11 til 0,39 ppm Hg (figur I). Resultatene fra og med 1978 synes å antyde en mulig tendens til avtagende kvikksølvnivå i torsk fra Frierfjorden og også fra Eidangerfjorden. Bare videre undersøkelser kan eventuelt bekrefte denne tendensen.

Medianverdiene for heksaklorbenzen (HCB), oktaklorstyren (OCS) og dekalor-bifenyl (DCB) i torsk fra Frierfjorden, spredningen angitt i parentes, var henholdsvis 1,2 (0,07-19), 9,7 (0,79-228) og 5,1 (0,36-29) ppm (figur II). De tilsvarende resultatene for Eidangerfjorden var henholdsvis 1,2 (0,08-1,9), 1,0 (0,42-1,9) og 0,50 (0,31-1,3) ppm (figur III). Med unntak av HCB i Eidangerfjorden er resultatene for 1983 lavere enn resultatene for 1982. Samtidig er det større spredning i konsentrasjonen, spesielt for OCS og DCB. I 1983 var medianverdiene for HCB i torsk fra Frierfjorden og Eidangerfjorden like. Ut fra de resultatene som foreligger er det ikke mulig å si om konsentrasjonene av HCB, OCS og DCB i torsk fra Frierfjorden og Eidangerfjorden har avtatt de siste 6 årene.

Med bakgrunn i den variasjonen en finner i nivået av klorerte forbindelser i torsk fra Frierfjorden og Eidangerfjorden vil en peke på behovet for å ha et tilstrekkelig stort prøvemateriale. Ved et for lite antall prøver vil usikkerheten i resultatene være betydelig. Ved senere undersøkelser bør det fortsatt satses på å få prøver av minst 50 torsk fra Frierfjorden.

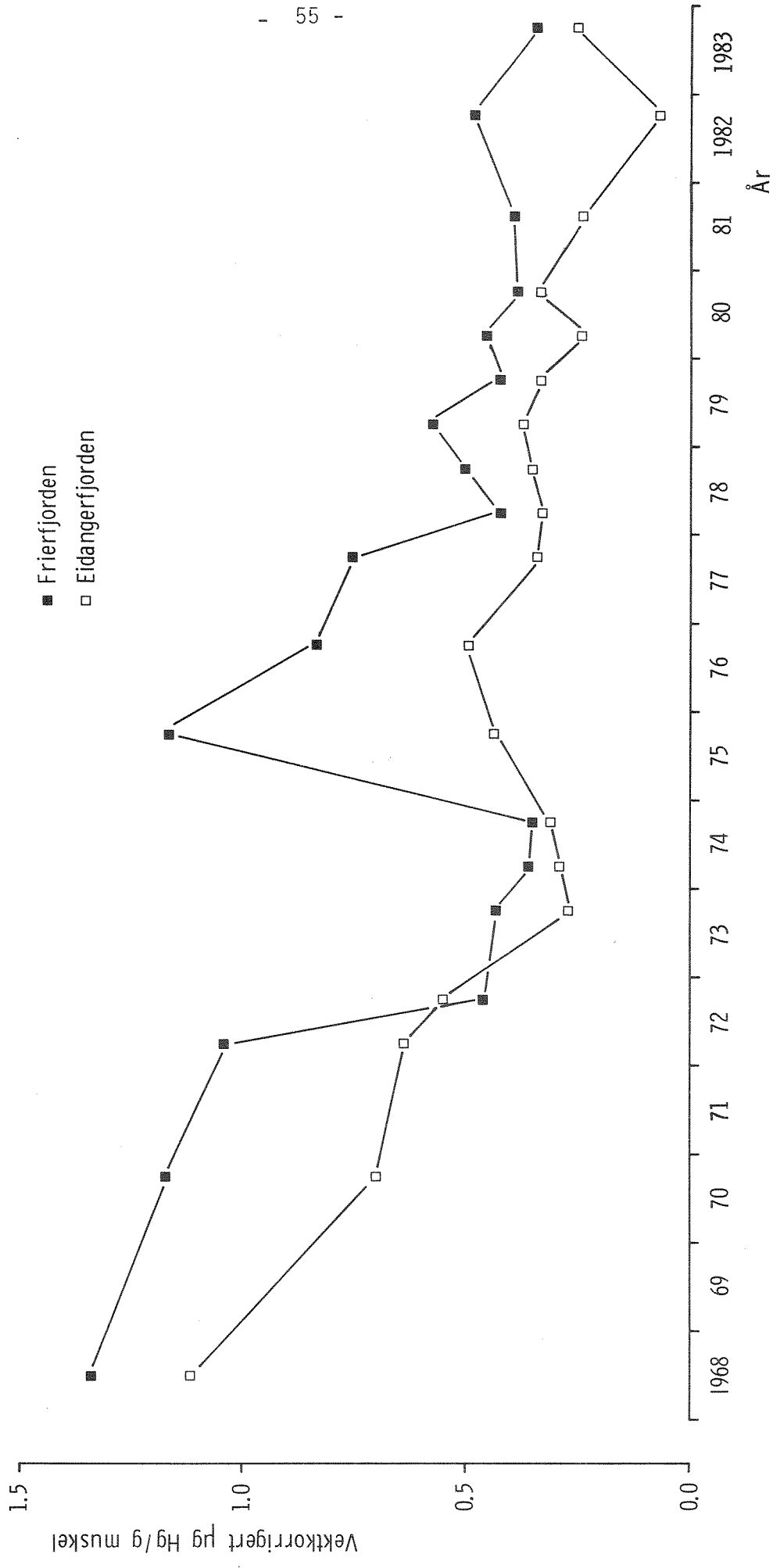


Fig. I. Kvikksølvkonsentrasjon i torsk, analysert av Veterinærhøgskolen/Veterinærinstituttet.

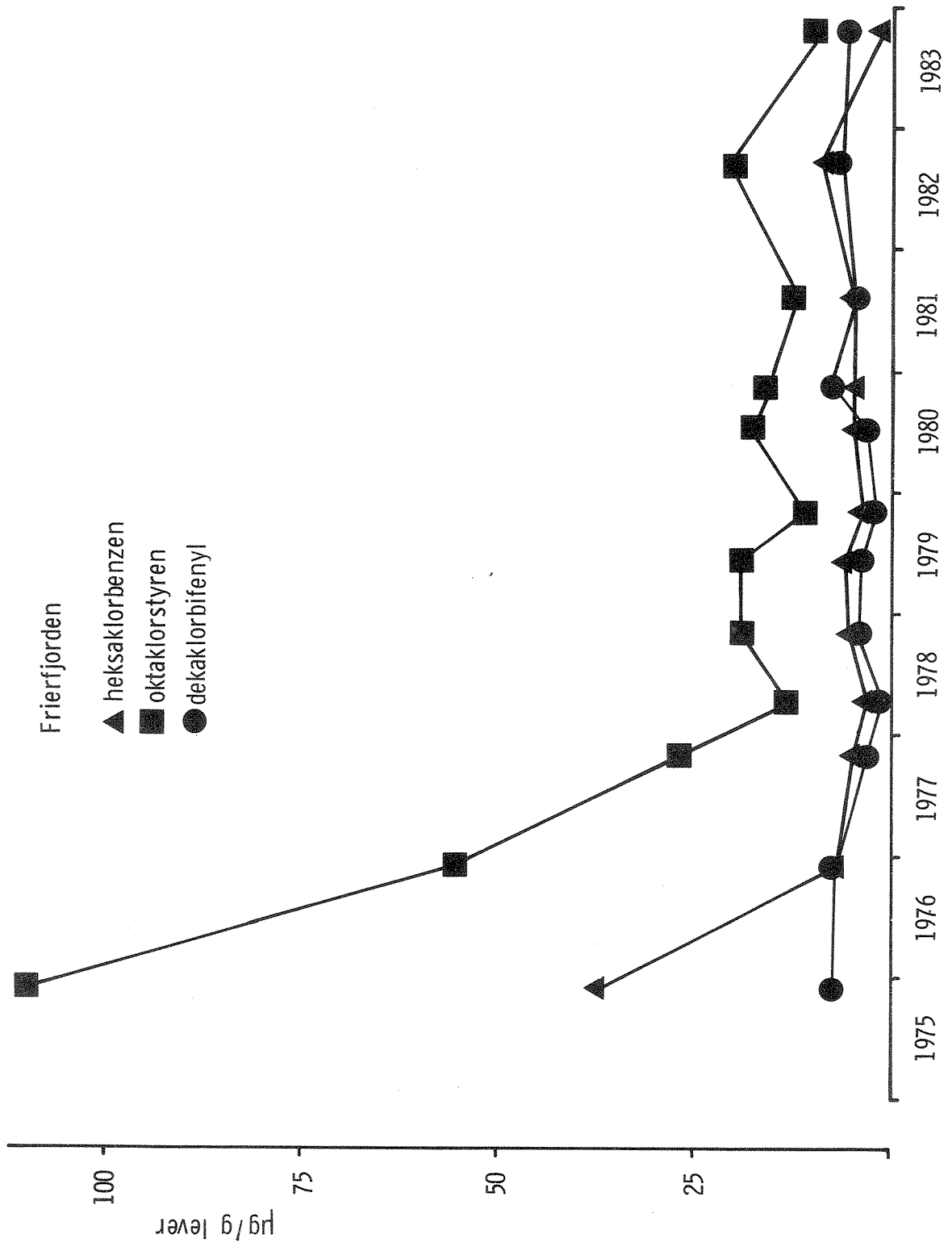


Fig. II. Konsentrasjon av klorerte hydrokarboner i torsk fra Frierfjorden, analysert av Veterinærinstituttet.

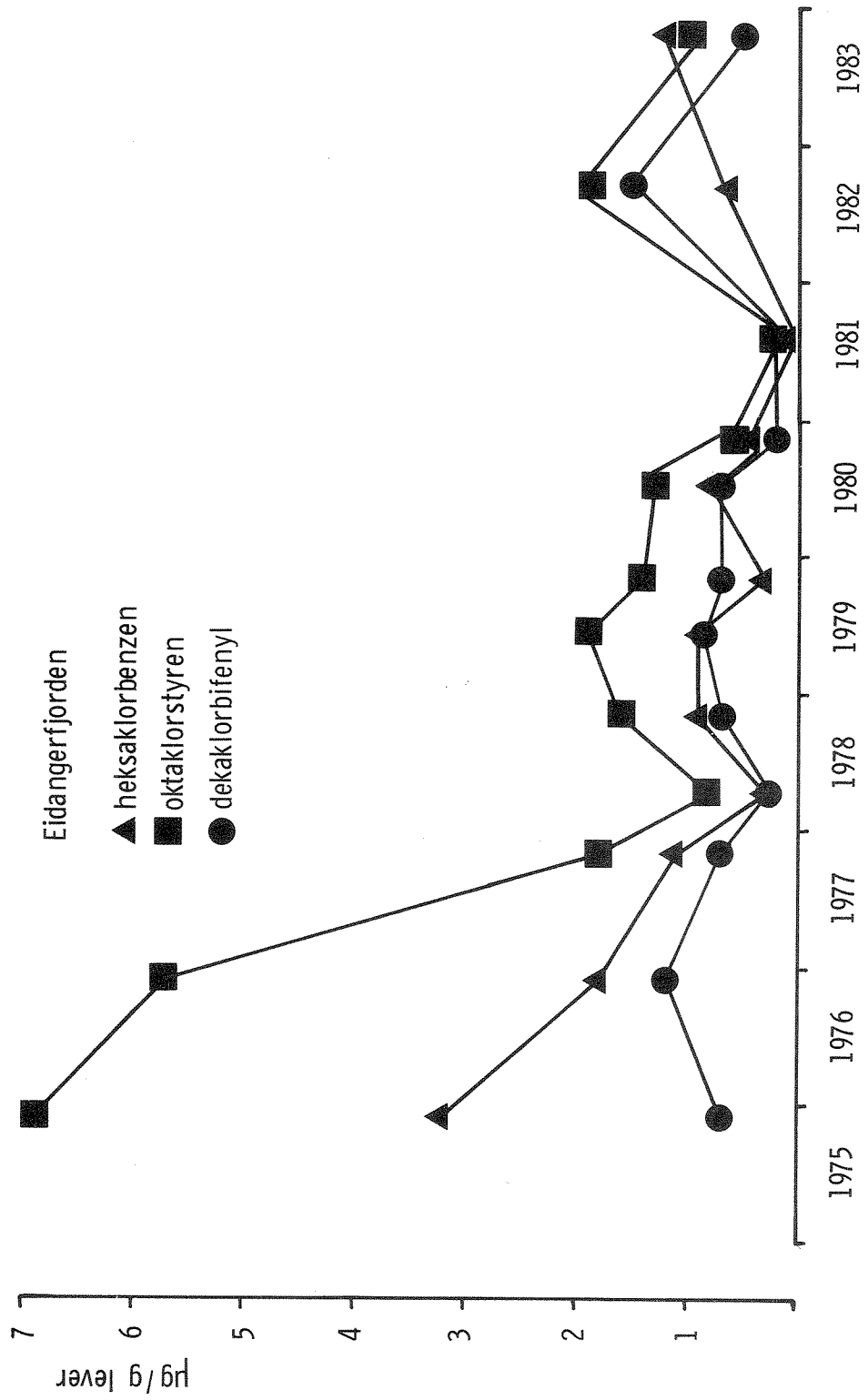


Fig. III. Konsentrasjon av klorete hydrokarboner i torsk fra Eidangerfjorden, analysert av Veterinærinstituttet.

Tab. III Miljøgifter i torsk ($\mu\text{g/g}$ våtvekt) fra Frierfjorden, oktober 1983. HCB = heksaklorbenzen, OCS = oktaklorstyren og DCB = dekaklorbifenyl. Hg = kvikksølv.

Fisk nr.	Vekt (g)	Lever			Muskel
		HCB	OCS	DCB	Hg
1	1360	3,4	52	29	0,87
2	320	0,52	2,9	1,3	0,07
3	570	0,65	4,5	2,4	0,30
4	1080	0,07	0,98	2,2	0,61
5	3200	1,3	19	19	0,55
6	5270	19	97	7,8	1,19
7	3060	12	109	6,0	0,56
8	850	4,5	11	2,7	0,19
9	1250				0,26
10	1170	1,1	13	6,9	0,58
11	300	2,0	9,7	3,3	0,11
12	340	0,41	2,2	0,53	0,14
13	1080	0,33	5,3	2,4	0,60
14	1300	9,7	51	23	0,39
15	1220	7,3	34	7,9	0,43
16	1460	0,45	5,4	2,7	0,60
17	200	0,33	1,5	0,66	0,12
18	300	0,46	2,8	1,2	0,16
19	250	1,1	4,0	1,9	0,14
20	200	0,28	1,3	0,53	0,24
21	300	0,26	0,79	0,36	0,18
22	1170	8,7	30	7,1	0,46
23	920	5,3	26	7,2	0,27
24	410	9,6	20	5,0	0,14
25	440	0,68	3,6	1,8	0,20
26	1200	9,2	24	7,1	0,38
27	1030	0,68	8,6	6,6	0,55
28	1280	6,5	43	11	0,78

(forts.)

(tabell III forts.)

Fisk nr.	Vekt (g)	Lever			Muskel
		HCB	OCS	DCB	Hg
29	1520	3,4	28	20	0,48
30	1000	0,43	3,2	2,8	0,76
31	620	10	33	8,7	0,34
32	2500	1,0	11	5,1	0,45
33	910	0,15	2,0	1,7	0,29
34	1360	3,8	28	25	0,46
35	1100	0,53	4,9	3,2	0,42
36	730	0,59	6,8	6,0	0,49
37	5100	11	228	22	1,52
38	1000	1,1	13	9,7	0,55
39	730	11	30	10	0,17
40	2060	1,8	71	13	0,98
41	610	0,25	4,9	2,9	1,07
42	920	4,1	9,6	2,5	0,46
43	360	0,45	2,3	0,89	0,20
44	1450	1,2	8,9	12	0,46
45	1900	10	28	12	0,46
46	380	2,8	8,5	3,0	0,19

Tab. IV Miljøgifter i torsk ($\mu\text{g/g}$ våtvekt) fra Eidangerfjorden, oktober 1983. HCB = heksaklorbenzen, OCS = oktaklorstyren og DCB = dekaklorbifenyl. Hg = kvikksølv.

Fisk nr.	Vekt (g)	Lever			Muskel
		HCB	OCS	DCB	Hg
1	450	1,0	0,93	0,46	0,25
2	340	1,5	1,0	0,44	0,27
3	460	1,2	0,76	0,31	0,20
4	480	1,2	1,1	0,50	0,14
5	1360	1,9	1,9	1,3	0,25
6	840	1,1	0,42	0,35	0,17
7	140	0,54	0,88	0,39	0,13
8	270	0,64	0,83	0,46	0,23
9	370	1,6	1,3	0,59	0,23
10	430	0,08	1,1	0,74	0,26
11	260	1,1	0,87	0,50	0,28
12	500	1,3	1,1	0,71	0,20
13	400	1,4	1,3	0,59	0,07
14	500				0,13
15	450				0,20
16	320				0,16
17	310				0,11



Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

- luft og nedbør
- grunnvann
- vassdrag og fjorder
- havområder

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

For å sikre den praktiske koordineringen av overvåkingen av luft, nedbør, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder og for å få en helhetlig tolkning av måleresultatene er det opprettet et arbeidsutvalg.

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

- Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)**
- Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (FHI)**
- Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)**
- Norsk institutt for luftforskning (NILU)**
- Norsk institutt for vannforskning (NIVA)**
- Statens forurensningstilsyn (SFT)**

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter blir publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100, Dep. Oslo 1, tlf. 02 - 22 98 10.

Tidligere NIVA-rapporter i serien :
Overvåkning av Grenlandsfjordene og Skienselva

Overvåkingsår	Rapporttittel
1977	Årsrapport for 1977 25.5. 1979.
1978	Miljøgifter i taskekrabbe, blåskjell og alger 14.5. 1979. Metaller og partikulært materiale i vannmassene 20.8. 1979. Undersøkelse av vannutskiftingsforholdene 10.8. 1979. Hardbunnsfauna undersøkt ved stereofotografering 15.11. 1979. Vannkvalitet i overflatelag og dypvann 3.1. 1980. Sammenfattende årsrapport for 1978 17.7. 1980
1979	Miljøgifter i taskekrabbe, blåskjell og alger 14.8. 1980. Vannutskiftning og vannkvalitet 18.9. 1980. Metaller og partikulært materiale i vannmassene 29.10. 1980. Bløtbunnsfauna 7.11. 1980.
1977-79	Hydrokjemiske data 18.9. 1980.
1980	Delrapport I Miljøgifter i taskekrabbe, blåskjell og alger 4.9. 1981. Delrapport II Vannutskiftning og vannkvalitet 1.10. 1981. Delrapport III Sedimenter 21.10. 1981 Sammenfatning 20.11. 1981
1981	Grenlandsfjordene og Skienselva 1981 Overvåkingsrapport nr. 52/82. 4.10.1982.
1982	Grenlandsfjordene og Skienselva 1982 Overvåkingsrapport nr. 91/83. 29.8.1983