



Statlig program for forurensningsovervåking

0-8000350

BASISUNDERSØKELSE AV KRISTIANSANDSFJORDEN

1982-84

DELRAPPORT 6: KONKLUSJONER

Oslo, 20.06.86

Prosjektleder : Jarle Molvær
Medarbeidere : Norman Green, NIVA
Jon Knutzen, "
Kristoffer Næs, "
Brage Rygg, "
Helge I. Solheim, ADH
Per Arvid Aasen,
Kristiansand Museum

DELRAPPORTER FRA BASISUNDERSØKELSEN AV
KRISTIANSANDSFJORDEN 1982-84:

- DELRAPPORT 1 (1985): BLØTBUNNSFAUNAUNDERSØKELSER 1983
- DELRAPPORT 2 (1985): METALLER I VANNMASSENE, METALLER OG
ORGANISKE MILJØGIFTER I SEDIMENTENE 1983
- DELRAPPORT 3 (1985): GRUNTVANNSSAMFUNN 1982-83
- DELRAPPORT 4 (1986): MILJØGIFTER I ORGANISMER 1982-84
- DELRAPPORT 5 (1986): VANNUTSKIFTNING OG VANNKVALITET
- DELRAPPORT 6 (1986): KONKLUSJONER

FORORD

Foreliggende rapport oppsummerer resultater og hovedkonklusjoner fra en undersøkelse av forurensningssituasjonen i Kristiansandsfjorden gjennomført i tidsrommet 1982-84. Undersøkelsen inngikk i Statlig program for forurensningsovervåking, administrert av Statens forurensningstilsyn. Kristiansand og Vennesla kommuner, Falconbridge Nikkelverk A/S, Elkem A/S-Fiskaa Verk, Hunsfos Fabrikker, Norsk Wallboard A/S og Høie Fabrikker har bidratt til finansieringen. NIVA har hatt ansvaret for planlegging, gjennomføring og rapportering fra undersøkelsen.

Arbeidsprogrammet har omfattet undersøkelser av:

- forurensningstilførsler
- vannutskiftning og vannkvalitet
- sedimentenes innhold av forurensninger
- dyrelivet på hardbunn
- plante- og dyrelivet i strandsonen og på grunt vann.
- miljøgifter i organismer

På omslagets 4. side er gitt en oversikt over prosjektrapportene. En prioritering av foreliggende rapport fremfor rapporten fra undersøkelsene av vannutskiftning og vannkvalitet medfører at denne ennå ikke er utgitt.

I denne rapporten legges hovedvekten på å gi svar på de spørsmål som forvaltning og allmennhet har stilt seg om tilstanden i fjordområdet.

En rekke institusjoner og privatpersoner har vært engasjert i prosjektet og har bidratt til gjennomføringen (kfr. prosjekt-rapportene). Alle takkes for sin innsats.

Jarle Molvær

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	1
HOVEDKONKLUSJONER	3
1. BAKGRUNN FOR UNDERSØKELSEN	5
2. FORMÅL	7
3. ARBEIDSPROGRAMMET	8
4. HVILKE SPØRSMÅL HAR VI FÅTT SVAR PÅ?	11
4.1 Hvilke områder er forurenset?	11
4.2 Hva skyldes forurensningene?	18
4.3 Hva er konsekvensene for brukere av fjorden?	26
4.4 Hvordan kan tilstanden forbedres?	28
5. HVA MANGLER VI KUNNSKAP OM?	35
5.1 Miljøgifter	35
5.2 Gjødslingseffekter for plantenæringsstoffer	36
5.3 Hygieniske forhold	36

HOVEDKONKLUSJONER

Hovedkonklusjonene fra undersøkelsene av forurensningstilstanden i Kristiansandsfjorden i 1982-84 er:

1. For storparten av fjordområdet fra Flekkerøya i sør til Ålefjær i nord er forurensningsproblemene små eller moderate. Hovedproblemet var (og er) industriutslipp av organiske miljøgifter og metaller til Vesterhavn. Utslippene av organiske miljøgifter har medført at helsemyndighetene har advart folk mot å spise fisk fra Vesterhavn og delvis også fra fjordområdet utenfor. Utslippene av metaller har primært skadet organismesamfunnene i Vesterhavnområdet, og er ingen helsemessig risiko ved konsum av fisk.
 2. Utslippene av metaller ble sterkt redusert mens undersøkelsene foregikk. I noen grad gjelder det også organiske miljøgifter. Analyser av fisk og blåskjell tyder på at utslippsreduksjonene har medført forbedringer i miljøet. Stoffene har imidlertid lang oppholdstid i fisk og andre organismer, og man vet ennå ikke hvilket nivå forbedringen vil stabilisere seg på. Det vil også være avhengig av (potensielle) organiske miljøgifter som tilføres fjordområdet fra treforedlingsindustrien ved Otra, og utlekkingen fra de til dels sterkt forurensede bunnsedimentene i Vesterhavnområdet.
 3. På grunn av god vannutskiftning gir utslippene av kommunalt avløpsvann små gjødslingseffekter på fjorden som helhet. Lokalt, særlig ved bekkeutløp og regnvannsoverløp, kan det være markerte forurensningseffekter. Samling av avløpsvannet, med utslipp på dypt vann og innlagring på 10 - 20m dyp vil alene gi merkbar forbedring både mht. gjødslingseffekter og hygieniske problem.
- Ved utslipp til Vestergapet bør avløpsvannet renses mekanisk. Velger man å etablere et større utslipp til Vesterhavn - Fiskaabukta, bør trolig avløpsvannet renses kjemisk med sikte på å oppnå forbedringer mht. hygieniske forhold og redusert gjødsling av vannmassene.
4. For det planlagte utslippet ved Tangen ved Otrasmunning, og med de nåværende utslipp fra treforedlingsindustrien, er det mer usikkert hva som oppnås ved tiltak utover fjerning av flyttestoffer. Det er trolig mest hensiktsmessig å overvåke tilstanden i området, og la utviklingen vise om det ved økende kommunale utslipp eller eventuelle reduserte industriutslipp kan oppnås vesentlige

forbedringer ved med kjemisk rensing av avløpsvannet.

Det bør nevnes at hvis man med rimelig sikkerhet kan påvise en negativ utvikling i gjødslingsforholdene langs den norske Skagerakk-kysten, kan det raskt bli aktuelt å ta spørsmålet om kjemisk rensing opp til ny vurdering.

1. BAKGRUNN FOR UNDERSØKELSEN

Kristiansandsfjordområdet (se Fig. 1.1) har gjennom årene mottatt store utslipp av forurensende stoffer fra kommunal kloakk og industrielt avløpsvann. Det dreier seg både om nitrogen, fosfor, organisk stoff og store utslipp av metaller. Videre har det vært kjent at området ble tilført forurensninger fra treforedlingsindustrien i nedre deler av Otra. En nærmere omtale av utslippene er gjort i kap 4.2.

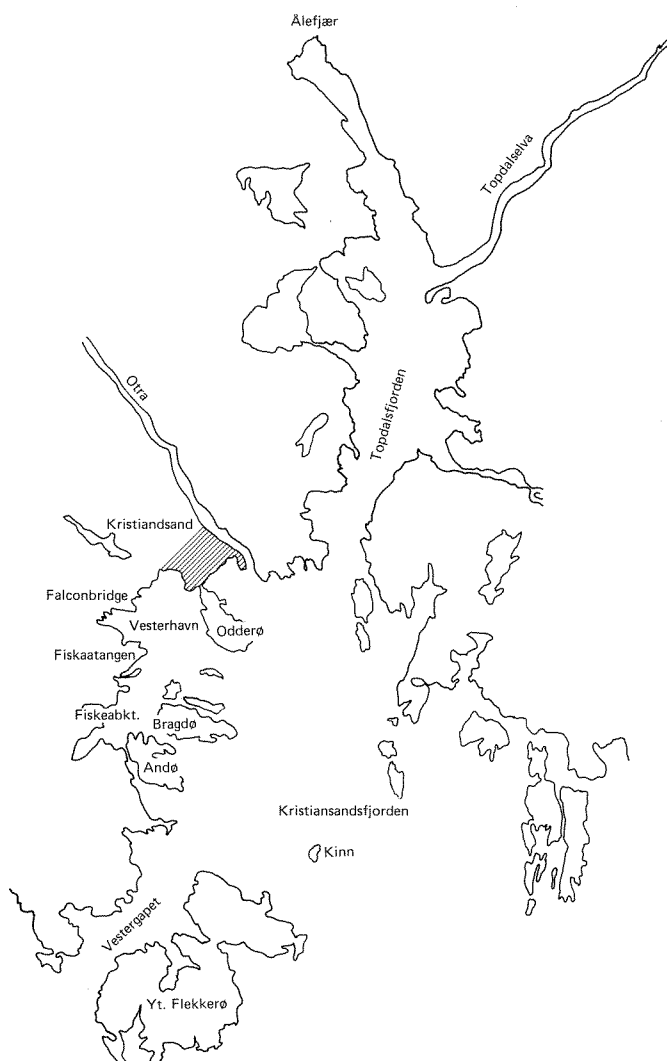


Fig. 1.1. Kart over området som har blitt undersøkt.

En rekke undersøkelser av forurensningssituasjonen i fjordområdet i 1970-årene avdekket eller gav indikasjoner på alvorlige problemer, spesielt i området Vesterhavn - Fiskaabukta.

Dette var bakgrunnen for at Fylkesmannen i Vest-Agder og Statens forurensningstilsyn i 1981-82 tok initiativ til en bred kartlegging av tilstanden i området, som grunnlag for vurdering av tiltak for å redusere forurensningsproblemene. Kristiansand kommunes interesse var spesielt knyttet til spørsmål om utslippssted, utslippsdyp og rensegrad for avløpsvann for områdene vest for Topdalsfjorden. Av industribedriftene i området gav Falconbridge Nikkelverk uttrykk for at de prioriterte undersøkelser av metallforurensningene i Vesterhavnområdet, Fiskaa Verk var interessert i opplysninger som var relevante for bedriftens planer om utslipp av kjølevann. Av mer generell interesse var å få avklart i hvilken grad treforedlingsindustrien ved Otra forurenset fjorden.

At det også var store utslipp av klororganiske miljøgifter til Vesterhavn, var ikke kjent da undersøkelsen ble planlagt.

2. FORMÅL

Hovedmålsettingen som i 1982 ble formulert i arbeidsprogrammet var:

1. *Den nåværende forurensningstilstand i Kristiansandsfjordområdet skal beskrives med hensyn til effekter av kommunal kloakk og industriutslipp.*
2. *Undersøkelsene skal gi grunnlag for å vurdere behovet for utslippsreduksjoner, valg av utslippssted og rensegrad.*
3. *Undersøkelsene skal gi grunnlag for å bedømme virkningene av belastningsendringer, f.eks. ved rensetiltak.*
4. *Undersøkelsene skal gi grunnlag for en senere langsiktig overvåking av tilstanden i fjordområdet.*

Disse hovedformål ble i alt vesentlig beholdt og ansees i hovedtrekk å være oppfylt.

3. ARBEIDSPROGRAMMET

Fra starten av ble undersøkelsen oppdelt i en rekke delprosjekt, som hver hadde sin spesifikke målsetting. Måleprogrammene omtales kort nedenfor.

Kartlegging og kvantifisering av forurensningstilførsler (ansvarlig: Jarle Molvær, NIVA)

Opplysninger om utslipp fra industribedrifter er blitt fremskaffet av SFT. Ved Falconbridge Nikkelverk har bedriften gjennomført et omfattende måleprogram for å kartlegge bedriftens utslipp av organiske miljøgifter. Kristiansand Ingeniørvesen har sammenstilt opplysninger om utslipp av kommunalt avløpsvann. Beregninger av diffuse tilførsler ved avrenning fra landarealer utført av NIVA.

Undersøkelser av vannutskiftning og vannkvalitet (ansvarlig: Jarle Molvær og Helge I. Solheim, Agder Distriktshøgskole).

Undersøkelsene av vannutskiftningen i fjordområdene begynte ved målinger av temperatur og saltholdighet på 6 stasjoner i mai 1981 og ble etter hvert utvidet til å omfatte 21 stasjoner. Hovedvekt ble lagt på karakterisering av oppholdstid for overflatelag og dypvann i de enkelte fjordavsnitt.

Målinger av vannkvaliteten begynte i november 1983 og ble avsluttet i desember 1984. Undersøkelsen omfattet 12 stasjoner, med spesiell vekt på oksygenforhold i dypvannet og konsentrasjoner av fosfor, nitrogen, klorofyll a, algevekstpotensial og siktedyp i den øvre del av vannmassen. Målinger i dypvannet ble utført med ca. 2 måneders mellomrom. Fra overflatelaget ble innsamlet prøver 1-2 ganger pr. måned.

Vannprøver for metallanalyser ble innsamlet på 22 stasjoner i april og november 1983.

Til hjelp ved vurderingen av resultatene er sammenstilt hydrokjemidata så langt tilbake som 1924.

Undersøkelser av fjordsedimentenes innhold av metaller og organiske miljøgifter

(ansvarlig: Kristoffer Næs, NIVA).

Sedimentprøver ble innsamlet ved bruk av corer i april og november 1983, på i alt 25 stasjoner. Prøvene ble analysert for organisk karbon, totalnitrogen, metaller, (jern, sink, kobber, nikkel, krom, kadmium, kvikksølv), polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og klororganiske forbindelser. Kjerner for tre stasjoner ble aldersdatert ved bly-210 isotopen.

Undersøkelser av bløtbunnsfaunaen

(ansvarlig: Brage Rygg, NIVA).

Bløtbunnsfauna kalles de dyresamfunn som lever på og i bunnsedimenter (sand, leire, mudder). Prøver av bunnfaunaen ble i april 1983 innsamlet på 25 stasjoner med en 0,1 m² grabb. På de fleste av stasjonene ble det tatt flere parallelle prøver. Organismene ble deretter plukket ut, artsbestemt og tallet.

Undersøkelser av gruntvannssamfunn

(ansvarlig: Jon Knutzen og Norman Green, NIVA, Per Arvid Åsen, Kristiansand Museum).

Organismesamfunn i fjærebeltet (0-3 m dyp) ble undersøkt på 52 stasjoner i juni-juli 1982 og i august 1983. Organismesamfunn ned til 10-30 m dyp ble undersøkt på 13 stasjoner i juni 1982 og i mai-juni 1983. Undersøkelsen ble stort sett gjort i 5-20 m bredde ut fra stranden. Observasjonene ble dels talt inn på bånd og dels nedtegnet i dykkerjournal. Vanskelig identifiserbare arter ble samlet inn for senere mikroskopanalyse.

På tre stasjoner i Vesterhavn ble data om faunaen innsamlet ved stereofotografering av faste flater på bratt fjell i tilsammen 7 dyp. Feltarbeidet ble utført i juli og november 1982 og 1983.

Undersøkelser av miljøgifter i organismer

(ansvarlig: Jon Knutzen).

Undersøkelsene har omfattet metaller og organiske miljøgifter. For analyse av metaller (bly, nikkel, kobber, jern, krom, kadmium, kvikksølv, sink, kobolt og arsen) ble det i 1982 innsamlet prøver av torsk og skrubbeflyndre (analyse av filet), tang, blåskjell, taskekrabbe, strandsnegl og sjøpung. De fleste av prøvene ble

innhentet i området Vesterhavn - Fiskaabukta, der sterkest påvirkning var ventet.

For analyse av organiske miljøgifter ble det i 1982 analysert på filet og lever fra skrubbeflyndre og torsk, blåskjell og taskekrabbe. Prøveinnsamlingen ble hovedsakelig lagt til Otrás utløp, Vesterhavna og vestsiden av fjorden sørover til Flekkerøya. Materialet ble analysert for klororganiske hydrokarboner og polycykliske aromatiske hydrokarboner.

Da analysene av 1982-materialet viste at hovedproblemet i fjordområdet var forurensning av klororganiske miljøgifter, ble denne delen av undersøkelsen fulgt opp med nye prøveserier i 1983 og 1984.

4. Hvilke spørsmål har vi fått svar på?

Innledningsvis kan det være hensiktsmessig med en definisjon av begrepet forurensning. Vi siterer fra St.meld.nr. 44 (1975-76):

"Forurensning er tilførsel til vann, luft og jord av stoffer eller energi i slike konsentrasjoner eller mengder at det oppstår skade på eller ulemper for menneskers helse og trivsel, plante- og dyreliv, eller skade på materialer."

De sentrale spørsmålene som forvaltning og allmenhet stiller er følgende:

1. Hvilke deler av fjordområdet må karakteriseres som forurenset og hvilken type forurensning gjelder det?
2. Hva skyldes forurensningen?
3. Hva er konsekvensene for organismesamfunn og de mest aktuelle brukerinteresser?
4. Hva kan gjøres for å bedre på forholdene?

For å karakterisere forurensningsgraden vil vi benytte en firedelt skala:

Sterkt forurenset	
Markert	"
Moderat	"
Lite	"

Fordi det ikke finnes vannkvalitetskriterier som kan knyttes til en slik skala, vil den etterfølgende bruk av den være basert på en blanding av konkrete observasjoner og faglig skjønn.

4.1 Hvilke områder er forurenset?

Topdalsfjorden med Ålefjærfjorden fremstår som gjennomgående lite til moderat forurenset. Dette viste seg ved analyse av sedimenter der en generell metalltilførsel fra industri, flyplass osv. har medført at konsentrasjonene for nikkell, bly og kobber var 5-10 ganger over det som ansees som bakgrunnsverdi.

På fire av de dype stasjonene i fjordområdet hadde oksygenmangel slått ut det meste av bunnfaunaen. Dette skyldes liten dypvannsfornyelse/oksygentilførsel på grunn av terskler og belastning med organisk materiale, se fig. 4.1. For Ålefjærfjorden er dette sannsynligvis hovedsaklig en naturlig tilstand (oksygensvikt registrert allerede i 1926), mens tilførsler av organisk materiale og plantenæringsalter fra land (kommunalt avløpsvann, jordbruk) må antas å bidra mer til tilstanden i selve Topdalsfjorden.

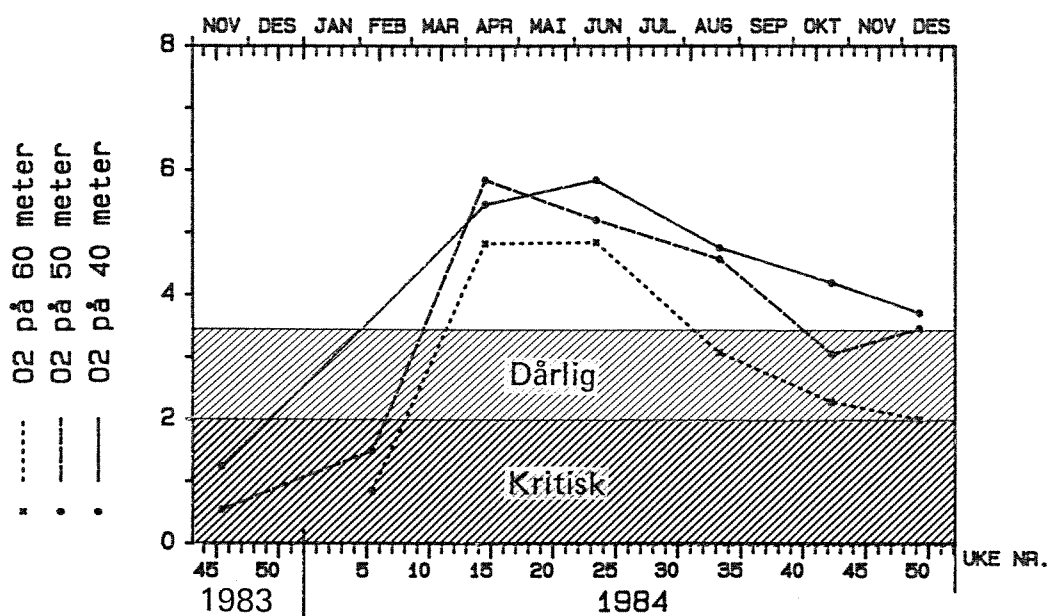
I Kongsgårdsbukta viste undersøkelsene av strandsonen markerte forurensningseffekter på algesamfunnene, og unormalt høyt krominnhold i snegl og tang. De lokale utslippene fra et garveri opphørte i 1983.

I Otras munningsområde og Østerhavn var tilstanden svært varierende. Bortsett fra Galgebergtangen på østsiden av Otras utløp, viste organismesamfunnene i strandsonen bare små avvik fra normaltstanden i en elvemunning og nærområdet til denne. Undersøkelser av bunnfauna og sedimenter viste imidlertid en markert forurensning i Otras munningsområde. Årsaken er organisk materiale og forurensningen som tilføres området fra Otra og Kristiansand by. De biologiske effektene var imidlertid avgrenset til et område innenfor ca. 1 km fra elvemunningen.

Området tilhører den delen av fjorden hvor helsemyndighetene har advart mot å spise fisk (se nedenfor og kap. 4.3).

Vesterhavn og Fiskaabukta fremstår som moderat til sterkt forurensede områder. Bak karakteristikken "sterk forurensning" ligger tilstanden mht. organiske miljøgifter som gjør at fisk og blåskjell fra dette området ikke bør spises, se fig. 4.2 - 4.4 og side 28. Videre er sedimentene i Vesterhavn sterkt forurenset av metaller (spesielt nikkel, kobber, arsen og bly) og organiske miljøgifter, se Fig. 4.5. I Fiskaabukta var konsentrasjonene for metaller betydelig lavere, mens konsentrasjonene av polycykliske aromatiske hydrokarboner var meget høye, opptil 800 x bakgrunnsverdien. Også i blåskjell, strandsnegl og tang var metallinnholdet betydelig høyere i denne delen av fjorden enn lenger ute.

Oksygen på stasjon T2



Oksygen på stasjon T3

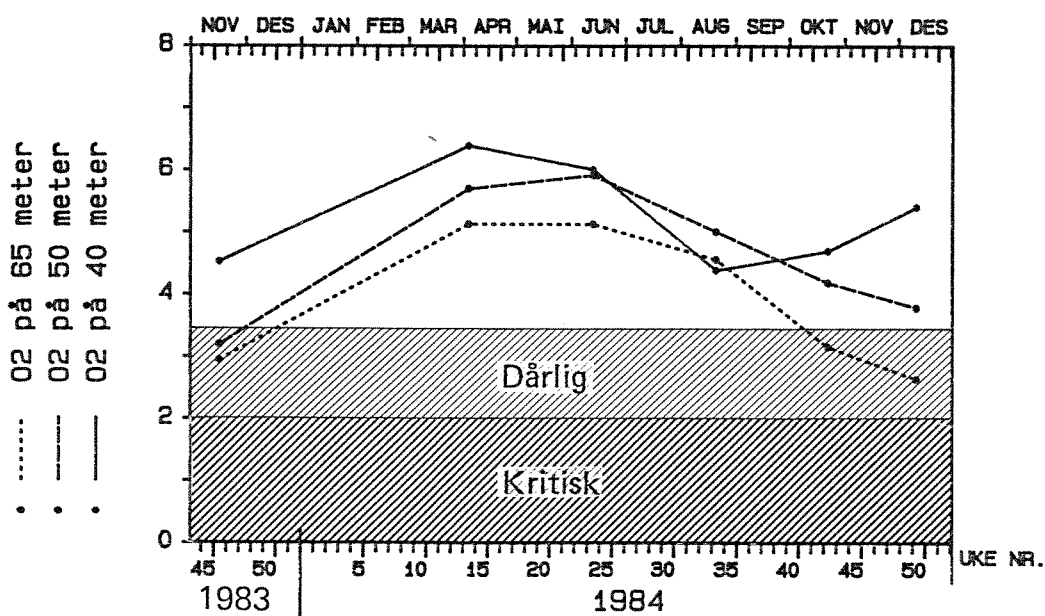


Fig. 4.1 Oksygenforhold (ml O₂/l) i dypvannet i Ålefjærfjorden (st. T2) og Topdalsfjorden (st. T3) i tidsrommet november 1983 - desember 1984. Grenser for kritiske og dårlige forhold er vist med skravur. 1 ml O₂/l = 0.70 mg O₂/l

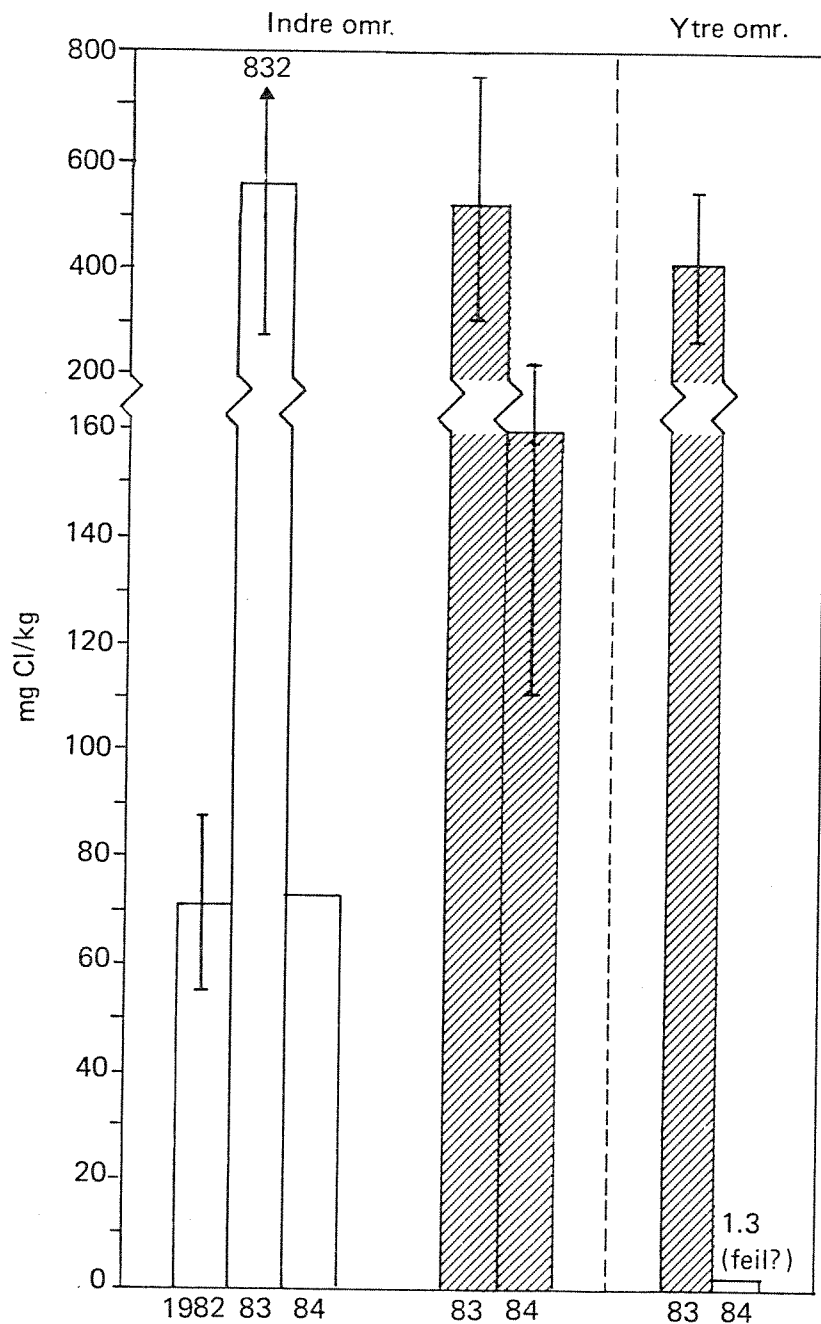


Fig. 4.2 EPOCl i filet av skrubbe (*Platichthys flesus*) og torsk (*Gadus morhua*) fra Kristiansandsfjorden 1982-84, mg/kg fett. Middell og variasjon \pm for to parallelle blandprøver. (EPOCl = ekstraherbart persistent organisk bundet klor). Konsentrasjonene i 1984 var lavere enn i 1983, men tendensen ennå usikker.

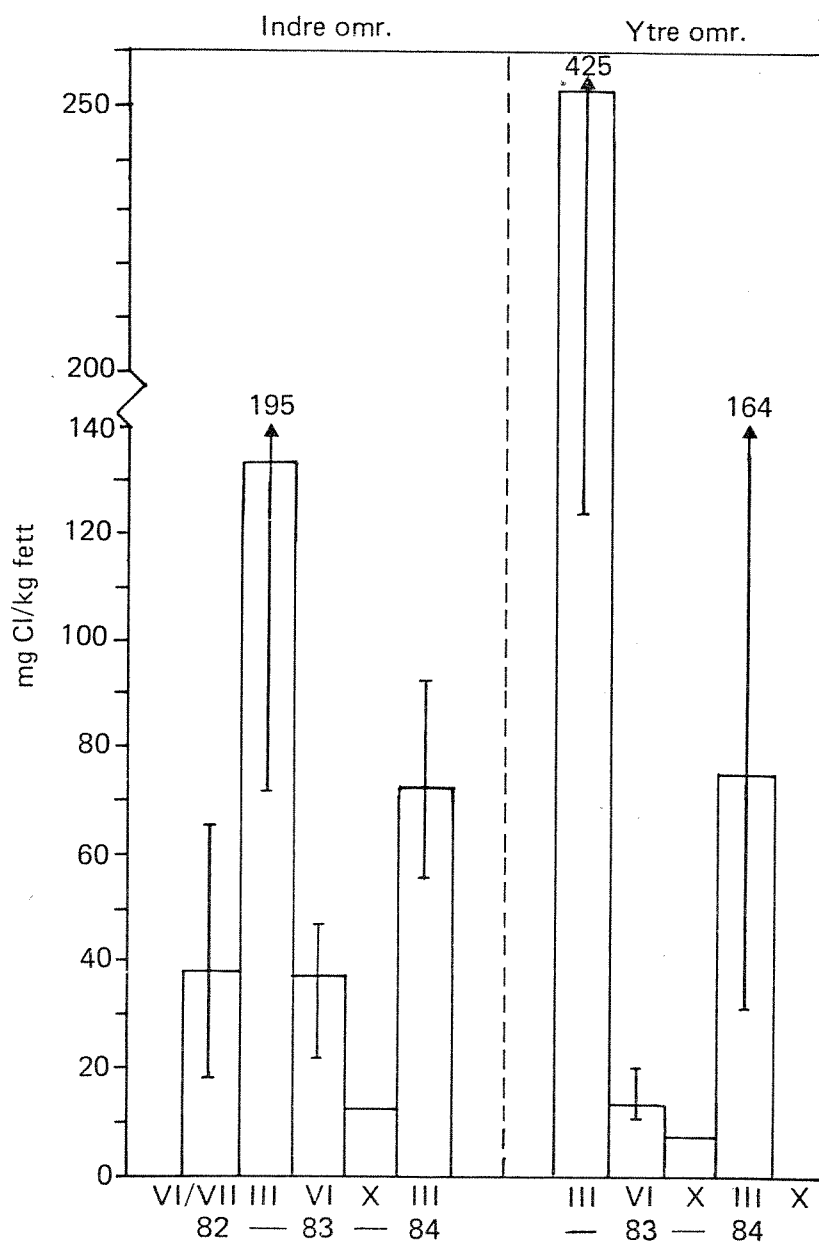


Fig. 4.3 EPOC1 i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Kristiansandsfjorden 1982-84, mg/kg fett. Middell og variasjon av flere stasjoner. Avrundede verdier. (EPOC1 = ekstraherbart persistent organisk bundet klor). Nedgang fra 1982 til 1983, men økning igjen i 1984. Tendensen usikker.

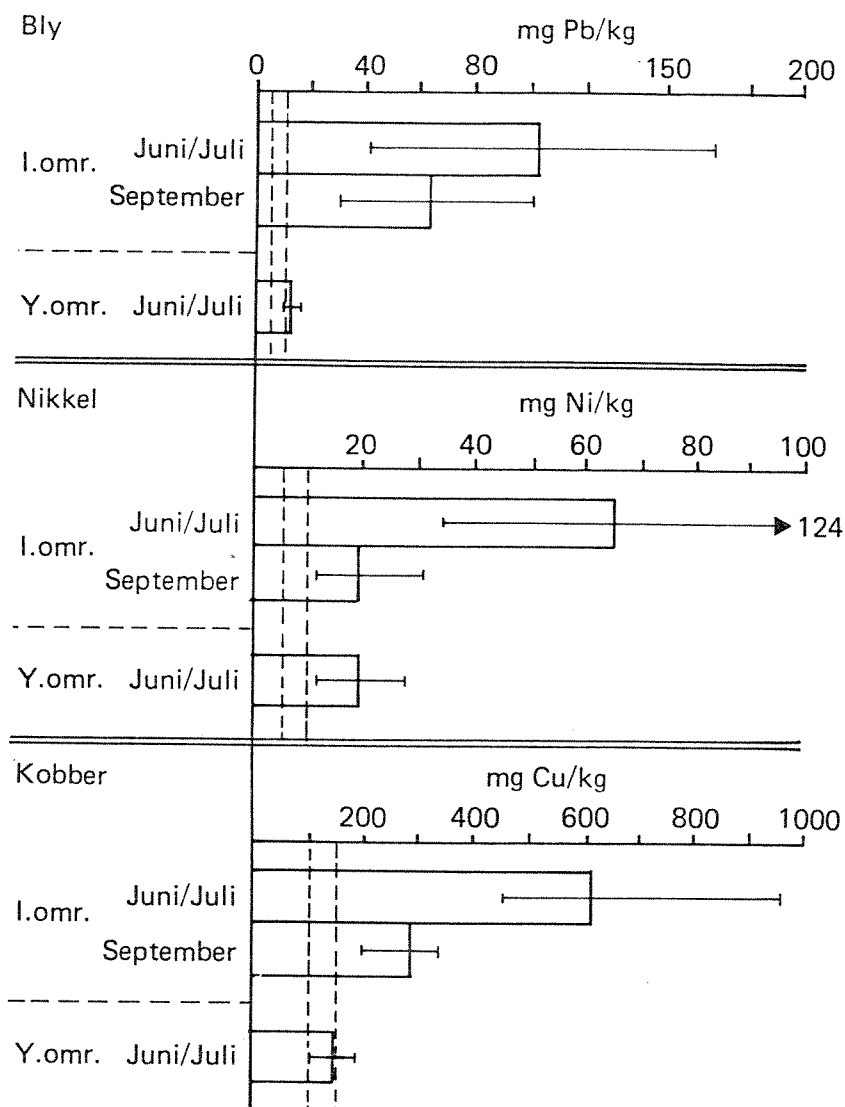


Fig. 4.4 Middelværdier og variasjonsområde ---|--- for bly, nikkel og kobber i strandsnegl (*Littorina littorea*) fra indre og ytre del av Kristiansandsandsfjorden 1982, mg/kg tørrvekt. "Høyt normalnivå" ==== . Klart lavere konsentrasjoner i indre område etter redusert utslipp fra Falconbridge Nikkelverk fra månedsskiftet juni/juli 1982. Konsentrasjonene i ytre område vesentlig lavere enn i indre.

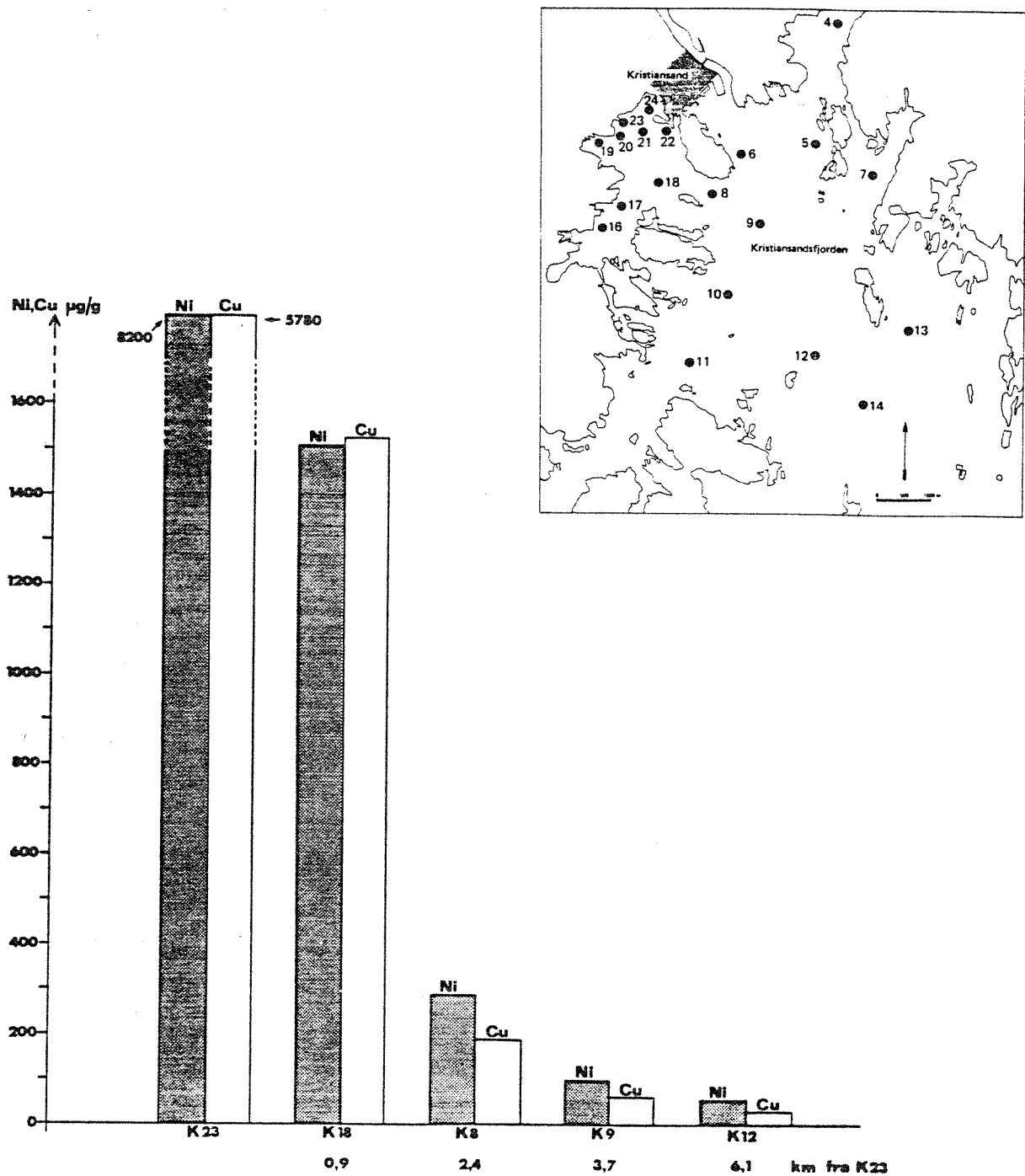


Fig. 4.5 Nikkel (Ni) og kobber (Cu) konsentrasjoner i overflatesedimentet (0-1 cm) i Kristiansandsfjorden. Høye konsentrasjoner i hele Vesterhavn/Fiskaabukta. (NB! brutt skala for st. K23.)

De biologiske undersøkelsene samsvarer med denne beskrivelsen. Faunaen på bunnen viste tilsvarende forurensningseffekter. I en bunnflate på 3-5 km² er faunaen sterkt redusert, spesielt i området like utenfor Falconbridge Nikkelverk, se Fig. 4.6. Hovedårsaken er utslipp av jernslam fram til sommeren 1982, men også utslipp/avrenning fra selve Kristiansand by påvirker tilstanden i området. Lenger sør - i Fiskaabukta - var det moderate forurensningseffekter omkring et større kloakkutslipp.

Tilsvarende viste alge- og dyresamfunnene i strandsonen markerte til sterke forurensningseffekter i Hannevigsbukta. Effektene fremsto som sterkt reduserte og unormalt sammensatte samfunn, og må i det vesentligste skyldes industriutslipp. Sikre forurensningseffekter avtok raskt utover mot linjen Kjeholmen - Dybingen - Odderøya fyr, se Fig. 4.7.

Hovedfjorden

Såvel de biologiske undersøkelsene (bløtbunnsfauna, gruntvannsamfunn), som undersøkelser av sedimenter og vannkvalitet, har bare registrert svake til moderate forurensningseffekter i denne delen av fjordområdet.

Innholdet av klororganiske miljøgifter i torsk, skrubbeflyndre og blåskjell har vist en uklar utvikling fra 1982 til 1984. Totalmengden av ekstraherbart persistent organisk bundet klor var i 1984 både for skrubbeflyndre og blåskjells vedkommende omlag like høy som i 1982-83, til tross for utslippsbegrensende tiltak hos Falconbridge Nikkelverk. For komponenten heksaklorbenzen var konsentrasjonene i torsk i 1984 på et nivå som en vanlig finner i områder med bare spredte, diffuse tilførsler. På bakgrunn av fortsatt høyt innhold av "totalt klor", må området karakteriseres som lite til markert forurenset.

4.2 Hva skyldes forurensningene?

I det etterfølgende skal vi kort gjennomgå hovedkildene for de stoffene som har medført de forurensningsproblemene som nettopp er omtalt.

Organiske miljøgifter

Hovedkilden for de klororganiske forbindelsene (heksaklorbenzen, oktaklorstyren, pentaklorbenzen, klorerte alkylbenzener) er

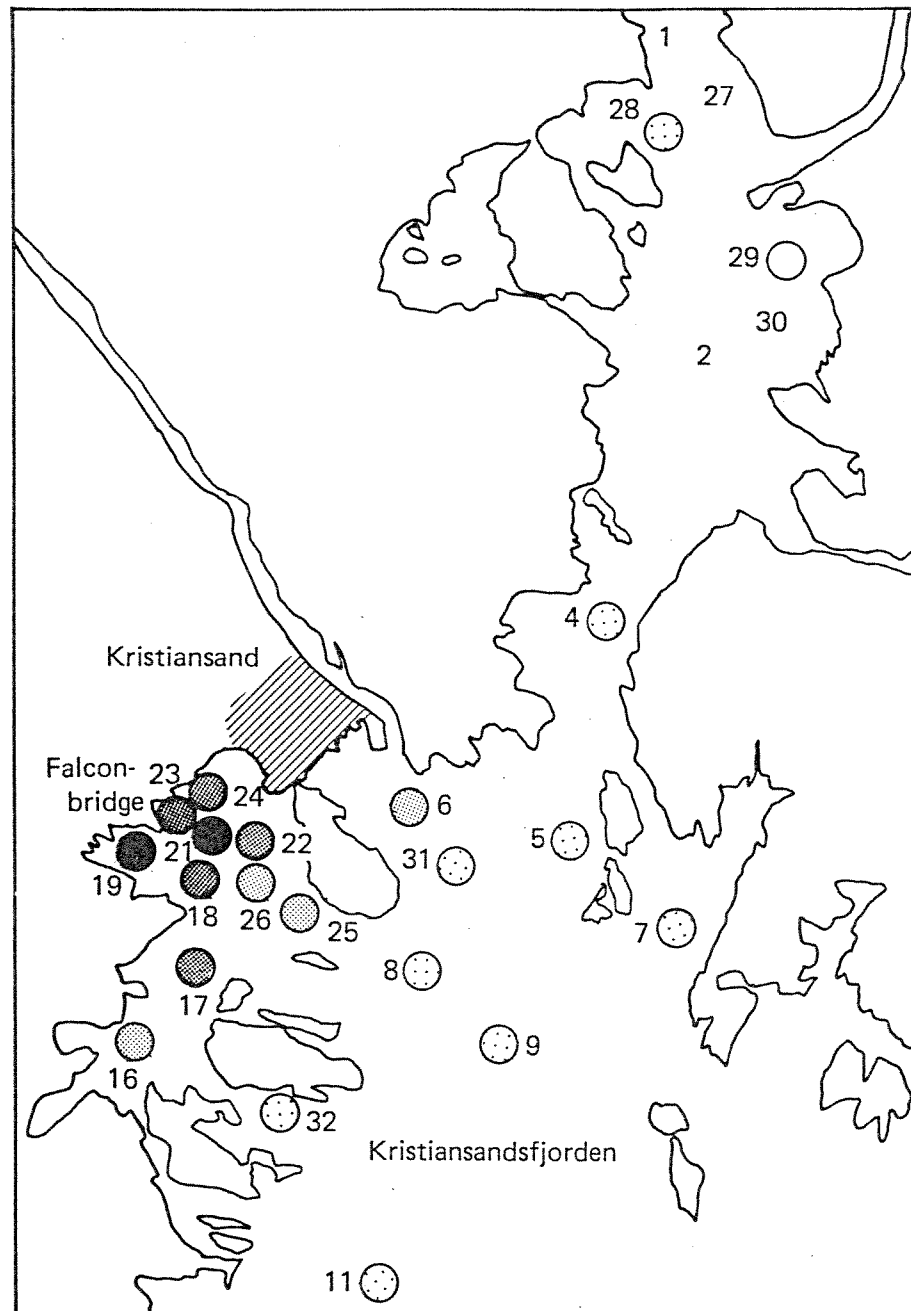


Fig. 4.6 Kart med stasjonene tegnet inn med symboler (gråskala) som tilsvarer artsmangfoldet slik det er fremstilt nedenfor. På stasjonene 1, 2, 27, og 30 kunne artsmangfoldet ikke bestemmes pga. for få dyr i prøvene.

Artsmangfold	Høyt	Lavt
	Normalt	Svært lavt
	Moderat	

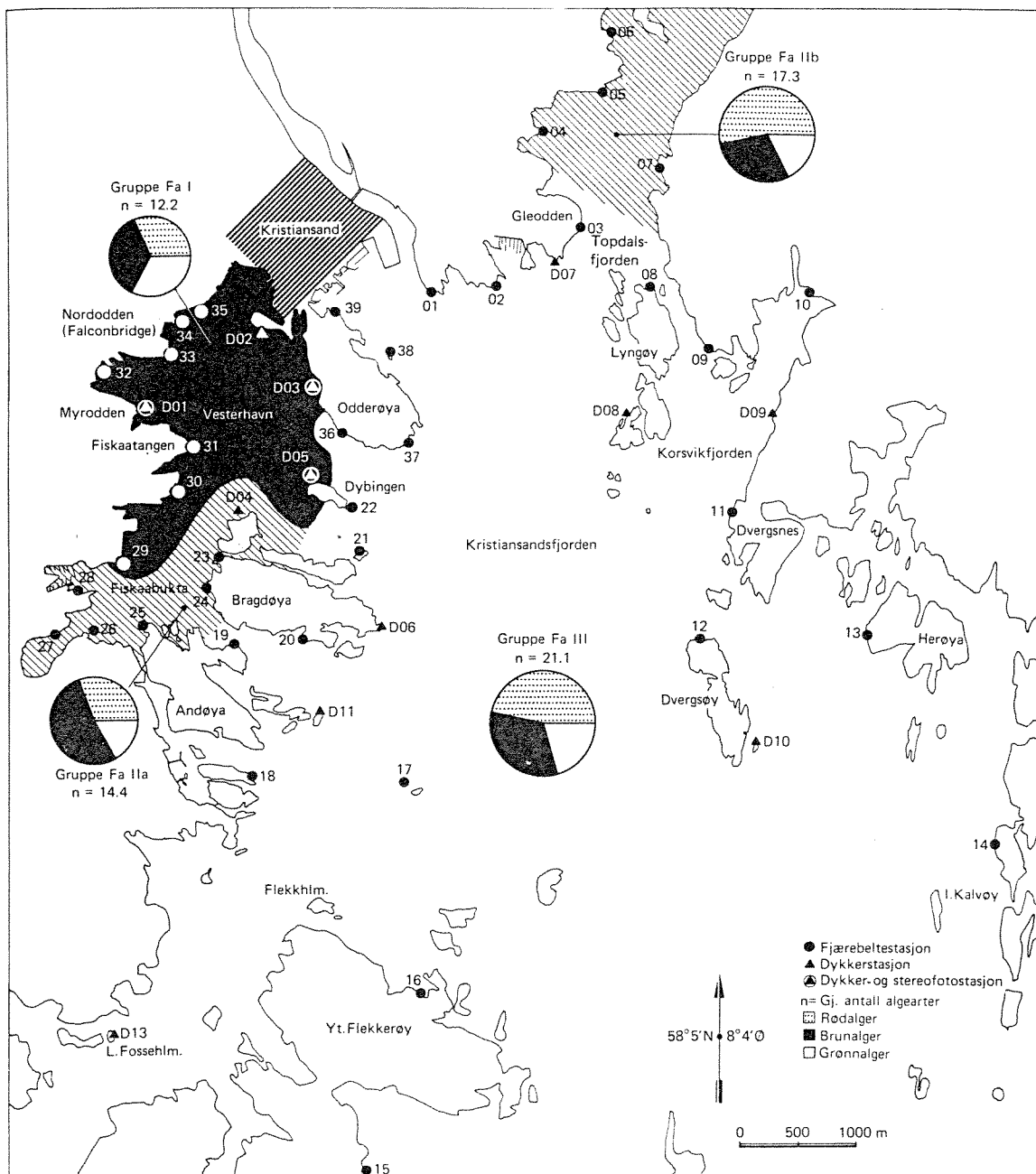


Fig. 4.7 Antall rød-, brun- og grønnalger i fjærebeltet (ikke St.D12) 1982-83. Gjennomsnitt for stasjonene i 4 geografiske områder. Belastningen på Vesterhavn - Fiskaabukta vises ved færre algearter og større antall grønnalger.

Falconbridge Nikkelverk A/S. Kartleggingen av tilførslene til fjordområdet er ennå ikke avsluttet, men de resultatene som foreligger tyder på at Vesterhavn tilføres ca. 8 kg ekstraherbart persistent organisk bundet klor (EPOCl) pr døgn.

EPOCl er en samlebetegnelse for klororganiske forbindelser som er lite nedbrytbare og som omfatter mange stoffer som er kjent som miljøgifter. Den kartlegging og kvantifisering av utslipp fra Falconbridge Nikkelverk som nå gjennomføres tyder på at denne bedriften er en hovedkilde for denne stoffgruppen. Resultater fra overvåkingen av nedre del av Otra og sedimentanalysene utenfor OTRAS munning viser imidlertid at elva bidrar med en betydelig del, sannsynligvis fra Hunsfos fabrikker.

Forurensningen av polycykliske aromatiske hydrokarboner (spesielt i sedimenter, men også noe i blåskjell) skyldes sannsynligvis mest påvirkning fra tidligere utslipp fra Fiskaa Verk og delvis noe overflateavrenning fra Kristiansand byområde.

Metaller

Med unntak for kromutslippet til Topdalsfjorden fra Kongsgård garveri (størrelsen ukjent, opphørt i 1983), har utslippene av metaller i alt vesentlig foregått til Vesterhavn. Den dominerende kilden der er Falconbridge Nikkelverk A/S. Fig. 4.8 viser utslippene av nikkel, kobber, kobolt og bly til Vesterhavn for tidsrommet 1981-85. Man ser klart nedgangen da Falconbridge reduserte sine utslipp sommeren 1982 og 1. halvår 1985.

I tillegg tilføres Vesterhavn hvert døgn trolig i størrelsesorden 0,05 kg kadmium og 0,05 kg kvikksølv - i hovedsak som avrenning fra byområdet og fra kommunal kloakk.

Organisk stoff

Både direkte utslipp av kommunalt og industrielt avløpsvann, og OTRAS transport av treforedlingsindustriens utslipp av organisk stoff tilfører fjordområdet organisk stoff. I mindre grad tilføres organisk stoff ved avrenning fra landarealer.

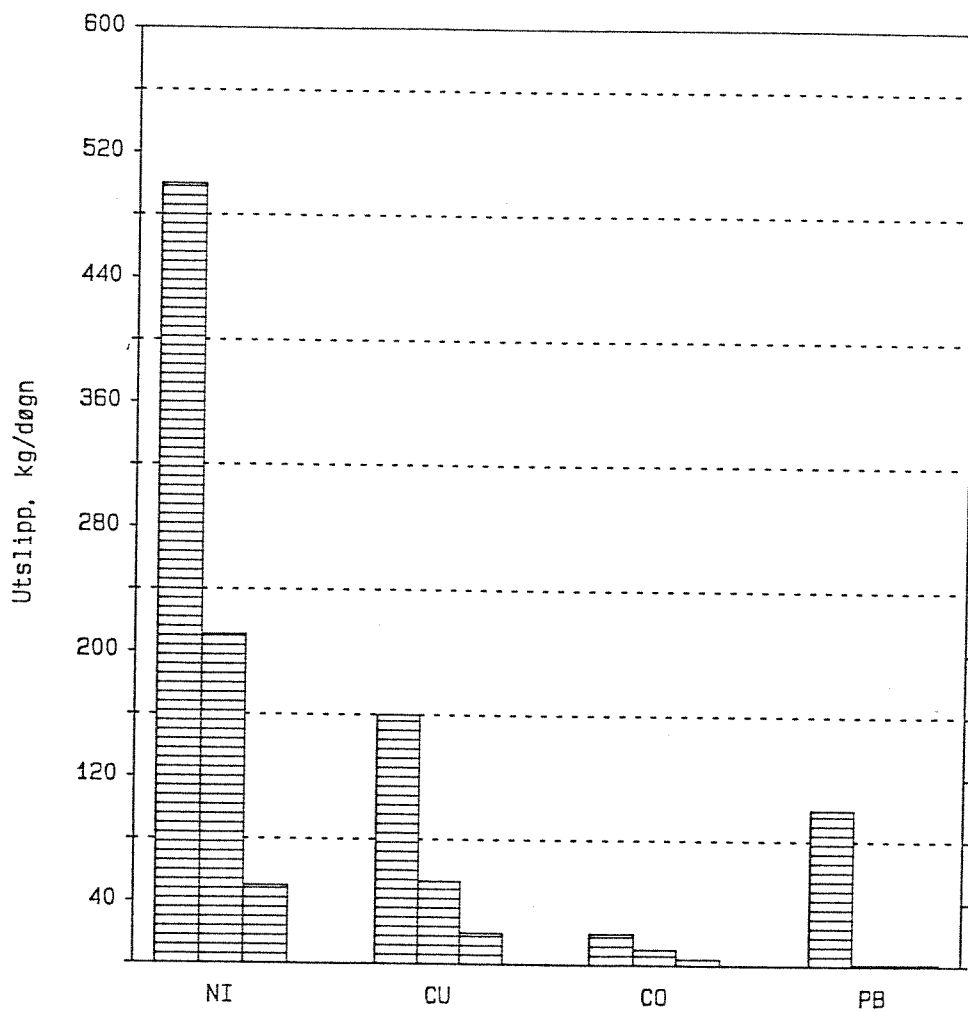


Fig. 4.8 Utslipp av nikkel (Ni), kopper (Cu), kobolt (Co) og bly (Pb) fra Falconbridge Nikkelverk. Søylene viser i rekkefølge fra venstre til høyre utslippet fram til juli 1982, fra juli 1982 til årsskiftet 1984/85 og fra og med 1985.

Tilførslene kvantifiseres ved størrelsen BOF_7 (biokjemisk oksygenforbruk over 7 døgn), med enheten $kg O_2/døgn$ eller $tonn O_2/år$. Utslipp til enkelte fjordområder er beregnet til:

Ålefjærfjorden: 2 - 3 $tonn O_2/år$

Topdalsfjorden: 270 " "

Østerhavn/Kristiansandsfjorden: 800 $tonn O_2/år$

Vesterhavn - Fiskaabukta: 680 " "

Vi understreker at dette er usikre tall. For Østerhavn/Kr.fjorden er den virkelige belastningen sannsynligvis vesentlig høyere ettersom bidraget fra Hunfos, Norsk Wallbord og Høie Fabrikker ikke er med. Utslippene fra disse bedriftene tilsvarer 4000-4500 $tonn O_2/år$, men den andelen som når fjordområdet er ukjent pga. nedbrytning og sedimentering av organisk stoff i løpet av de timene det tar før utslippene fra bedriftene når sjøen.

Fosfor og nitrogen

De enkelte fjordavsnitts tilførsel fra land av fosfor og nitrogen er vist i fig. 4.9a og 4.10a. Med unntak for Ålefjærfjorden er det utslipp av kommunalt avløpsvann som står for den dominerende tilførslen.

De fjordavsnittene som mottar utslippene er av varierende størrelse. For bedre å kunne sammenligne belastningene benytter vi en "spesifikk belastning", dvs. tilførselen pr. km^2 , fig. 4.9b - 4.10b. Vesterhavn fremstår som det klart hardeste belastede området. Her bør tilføyes at den relativt lave belastningen på hovedfjorden må sees i sammenheng med det store arealet (ca. $32 km^2$ mot $4 km^2$ for Vesterhavn - Fiskaabukta).

Ved siden av tilførslene fra land og ved nedbør vil de enkelte fjordavsnittene bli tilført fosfor og nitrogen gjennom vannutskiftningen med de omkringliggende vannmassene. Dette bidraget blir nærmere vurdert i kap. 4.4.

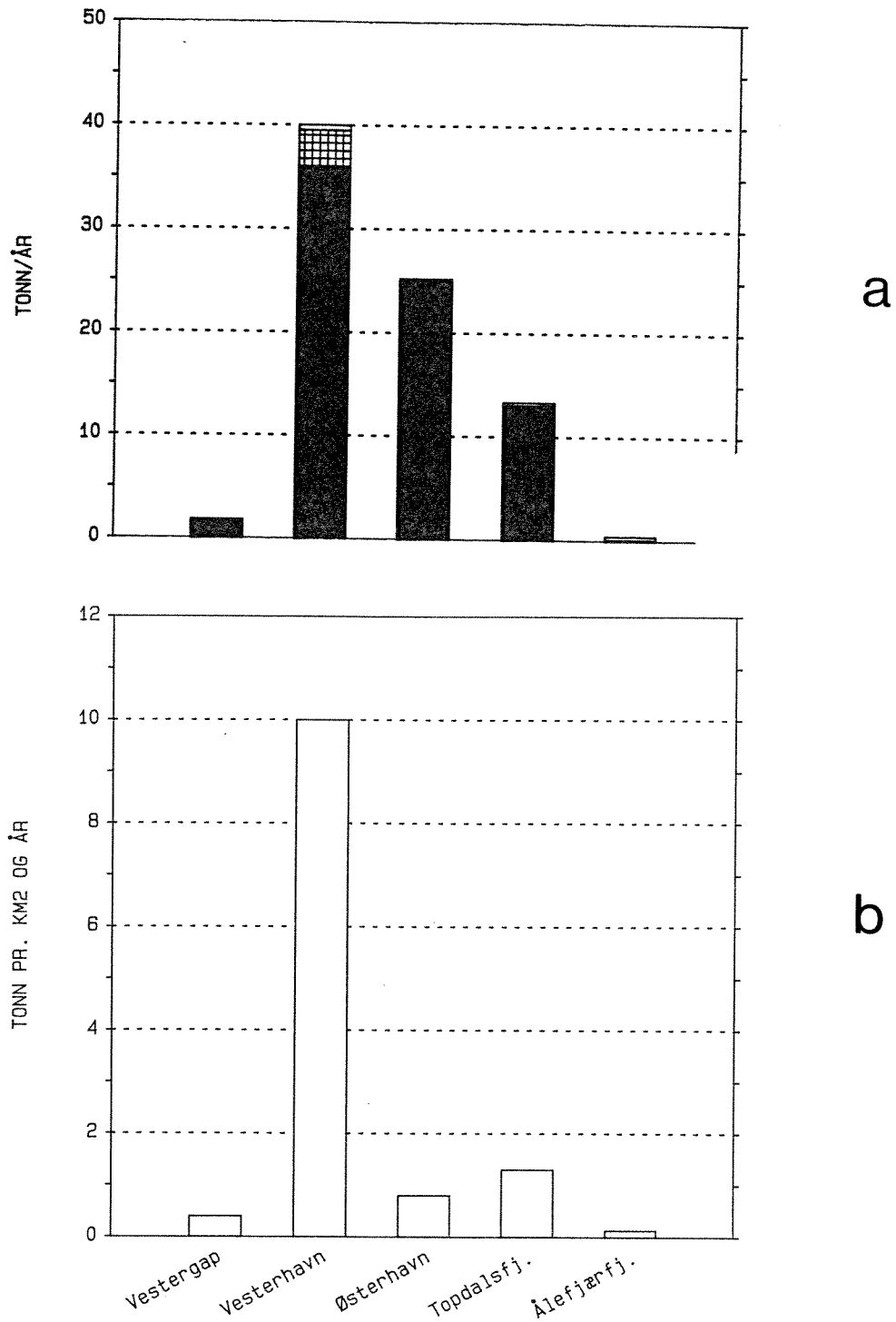
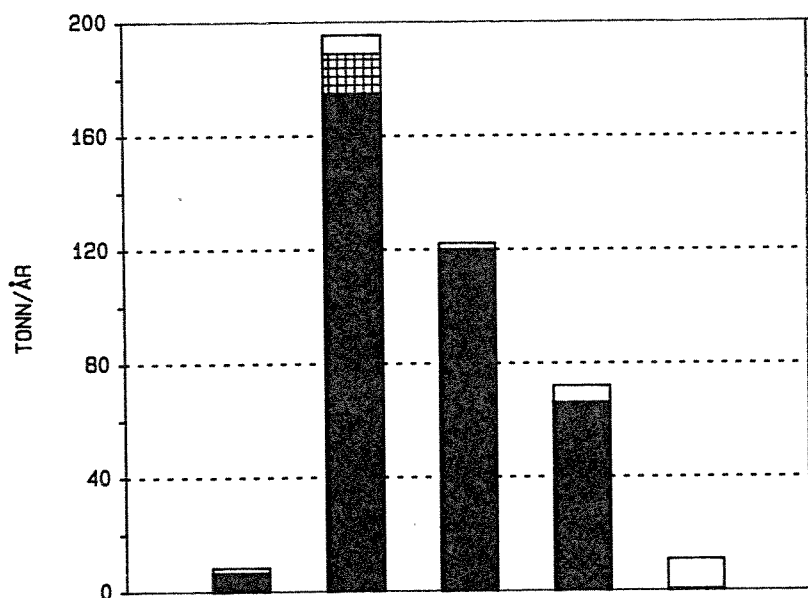
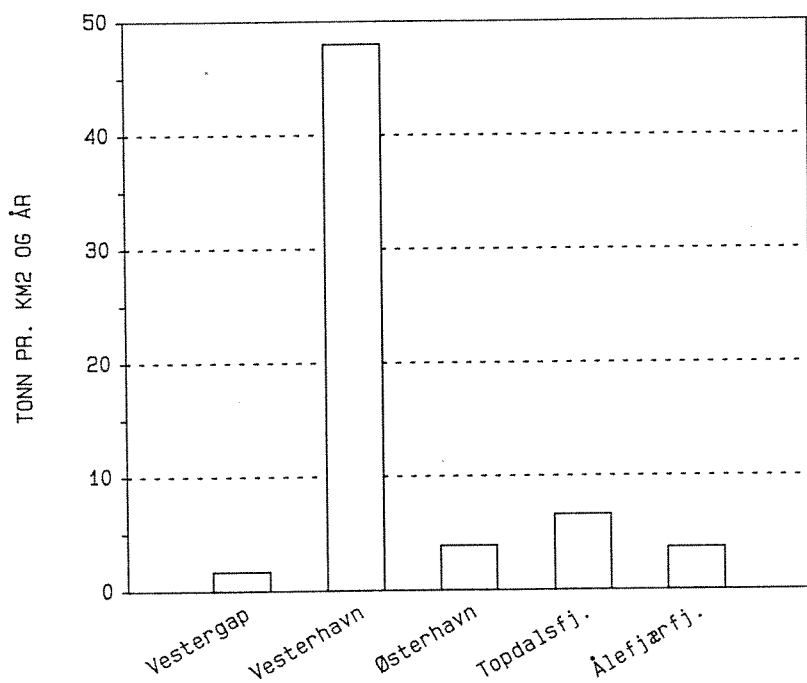


Fig. 4.9. Midlere fosfortilførsel fra land til de enkelte fjordområdene.
 a: Mørkt felt: kommunalt avløpsvann. Rutete felt: andre kilder.
 b: Tilførsel pr. km² fjordoverflate.



a



b

Fig. 4.10. Midlere nitrogentilførsel fra land til de enkelte fjordområdene.

a: Mørkt felt: kommunalt avløpsvann. Rutete felt: andre kilder.

b: Tilførsel pr. km² fjordoverflate.

4.3 Hva er konsekvensene for brukere av fjorden?

Nedenfor er listet opp de vanligste bruksformer og antatt tilhørende generelle krav til vannkvalitet i Kristiansandsfjordområdet.

Bruksform	Generelle krav til vannkvalitet
Bading	Helsedirektoratets krav til badevann for friluftsbad bør tilfredsstilles: * Tilfredsstillende klart vann. * Tilfredsstillende bakteriologisk kvalitet i fjorden skal opprettholdes. * Det må ikke oppstå luktdannelser i vannmassene nær bebyggelse. * Estetisk skjemmede forurensning som flytestoffer m.v. må ikke forekomme.
Brettseiling	For brettseiling er det ønskelig at Helsedirektoratets krav til badevann er oppfylt. * Luktdannelser i vannet uønsket. * Estetisk skjemmende forurensninger uønsket.
Fiske og skjellsanking	* Tilstrekkelig oksygeninnhold i vannmassene. * Tilstrekkelig lave konsentrasjoner av giftstoffer i fjorden til å unngå at disse akkumuleres i fisken til risikable nivåer.
Industri- virksomhet	Vanligvis ingen Iblant spesielle krav
Transport	Ingen
Resipient	Ingen
Arealbruk nær fjorden	* Det må ikke oppstå luktdannelser * Estetisk skjemmende forurensninger må ikke forekomme

Undersøkelsen har bare omfattet en del av disse kravene, som blir kommentert nedenfor.

Når det gjelder bading er det klart at utslipp av fosfor og nitrogen medfører økt planktonproduksjon i vannmassene, økte grønnalgeforekomster i strandsonen, nedsetter siktedypet og skaper uklart vann i Vesterhavn - Fiskaabukta. Helsedirektoratets krav til friluftsbad er at siktedypet skal være bedre enn 2-3m. Dette kravet var oppfylt under alle måleseriene.

Brettseiling vurderes som bading.

Forurensningene berører fiskemulighetene på to måter. For det første kan miljøforhold og næringsgrunnlag være så dårlig at fiskebestanden i enkelte områder reduseres. Fjordundersøkelsen har vist at bunnfauna og dermed bunnlevende fisk har svært dårlige miljøforhold i Vesterhavn-området, og delvis i Østerhavn og ved OTRAS munning. I Vesterhavn er også organismesamfunnene i strandsonen svært fattige. Det er neppe tvil om at dette gir negative effekter på fiskestammen i Vesterhavn - Fiskaaområdet.

I Ålefjærfjorden og til dels også selve Topdalsfjorden opptrer perioder med dårlige til kritiske oksygenforhold i bunnvannet. Bunnfaunaen er tilsvarende redusert. Konsekvensen er at fisk som ernærer seg av bunnfauna finner lite mat. Når dårlige/kritiske oksygenforhold opptrer i vinterhalvåret, vil fisk som naturlig oppholder seg i dypvannet måtte trekke ut av fjorden pga. lite oksygen og lite næring.

Fiskens og skalldyr (blåskjell, krabber o.l.) innhold av miljøgifter er det andre forholdet som begrenser fiskemulighetene i området. Her er det ikke innholdet av metaller, men klororganiske miljøgifter som er problemet. Helsesråskkontoret og næringsmiddelkontrollen i Kristiansand har vurdert problemet og har gjennom dagspressen advart folk mot å spise fisk fra Vesterhavn og delvis også fra det ytre område, se følgende advarsel innrykket 4.9.84 i dagspressen i Kristiansand:

Advarsel

Nye undersøkelser foretatt i Kristiansandsfjorden viser fortsatt høyt innhold av klorerte hydrocarboner (PCB, HCB etc.) i stasjonære fiskesorter.

Kristiansand Helseråd må derfor innskjerpe tidligere advarsel mot å spise fisk som fanges i Vesterhavnen. (Fjordområdet innenfor Odderøya/Bragdøya).

Av fisk som fanges i østre og ytre fjordområde må spesielt leverer ikke spises – og heller ikke flyndre fra dette området.

Kristiansand helseråd

**Kjøtt- og næringsmiddel-
kontrollen i Vest-Agder**

Resultatene for prøvene som ble innsamlet i 1985 foreligger ikke ennå, og advarselen står fortsatt ved lag.

4.4 Hvordan kan tilstanden forbedres?

Til å forbedre forurensningstilstanden i fjordområdet kan man i prinsippet anvende to angrepsmåter:

1. Redusere konsentrasjonene av forurensende stoff i vannmasser, sedimenter og organismer ved å redusere utslippene til fjordområdet: dette skjer vanligvis ved å rense avløpsvannet eller legge om prosesser i bedrifter.
2. Redusere konsentrasjonene i vannmassene og i sedimentene gjennom utslipp til områder med god fortykning og med god transport ut av systemet. Mengden av forurensende stoff reduseres altså ikke, men de negative effektene reduseres ved å utnytte naturlige fortyknings- og transportmekanismer.

Dyputslipp med innlagring av avløpsvannet bør normalt ansees som et supplement og ikke som et alternativ. I praksis kombineres gjerne tiltakene. Ved utslipp av bestandige, akkumulerende miljøgifter er det vanligvis bare reduksjoner i utslippene som kommer på tale.

Av de foregående kapitlene fremgår at miljøproblemene i fjordområdet i

hovedsak er knyttet til nåværende og til dels tidligere industriutslipp av metaller og organiske miljøgifter, samt organisk stoff, fosfor og nitrogen fra utslipp av industrielt og kommunalt avløpsvann. Ser vi bort fra avgrensede problemer ved enkeltutslipp, har undersøkelsen vist at forurensningsproblemene i hovedsak er konsentrert om Vesterhavn, Fiskaabukta, Østerhavn og Otras munningsområde. I det følgende vil vi kort skissere aktuelle tiltak for å bedre forholdene.

Forurensning av metaller

Hovedkildene for utslipp av metaller til fjordområdene er Falconbridge Nikkelverk A/S, avrenning fra gater og byområder samt utslipp av kommunalt avløpsvann (ofte inkludert noe industrielt avløpsvann). Metallforurensningen er i hovedsak begrenset til Vesterhavnområdet, der Falconbridge Nikkelverk har sine utslipp. Som Fig. 4.8 illustrerer, er bedriftens metallutslipp blitt vesentlig redusert siden 1981/82. Blant annet er utslippet av jernslam redusert fra ca. 6000 kg/d (1981/82) til ca. 100 kg/d (1985/86), og utslippet av kobber redusert fra ca. 160 kg/d til ca 20 kg/d.

De siste utslippsreduksjonene fant sted i 1985, og det er uvisst i hvilken grad de nåværende metallutslipp skaper miljøproblemer i området.

En annen sak er at utslippene av jernholdig slam fram til sommeren 1982 har lagt store deler av bunnen i Vesterhavn øde, ved siden av at metallinnholdet i bunn sedimentene er så høyt at det kan være giftig for organismer som lever i disse. Hvis det ikke gjøres noe for å bedre forholdene på bunnen, vil det sannsynligvis gå ca. 10-20 år eller mer før naturlig sedimentasjon gir livsgrunnlag for en mer naturlig bunnfauna. Av tiltak for å bedre forholdene har man bare valget mellom å fjerne sedimentene ved mudring eller å dekke over dem. Tatt i betraktning at det dreier seg om et bunnområde på 2-4 km² vil begge deler være svært store arbeidsoppgaver. Med hensyn til overdekning kan nevnes at man ofte regner med at det behøves 25-50 cm tykt lag for å unngå at:

1. erosjon (strømmer, bølger) fjerner overdekningen
2. metaller lekker igjennom
3. bunnlevende og gravende organismer kommer i kontakt med de forurensede sedimentene.

Hvis et så tykt lag må brukes i Vesterhavn, krever det i

størrelsesorden 0,5 - 2 millioner m³ masse. Hvilken tykkelse som er nødvendig/ønskelig i Vesterhavn og hvordan en eventuell overdekning teknisk bør gjennomføres, må utredes spesielt.

Forurensning av organiske miljøgifter

Kjente kilder for tilførsel av organiske miljøgifter er Otra (fra treforedlingsindustrien), avrenning fra gater og byområder, industriutslipp og kommunalt avløpsvann.

Selv om de andre kildene ikke er kvantifisert, er det liten tvil om at utslippet fra Falconbridge Nikkelverk er hovedgrunnen til problemene i Vesterhavn - Fiskaabukta, og i det minste gir et vesentlig bidrag til forurensningen av selve Kristiansandsfjorden. Bedre forhold henger derfor nær sammen med reduserte utslipp fra bedriften.

Konsentrasjonene av organiske miljøgifter i fisk og blåskjell har avtatt siden 1982, sannsynligvis på grunn av reduserte utslipp fra Falconbridge Nikkelverk. Imidlertid er det ikke registrert noen tendens til reduksjon hva angår totalinnholdet av tungt nedbrytbare klororganiske forbindelser. Ennå er det uvisst hvilket nivå konsentrasjonene vil stabilisere seg på, men for Vesterhavn er det realistisk å regne med behov for betydelige utslippsreduksjoner fra Falconbridge Nikkelverk før fisk og blåskjell i dette området kan spises uten betenkeligheter.

Som tilfellet er for metaller, inneholder sedimentene i Vesterhavn også store mengder organiske miljøgifter, og er en potensiell kilde til forurensning av miljøet. Skal noe gjøres med dette, er overdekning eller mudring aktuelt.

Forurensning av kommunalt avløpsvann.

Hovedproblemene i denne sammenheng er avløpsvannets innhold av bakterier og virus, gjødslingseffekter av fosfor og nitrogen, samt estetiske problemer bl.a i forbindelse med flyttestoffer og forsøpling av strandsonen. Det meste av dette er lokale problem, knyttet til fjordområdene ved Kristiansand.

For nitrogen og fosfor bør man imidlertid også vurdere et større perspektiv. Forekomsten av giftige planktonalger langs kysten av Sør-Norge synes å ha økt de senere år. Ennå finnes det ikke dataserier

lange og gode nok til at man kan få bekreftet eller avkreftet om dette er riktig. Inntil det spørsmålet er besvart og det eventuelt er avklart i hvilken betydning utslipp fra Norge har i denne sammenhengen, kan det være riktig med en restriktiv holdning til utslipp av urensset eller lavgradig rensset kommunalt avløpsvann.

Vi vil imidlertid vurdere utslippene ut fra de lokale hensyn. Hvilken vekt som skal legges på regionale hensyn må bli et miljøpolitisk spørsmål.

Et annet forhold som vi ikke vurderer er om den utstrakte bruken av fjordområdet til friluftaktiviteter, og brukernes behov for å vite at det ikke er forurenset, tilsi et noe sterkere rensing enn tilfellet ville være for utslipp til et mindre attraktivt område.

Undersøkelser av de hygieniske forhold i fjordområdet ivaretas av helsemyndighetene i Kristiansand og har ikke vært behandlet i denne rapporten. Det er imidlertid klart at de problemene som eksisterer i stor grad vil bli redusert ved de planene som foreligger for samling og utslipp av kommunalt avløpsvann ved Otras munning og på strekningen Vesterhavn - Vestergapet.

For denne strekningen vurderer Kristiansand kommune utslipp til Vestergapet eller til Fiskaabukta - Vesterhavn. Samlet utslipp vil være 30-35000 pe, som tilsvarer ca. 75 kg fosfor og ca. 400 kg nitrogen pr. døgn.

Målinger av vertikale tetthetsprofiler i Vestergapet tyder på at med et utslipp på 30-40 m dyp vil avløpsvannet innlagres i 5-20m dyp, og ikke nå overflaten. Vannutskiftningen i området må antas å være stor - oppholdstiden er trolig av størrelsesorden timer i alle dyp. Det er lite sannsynlig at et utslipp vil medføre merkbare gjødslingseffekter i området. Behovet for å unngå ansamling av flytestoffer på overflaten - stoffer som samtidig bringer med seg bakterier og virus - og slamansamlinger på bunnen gjør det nødvendig med en form for mekanisk rensing av avløpsvannet før det slippes ut.

Det andre aktuelle alternativet er å slippe avløpsvannet ut i Fiskaabukta - Vesterhavn. Som urensset avløpsvann vil utslippet være noe mindre enn utslippene i 1982-84 (35-40.000 pe) pga. overføringer til Tangenutslippet. For å vurdere dette alternativet skal vi se utslippet i sammenheng med den tilførselen av fosfor og nitrogen som området tilføres gjennom vannutskiftningen med selve Kristiansandsfjorden. Vi vil konsentrere oss om tidsrommet mars-september, dvs. tidsrommet da algeproduksjonen i vann og strandsone nyttiggjør seg

stoffene. Og av samme grunn vil vi se på de løste stoffene, dvs. de som algene kan bruke.

Fig. 4.11 oppsummerer resultatene for forskjellige oppholdstider for vannmassene i området. Som konsentrasjon er brukt aritmetisk middel for ortofosfat (P) og summen av nitrat og ammonium (N) i 0-15m dyp. For tilførselene fra land er antatt at 80% av stoffene er oppløste eller i fin suspensjon (derav. ca 80% ortofosfat og 90% ammonium).

Det må understrekes at dette er enkle overslagsberegninger basert på en gjennomsnittlig tilstand - vel vitende at tilførselene både fra land og gjennom vannutskiftningen med omkringliggende vannmasser (oppstrømming av dypvann i Vesterhavn, innstrømming av overflatevann fra selve Kristiansandsfjorden) varierer mye over sommerhalvåret. Imidlertid synes det klart at det er gjennom vannutskiftningen at området vanligvis får tilført mest nitrogen.

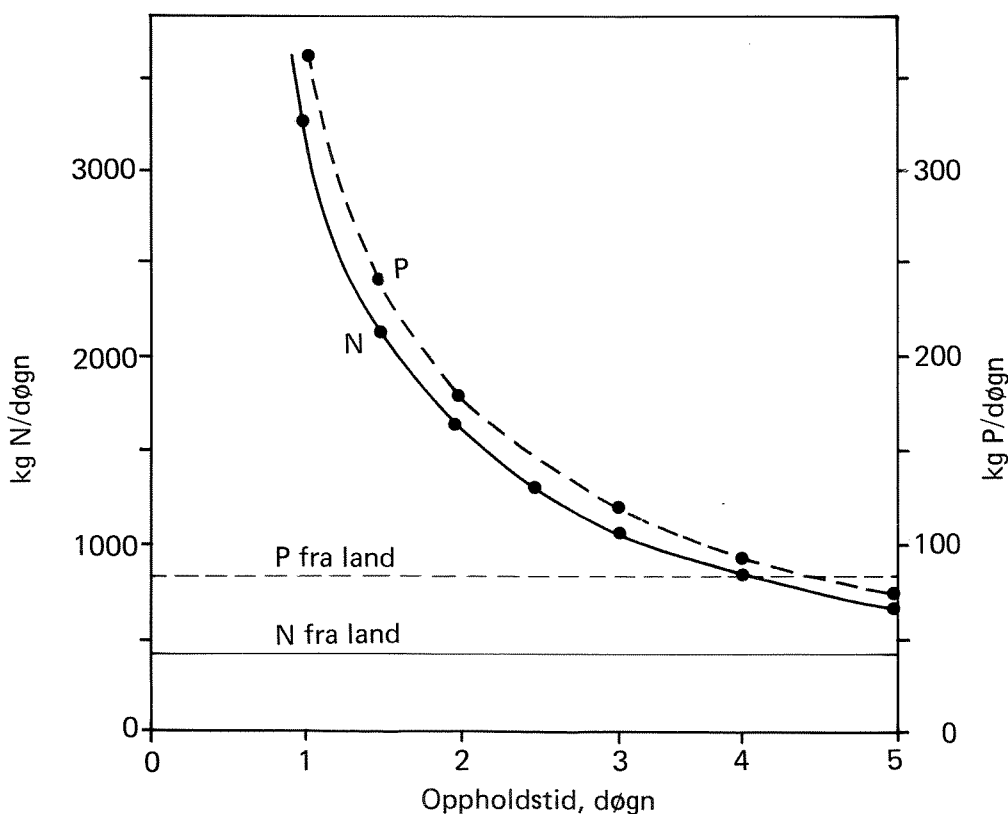


Fig. 4.11 Midlere tilførsel av nitrogen og fosfor fra land til Vesterhavn og tilsvarende tilførsel gjennom vannutskiftning med omkringliggende vannmasser.

For fosfor er situasjonen mye den samme, men i perioder med liten vannutskiftning kan tilførselen fra land dominere.

Som tidligere nevnt kjenner vi ikke oppholdstiden for vannmassene i området særlig nøyaktig, men anslår at den oftest er 2-3 døgn. Resultatene stemmer med de biologiske og hydrokjemiske observasjonene i området som bare har vist svake tegn til gjødslingseffekter.

Konklusjonen for dette alternativet blir dermed at et samlet dyputslipp av kommunalt avløpsvann til Vesterhavn-Fiskaabukta ikke vil forverre situasjonen i området. Tatt i betraktning at avløpsvann fra 12-12000 pe tidligere har vært sluppet ut i Vesterhavns overflatelag, er det sannsynlig at et dyputslipp alene vil bedre forholdene noe både mht. effekter av plantenæringsalter og bakterier/virus.

For å sikre en tilfredsstillende vannkvalitet vil det imidlertid være aktuelt å rense avløpsvannet før det slippes ut. Foruten å fjerne flyttestoffer bør det da primært være et mål å redusere avløpsvannets innhold av bakterier/virus og fosfor. Valget kan da tenkes å stå mellom silanlegg med en renseseffekt på omkring 20% for bakterier og fosfor, og kjemisk rensing (primærfelling, kalk-sjøfelling mv.) som kan fjerne 80-99.9% av bakteriene og 85-90% av fosforet.

For å oppnå dypinnlagring av avløpsvannet og god primærfortynning, bør det i så fall slippes ut på 30-40 m dyp. Området øst for Myrodden synes i så måte å være egnet fordi man der vil ha relativ god transport ut av Vesterhavnområdet, og fordi utslippet vil foregå nord for de mest attraktive friluftområdene på bl.a Bragdøya. Det primære er imidlertid å oppnå god innlagring og primærfortynning.

For det planlagte utslippet av kommunalt avløpsvann ved Tangen er det to hovedspørsmål:

- *Hvilket utslippsdyp og med hvilket utslippsarrangement?*
- *Kreves rensing av avløpsvannet?*

Valg av utslippsdyp og utslippsarrangement må sees i sammenheng for å oppnå god primærfortynning av avløpsvannet og innlagring under fotosyntesesesonen. Videre bør det innlagres under den inngående sjøvannsstrømmen som vanligvis kan antas å nå ned til 6-8m dyp. Både primærfortynning og innlagingsdypet vil variere med tiden, fordi den vertikale tetthetsprofilen i fjorden forandrer seg og fordi vannføringen til anlegget varierer. I denne sammenheng er det viktig å

dimensjonere anlegget for å gi best mulig forhold i sommerhalvåret.

I tilknytning til denne undersøkelsen er gjort noen innledende beregninger av fortynning og innlagring av avløpsvannet ved utslipp i 30m og 40m dyp. Som hulldiameter ble brukt 15cm (diffusorhull) og 40cm. Beregningene ble utført for tre profiler: (1) profil med sterk lagdeling, (2) gjennomsnittlig tetthetsprofil for sommerhalvåret 1981, 1982, 1983, 1984, (3) profil med svak lagdeling (dårlige forhold for innlagring).

Beregningene tyder på at med et utslippsdyp på 35-40m og diffusor kan man i sommerhalvåret oppnå god dypinnlagring og primærfortynning. Med utslipp gjennom ett hull med diameter av størrelsesorden 40cm, vil avløpsvannet (sterkt fortynnet) iblant nå overflatelaget.

5. HVA MANGLER VI KUNNSKAP OM?

5.1. Miljøgifter

Organiske miljøgifter

Her mangler grunnlaget for å kunne forutsi utviklingen i fjordområdet. Det er all grunn til å tro at forholdene blir bedre pga. reduserte utslipp fra Falconbridge Nikkelverk, men ennå har man ufullstendige opplysninger om både hvilke stoffer som slippes ut og mengdene.

Usikkerheten skyldes imidlertid også at man ikke kjenner den totale tilførslen av disse stoffene til fjordområdet. Dermed vet man heller ikke hvor mye totalbelastningen avtar når utslippene fra Falconbridge Nikkelverk reduseres, I denne sammenheng burde man kjenne 1) hvor mye Otra bringer ut i fjorden fra treforedlingsindustrien lenger opp i elva 2) bidraget fra avrenning av gater og mindre industriutslipp 3) utlekking til vannmassene fra sterkt forurensede sedimenter.

Man kan regne med at forholdene blir bedre enn i 1982-84, men vet altså ikke hvor mye bedre tilstanden blir.

Metaller

De nåværende utslipp av metaller er hovedsaklig et lokalt problem i Vesterhavn.

Man mangler resultater som viser tilstanden i området som følge av at Falconbridge Nikkelverk reduserte utslippene sine i 1985/86. Noe opplysninger om dette vil imidlertid foreligge i løpet av 1986. Fordi det tar tid før metallkonsentrasjonen i indikatororganismene har tilpasset seg den nye gjennomsnittskonsentrasjonen i vannmassene, bør det også tas prøver i 1986.

En annen usikkerhetsfaktor er om utlekking av metaller fra de sterkt forurensede sedimentene i Vesterhavn vil bidra til fortsatte forurensningsproblemer i området. Slik utlekking vet man lite om, men utenom direkte effekter på bunnlevende organismer synes det imidlertid lite sannsynlig at bidraget vil være stort nok til å opprettholde høye konsentrasjoner i blåskjell og andre organismer på grunt vann.

5.2. Gjødslingseffekter for plantenæringsstoffer

Gjødslingseffektene fra utslipp av kommunalt og industrielt avløpsvann er små. Man bør nå vite tilstrekkelig om fjordområdene til å gjennomføre den kommunale kloakkrammeplanen for Kristiansand.

5.3. Hygieniske forhold

Bakterier og virus tilføres fjordområdene dels ved direkte utslipp av avløpsvann og dels ved avrenning fra landarealer. Undersøkelser av hygieniske forhold på bl.a. badeplasser utføres av de kommunale helsemyndigheter. I tilknytning til denne undersøkelsen skal bare nevnes at samling av det kommunale avløpsvannet og dyputslipp med innlagring etter en eller annen form for rensing bør gi en merkbar forbedring av forholdene.

Man mangler kunnskap om størrelsen av de andre bidragene av bakterier/virus, og dermed mulighet til å forutsi størrelsen av forbedringen. Det vil imidlertid framgå av helsemyndighetenes framtidige undersøkelser.