



# Rapport 266/86

Oppdragsgiver

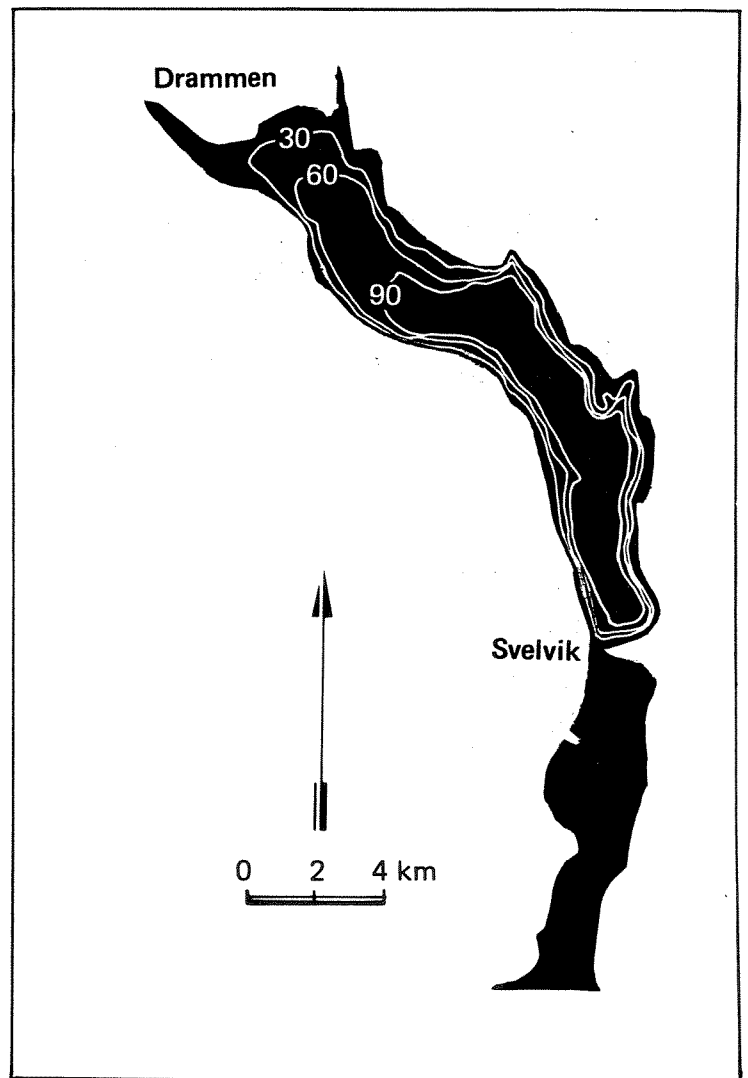
Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon

NIVA

## Basisundersøkelse i Drammens- fjorden 1982-1984

Konklusjonsrapport



# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

**Hovedkontor**  
Postboks 333  
0314 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80

**Sørlandsavdelingen**  
Grooseveier 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033

**Østlandsavdelingen**  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

**Vestlandsavdelingen**  
Breiviken 2  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:	0-8000315
Undernummer:	5
Løpenummer:	2045
Begrenset distribusjon:	Fri

Rapportens tittel: Basisundersøkelser i Drammensfjorden 1982-84. Konklusjonsrapport.  (Overvåkingsrapport nr. 266/86 )	Dato: 1.10.87
Forfatter (e): Stig Hvoslef, Lars Kirkerud, Jon Knutzen, Knut Kvalvågnæs, Jan Magnusson, Marit Mjelde, Kristoffer Næs, Are Pedersen, Brage Rygg, Øivind Wiik	Rapportnr.
	Faggruppe: Marinøkologisk
	Geografisk område: Buskerud
	Antall sider (inkl. bilag): 38

Oppdragsgiver: <b>Statens forurensningstilsyn (SFT)</b> (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.): T. Johannessen
--	--

<b>Ekstrakt:</b> Rapporten oppsummerer tre års basisundersøkelser i Drammensfjorden (1982-84). Indre del av Drammensfjorden er markert forurenset og hele fjorden innenfor Svelvik er tydelig påvirket. Enkelte forurensninger transporteres også til ytre Oslofjord. De viktigste effektene er grumset overflatevann, høyt bakterieinnhold, artsfattig bunnfauna på grunnere områder og forurensningstolerant bunnfauna ned til hydrogen- sulfidholdig dypvann i de indre delene av fjorden. Dypvannet i hele Drammensfjorden under ca. 25 m dyp har lavt oksygeninnhold og under ca. 40 m dyp er vannet nesten permanent hydrogensulfidholdig (råttent) og mangler marint liv. Det er observert høyt innhold av PCB og andre klorerte hydrokarboner i torskelever (få obs.) og markert forhøyet innhold av kvikksølv i filet av torsk og abbor fanget innerst i fjorden. Sedimentanalyser viste lavt til moderat forhøyet innhold av metaller, PCB og PAH (tjærestoffer), men høyt innhold av ekstraherbart persistent organisk bundet klor (EPOC1). En lokal tjæreforurensning i Gilhusbukta er konstatert. Fjorden oppfyller ikke helsemyndighetenes krav til friluftsbad (høye konsentrasjoner av termotolerante bakterier fra kjoakkvann og sannsynligvis treforedlingsindustri).
---

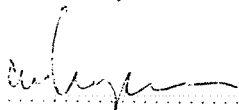
4 emneord, norske:

1. Forurensningsovervåking
2. Overgjødning
3. Miljøgifter
4. Vassdragsregulering

4 emneord, engelske:

1. Pollution Monitoring
2. Eutrophication
3. Micropollutants
4. River regulation

Prosjektleder:



Jan Magnusson

Programleder, overvåking

For administrasjonen:



Tor Bokn

ISBN - 82-577-1301-5

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
Blindern

O-8000315

BASISUNDERSØKELSER I DRAMMENSFJORDEN 1982-84.  
KONKLUSJONSRAPPORT

1.10.1987

Forfattere: Hvoslef, Stig  
Kirkerud, Lars  
Knutzen, Jon  
Kvalvågnes, Knut  
Magnusson, Jan  
Mjelde, Marit  
Næs, Kristoffer  
Pedersen, Are  
Rygg, Brage  
Wiik Øivind

## FORORD

Denne rapport er en forenklet sammenfatning av resultatene fra tre års undersøkelser i Drammensfjorden under Statlig program for forurensningsundersøkelser, med Statens forurensningstilsyn som oppdragsgiver.

Undersøkelsen er rapportert i 6 delrapporter samt en rapport utarbeidet av Miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Buskerud (forurensningstilførsler).

1. Forslag til arbeidsprogram og budsjett 1982-84 for basisundersøkelser i Drammensfjorden (14.1.82).
2. Basisundersøkelser i Drammensfjorden. Delrapport 1: Sedimenter. Rapport 158/84. (16.8.1984).
3. Basisundersøkelser i Drammensfjorden 1982-84. Delrapport 2. Høyere vegetasjon. Rapport 208/86. (27.11.85).
4. Basisundersøkelser i Drammensfjorden 1982-84. Delrapport 3. Bløtbunnfauna. Rapport 223/86 (13.3.1986).
5. Basisundersøkelser i Drammensfjorden 1982-84. Delrapport 4. Undersøkelser av marine organismer på grunt vann. Rapport 218/86. (14.4.86).
6. Basisundersøkelser i Drammensfjorden 1982-84. Delrapport 5. Miljøgifter i organismer. Rapport 219/86. (8.4.86).
7. Basisundersøkelser i Drammensfjorden 1982-84. Delrapport 6. Hydrografi, vannutskifting og vannkvalitet. Rapport 243/86. (1.9.1986).
8. Forurensningstilførsler til Drammenselva og Drammensfjorden 1983/84. Rapport fra Fylkesmannen i Buskerud, miljøvern-avdelingen. (Januar 1986).

I tillegg er det utarbeidet et notat om et lokalt utslipp av tjærestoffer:

Basisundersøkelser i Drammensfjorden. Tjæreutslipp i Gilhusbukta . (Notat av K. Næs 22.11.1984).

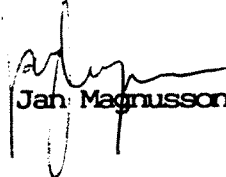
En sammenfatting av delrapportene ble publisert i Vann nr 3 (1986).

I foreliggende rapport er det lagt vekt på en framstilling som gir de konklusjoner som forvaltning og almenhet har bruk for ved en diskusjon om konkrete tiltak mot forurensninger.

I løpet av undersøkelsene har en rekke personer og institusjoner vært engasjert og bidratt til slutføring av prosjektet. Vi vil takke alle for innsatsen. For nærmere angivelser henvises til delrapportene.

I forbindelse med undertegnedes permisjon den 1.11.1985 - 1.9.1986 har Jon Knutzen fungert som prosjektleder.

Oslo 1.10.87



Jan Magnusson

## INNHOLDSFORTEGNELSE

	side
Forord	2
1. SAMMENDRAG	6
1.1 Formål	6
1.2 Konklusjoner	6
1.3 Tilrådinger	8
2. BAKGRUNN FOR PROSJEKTET	12
3. PROSJEKTETS MÅLSETTING	14
4. GJENNOMFØRING	16
5. OBSERVERTE FORURENSNINGSEFFEKTER	18
5.1. Vannkvaliteten i overflatelaget	19
5.2. Hygieniske forhold - badevannskvalitet	21
5.3. Flora og fauna i strandsonen	21
5.4. Forholdene i fjordens dypvann	23
5.5. Bløtbunnsfauna	24
5.6. Sedimenter og sedimenterende materiale	25
5.7. Miljøgifter i sedimenter og organismer	26
6. ÅRSAK OG TILTAK MOT FORURENSNINGENE	27
6.1. Nedslamming og transport av uorganiske og organiske partikler	27
6.2. Overgjødsling (eutrofi) - næringssalter	28
6.3. Organisk stoff	29
6.4. Bakterier og badevannskvalitet	29
6.5. Miljøgifter	30
6.6. Ytterligere tiltak som bør vurderes	31
7. BEHOV FOR OVERVÅKING	32
8. HVA HAR UNDERSØKELSEN IKKE GITT SVAR PÅ?	33
9. LITTERATUR	35

FIGURER	side
Figur 1. Drammensfjorden.	13
Figur 2. Forenklet fremstilling av antall arters variasjon med vannets saltinnhold og fordelingen mellom ferskvannsarter, brakkvannsarter og marine arter (modifisert etter Hedgpeth 1983).	18
Figur 3. Siktedyp (m) i Drammensfjorden. Gjennomsnitt av 6 tokt, mai-november 1982.	19
Figur 4. Områder som ikke oppfyller helsemyndighetenes krav til friluftsbad som følge av forekomst av termotolerante koliforme bakterier.	21
Figur 5. Utviklingen av vasspest ( <i>Elodea canadensis</i> ) på Østlandet fram til 1985. Spredning av vasspest i Drammensvassdraget er merket (etter Rørslett og Berge 1986).	22
Figur 6. Oksygen (ml/l) og hydrogensulfid (e.g. negativ oksygen-ekvivalent ml/l) i Drammensfjorden juni, august og oktober 1982. Observasjoner fra stasjon innenfor Svelvikterskelen. Normalt oksygeninnhold i upåvirket sjøvann er mellom 5-6 ml/l.	23
Figur 7. Tre grupper av bløtbunnsamfunn fra ulike dyp ved Gullhaugsbukta (15, 20 og 25 m dyp) og Grimsrudbukta (20, 25, 30, 35 og 40 m dyp). Mellom samfunnene innen hver gruppe er det forholdsvis høy likhet i faunaen. Faunaen på de to lokalitetene Gullaugbukta og Grimsrudbukta var noe forskjellige i de grunnere vannlag, men forandret seg i retning av ett og samme faunasamfunn når en kom ned mot dyp med dårligere oksygenforhold.	24
Figur 8. Sammenlikning av organisk karbon i sedimentet midt fjords med variasjon i sulfittcellulose-produksjonen langs Drammenselven (etter Næs 1981).	25

## 1 SAMMENDRAG

### 1.1. Formål

Hovedmålsetningen med prosjektet var:

*Å gi en beskrivelse av Drammensfjordens forurensningstilstand, samt legge grunnlag for senere overvåking av fjordens utvikling. Resultatene skall i første rekke gi opplysninger til bruk for forvaltningsmyndighetene, spesielt som grunnlag for bedømmelse av nødvendighet og omfang av eventuelle tiltak. Undersøkelsen skall også tjene som orientering for andre brukerinteresser.*

Denne rapport gir et sammendrag av resultater fra tre års basisundersøkelser (1982-84) i Drammensfjorden. Rapporteringen omfatter 6 delrapporter og 1 notat samt denne konklusjonsrapporten.

Undersøkelsen har omfattet fysiske og kjemiske parametre i vannmasser og sedimenter, biologiske forhold langs strender og bunn, samt analyser av miljøgifter, for å gi en bredest mulig framstilling av forurensningstilstanden i området.

### 1.2. Konklusjoner

De viktigste forurensningssymptomene som er påvist er:

- Artsfattig og veksthemmet strandflora og bunnfauna på grunnere områder som følge av nedslamming, erosjon og dårlige lysforhold.
- Moderate overgjødslingseffekter på høyere vegetasjon og marine alger i de indre deler av fjorden.
- Høye konsentrasjoner av næringssalter (spesielt nitrogen) og organisk stoff i fjordens overflatevann. Konsentrasjonene er sammenlignbare med (den overgjødslede) indre Oslofjord og (det påvirkede) Glommaestuaret.
- Ved lav/moderat vannføring i Drammenselven er planteplanktonkonsentrasjonen i overflatevannet sommerstid høyest og på samme nivå som i deler av (den overgjødslede) indre Oslofjorden. Den vanligvis lave vannføringen om sommeren skyldes senere års regulering av Drammenselva.



- Forurensningstolerant dyreliv på bunn ned til ca. 30 m dyp i de indre deler av fjorden og intet liv under ca. 40 m dyp i hele fjorden.
- Lavt oksygeninnhold fra ca. 25 m dyp og oksygenfritt vann (råttent vann) under ca. 40 m dyp i hele fjorden.
- Store konsentrasjoner av termotolerante koliforme bakterier i overflatevannet i nesten hele fjorden innenfor Svelvik som gjør at vannet ikke oppfyller helsemyndighetenes krav til badevann.
- Høye konsentrasjoner av klorerte hydrokarboner, særlig polyklorerte bifenyler (PCB), i torskelever. Imidlertid ble det utført få analyser på fisk.
- Markert forhøyet innhold av kvikksølv i filet av torsk og abbor. Det ble imidlertid tatt få prøver av fisk.
- Høyt innhold av ekstraherbart persistent organisk bundet klor (EPOCl) i fjordens overflatesedimenter; moderat til lavt innhold av metallforurensninger, polyklorerte bifenyler (PCB) og polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).
- Om lag 60.000 m<sup>2</sup> av fjordbunnen i Gilhusbukta er tildekket av tjære fra industri i området ( > 10 ppm total PAH).
- Flere områder langs fjordens strender anses å ha verneverdig høyere vegetasjon. Noen av disse trues av forurensninger.

*Opplysninger om forurensningstilførsler foreligger som beregninger men hovedkildene for en del forurensninger er fortsatt ikke identifiserte eller beregnet. Dette gjelder spesielt miljøgifter og organisk stoff.*

- Årsaken til stor partikkeltransport til fjorden er dels erosjon og avrenning fra dyrket mark, dels utslipp fra industri. Stadig erosjon i Drammenselven, spesielt ved store vårflommer, gir også tilførsel av partikler som tidligere har sedimentert i elven.
- Hovedkildene til utslipp av nitrogen er jordbruk (16 %) befolkning (11 %) og arealavrenning (9 %). Tilførselen fra Snarumselven og Tyrifjorden bidrar med en stor del av totaltilførselen til

fjorden (ca. 60%). Totalt er den beregnede tilførselen av nitrogen til Drammensfjorden ca. 4.600 tonn/år.

- Utslipp av fosfor fra befolkningen utgjør ca. 37 % av totaltilførselen, med en like stor tilførsel fra Snarumselven og Tyrifjorden. Jordbruk og arealavrenning bidrar med 11 resp. 13 %. Totalt tilføres fjorden ca. 180 tonn/år.
- Utslipp av organisk stoff (BOF<sub>7</sub>) kommer fra befolkning (9 %), industri (6 %) og jordbruk (6 %). Tilførselen fra Snarumselven og Tyrifjorden bidrar med ca 60% av den totale tilførselen. Beregnet totaltilførsel er ca. 19.500 tonn/år.
- Mulige kilder for tilførsler av klororganiske forbindelser, bl.a. PCB er ikke klarlagt.
- Mulige kvikksølvkilder er ikke klarlagt.
- Kilden til tjæreutslippet i Gilhusbukta er Nodest industrier A/S.
- En hovedkilde til utslipp av termotolerante tarmbakterier er befolkningen, men andre kjente kilder kan være utslipp fra treforedlingsindustrien.

### 1.3. Tilrådingar

*Undersøkelsene gir grunnlag for følgende konklusjoner av betydning for praktiske tiltak:*

- Tiltak for å begrense erosjon og avrenning fra dyrket mark, samt tiltak for å begrense utslipp av partikler og organisk stoff fra industri (treforedlingsindustri) og kommunal kloakk må gjennomføres for å oppnå en generell forbedring av overflatevannet i fjorden. Dette vil redusere de negative effektene av nedslamming, erosjon og dårlige lysforhold på fjordens organismer.
- En forbedring av de hygieniske forhold i fjorden krever tiltak mot utslipp av bakterier i kommunal kloakk. Ved en kombinasjon av sedimentering og god primærfortynning oppnåes god renseeffekt som blir ytterligere forbedret ved kjemisk felling. Eventuelle utslipp av bakterier fra treforedlingsindustrien bør kartlegges. Eventuell rensing av disse utslipp krever spesielle tiltak (prosessendringer el.lign.)

- Tiltak for å begrense overgjødningen av fjorden bedømmes dels ut fra forholdene i selve Drammensfjorden, dels ut fra forholdene i ytre Oslofjord (Breilangen). For Drammensfjorden er det sannsynliggjort fosforbegrenset planteplanktonvekst og derved vil det være nødvendig med kjemisk rensing av kommunal kloakk, samt begrenning av utslipp fra jordbruk (fjerning av fosfor). Imidlertid er det mulig at de store nitrogentransportene fra Drammensfjorden ut til Breilangen kan bidra med overgjødningen av ytre Oslofjord og derved vil det være nødvendig også med en begrenning av de lokale nitrogenutslippene fra jordbruk og befolkning.

Reduserte tilførsler av næringssalter vil føre til økt oksygeninnhold i fjordens dypvann og derved delvis reetablering av liv på død bunn. Tiltakene vil ikke være tilstrekkelige for å få hele fjorden oksisk, ettersom deler av fjordens dypvann av naturlige årsaker vil være oksygenfritt (begrenset dypvannsfornyelse).

- I tillegg til å begrense utslipp av næringssalter må også utslipp av organisk stoff fra industri, befolkning og jordbruk begrenses. Tiltakene vil ytterligere forbedre oksygenforholdene i fjorden og derved sikre at store deler av fjordens vannmasser og bunnområder skal kunne gi bedre livsvilkår for fisk, reker og bunndyr.

Imidlertid har fjorden dårlig naturlig evne til å omsette organisk stoff. anbefalte rensiltak vil ikke være nok til å befri hele fjordens dypvann fra hydrogensulfid. Derfor bør det vurderes å komplettere utslippsbegrensninger med tekniske tiltak, slik som utdyping av Svelviksterskelen eller kunstig økning av dypvannsfornyelsen ved luftbobling/ferskvannstilførsel til dypvannet. Av de nevnte restaureringstiltak er ferskvannstilførsel til dypvann å foretrekke.

- Innholdet av klorerte hydrokarboner i torskelever (særlig polyklorerte bifenyler, PCB) og kvikksølv i enkelte arter av fisk i de indre deler av Drammensfjorden, bør vurderes av helsemyndighetene etter kompletterende undersøkelser av et større materiale som også omfatter fisk fra de ytre deler av fjorden.
- Mulige punktkilder til ekstraherbart persistent organisk bundet klor (EPOCl) og PCB bør oppspores, eventuelt avhengig av hva som finnes ved nye og utvidede undersøkelser av PCB i fisk. Det bør foretas kompletterende analyser av EPOCl for å identifisere hvilke forbindelser som inngår i gruppen.

- Tiltak mot tjæreutslippet i Gilhusbukta vil dels være å forhindre ytterligere utslipp, dels å vurdere tildekking eller fjerning av tjæren som ligger på bunnen. I denne sammenheng vil det være behov for å få analysert på tjærens kreosotinnhold samt på PAH i fisk.

*Basert på resultatene fra basisundersøkelsen er det ønskelig å gjennomføre følgende undersøkelser for å klarlegge fortsatt ubesvarte spørsmål/problemstillinger:*

- Nøyere analyser av termotolerante bakterier for å kunne separere mellom utslipp fra kommunal kloakk og treforedlingsindustri.
- Kompletterende undersøkelser av innholdet av PCB og kvikksølv i fisk. Analyser bør også omfatte EPOCl, lindan, PAH og dioksin.
- Videre undersøkelser for å få bedre kjennskap til problemet med de høye konsentrasjonene av EPOCl i sedimentene.
- Manglende opplysninger om utslipp av miljøgifter fra industri og jordbruk aktualiserer behovet for målinger i utslippsvann, men også en generell kartlegging av virksomhet som kan gi opphav til spredning av giftige stoffer, som herbicider/pesticider fra landbruk/skogbruk, sig fra søppeldeponier med industriavfall m.m.
- En forbedring av informasjonen om kilder og transportør av lett og tungt nedbrytbart organisk stoff.
- Sedimentundersøkelser i nærområder hvor lokale forurensninger kan mistenkes.
- Undersøkelser av transporten av næringssalter og organisk stoff til Breilangen (komplettering av eksisterende beregninger).
- Utredninger og overvåking (se nedenfor).

*Det er behov for å foreta en del utredningsarbeid for å få klarlagt kildene bak utslipp av metallforurensninger (spesielt kvikksølv) og klororganiske forbindelser som PCB og EPOCl. Andre oppgaver er å få vurdert muligheten for restaurering av fjorden ved tekniske tiltak, dvs. en forbedring av den naturlige dypvannsfornyelsen i Drammensfjorden innenfor Svelvik (terskelutdyping, tilførsel av ferskvann til dypvannet, luftbobling).*

*En overvåking av Drammensfjorden bør omfatte:*

- Badevannskvaliteten bør overvåkes ved hyppig prøvetaking av termotolerante koliforme bakterier i badesesongen.
- Effekten av overgjødningen og belastningen av organisk stoff på dypvannet overvåkes ved årlige hydrografiske tokt i mai og oktober for å følge oksygenforholdene i fjorden. Hvert femte år bør denne overvåking kompletteres med bunnfaunaundersøkelser.
- Overvåking for å følge med effekter av tilslamning og gjødselstoffbelastningen kan begrenses til studier av algebegroingen i fjærebeltet hvert tredje år på et utvalg av stasjoner, eventuelt også dykkerregistreringer.
- Flyregistreringer/feltobservasjoner av høyere vegetasjon hvert femte år, som bl.a. også vil ha som oppgave å følge en eventuell etablering av vasspest i fjorden.
- Basisundersøkelsene har vist store transporter av næringssalter og organisk stoff til Breilangen. Det foreslås en overvåking av bunnfauna og oksygenforhold også i denne del av Oslofjorden.
- Eventuell overvåking av miljøgifter i fisk bedømmes etter resultatene av supplerende undersøkelser.

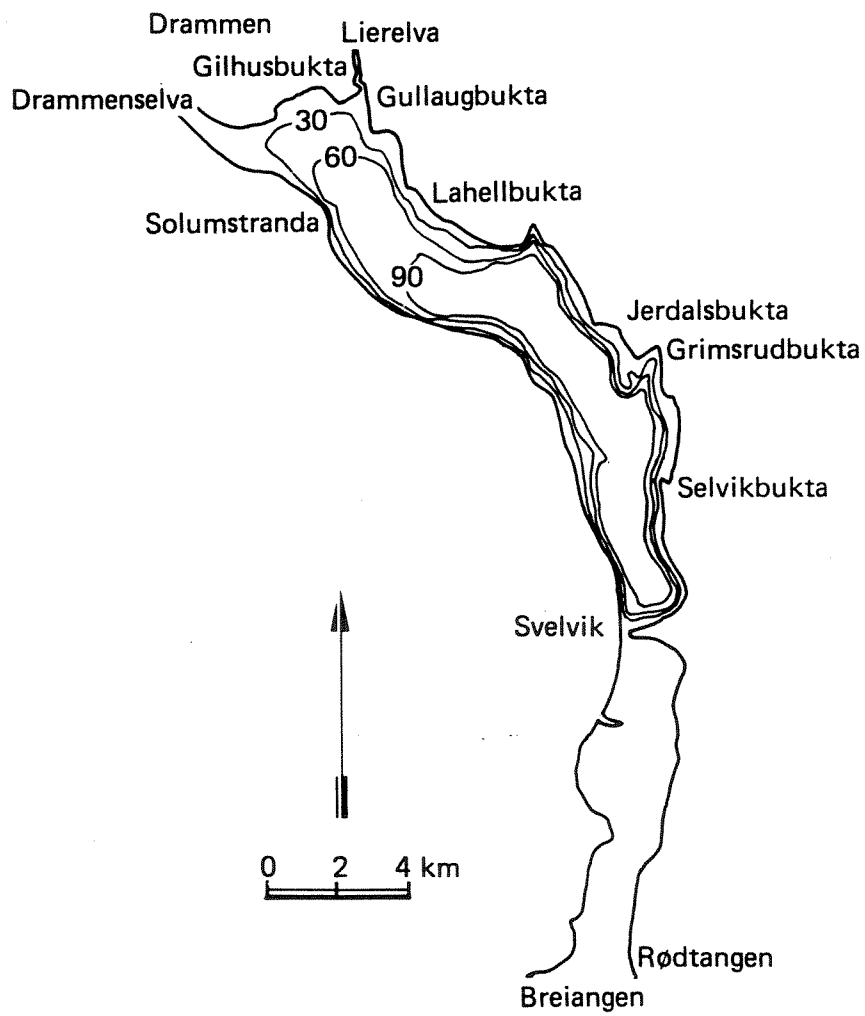
## 2. BAKGRUNN FOR PROSJEKTET

Drammensfjorden har tidligere ikke vært gjenstand for undersøkelser som har hatt kartlegging av forurensningseffekter som særlig mål. Derimot foreligger naturvitenskapelige undersøkelser som indikerer slike effekter i fjorden. Spesielt har de dårlige oksygenforholdene i fjordens dypvann vært påpekt (f.eks. av Beyer 1954), likeså mulige effekter av reguleringen av Drammenselva på fjorden (Beyer 1976 og Schaanning 1983). Videre har NIVA foretatt en oppsummering av tilførsler og effekter basert på en litteraturgjennomgang (Molvær 1974). De tidligere undersøkelsene ga et inntrykk av en stadig forverring av forurensningssituasjonen i fjorden. Fisket etter reker og torsk har opphørt eller avtatt til en ubetydelighet, og tidligere populære bade-plasser innerst i fjorden er ikke lenger i bruk, kanskje først og fremst som følge av uestetiske forhold. Årsaken til forurensningene har vært store utslipp fra industri (spesielt treforedlingsindustri) og en økende belastning av kommunal kloakk som slippes ut til elven og fjorden uten rensing eller med meget lav rensesgrad. Oppsummerer vi de fra før kjente problemer med fjorden er de:

- Uestetiske forhold i overflatevannet som følge av høyt innhold av partikler (leire og fiber) som gir nedslamming av strandområder og dårlig sikt i vannet.
- Dårlige oksygenforhold i dypvannet og dannelse av hydrogensulfid (råttent vann) som utsletter høyere liv i disse vannmasser og derved skaller både yrkesfiske og hobbyfiske i fjorden. Skylden for de dårlige oksygenforholdene ble lagt på en for stor tilførsel av organisk stoff fra industri og kloakk.

På bakgrunn av disse forhold ble Drammensfjorden aktuell for en basisundersøkelse innenfor Statlig program for forurensnings- overvåking. Undersøkelsen startet i 1982 og feltarbeidet ble avsluttet i 1984.

Figur 1 viser et kart over fjorden med aktuelle stedsnavn som er brukt i denne rapporten.



Figur 1. Drammensfjorden.

### 3. PROSJEKTETS MÅLSETTING

Ettersom det tidligere ikke er foretatt undersøkelser i fjorden med den konkrete oppgaven å studere forurensningssituasjonen, ble basisundersøkelsene 1982-84 lagt opp som en bred undersøkelse av hele fjorden. I første rekke ble tilgjengelige ressurser brukt for å få et bilde av situasjonen i fjordens hovedvannmasser, langs strender og bunn. Videre var det behov for å få bekreftet tilstanden mht. ulike forurensningseffekter (hygieniske forhold, miljøgifter m.m.). Ved en slik oversiktsundersøkelse er det mulig at flere lokalt begrensede forurensninger kan overses, men dette må i første omgang anses underordnet behovet for å få beskjed om mulige forurensninger i stor skala.

Hovedmålsettingen med undersøkelsen var:

*Å gi en beskrivelse av Drammensfjordens forurensningstilstand, samt legge grunnlag for senere overvåking av fjordens utvikling. Resultatene skall i første rekke gi opplysninger til bruk for forvaltningsmyndighetene, spesielt som grunnlag for bedømmelse av nødvendighet og omfang av eventuelle tiltak. Undersøkelsen skall også tjene som orientering for andre brukerinteresser.*

Undersøkelsen ble lagt opp på bred faglig basis for å kunne gi en fylldig beskrivelse av tilstanden i fjorden. Denne målsetning anses oppnådd. Deler av undersøkelsen har lagt grunnlaget for en videre overvåking, spesielt når en tar hensyn til tidligere undersøkelser. Imidlertid er målsettingen ikke fullt ut oppfylt på alle delområder. En av årsakene er mangelen på gode indikatororganismer i brakkevannsområder av type Drammensfjorden, og dette har vært et problem ved studiet av miljøgifter i organismer. Forholdet er forsøkt kompensert ved å undersøke muligheten for bruk av andre organismearter enn de tradisjonelle (f.eks. høyere vegetasjon). Som følge av lite fisk i området ble det nødvendig å bruke mange arter, og ved en videre overvåking bør resultatene fra disse undersøkelsene først kompletteres for å kunne utgjøre en basis i en overvåking.

Forslag til praktiske tiltak er for en stor del avhengig av identifikasjon av forurensningskilder, samt en korrekt bedømmelse av deres innbyrdes betydning, også tildels i sammenligning med hva som anses være naturlige transportere i fjorden. Her er målsettingen bare delvis oppnådd. Identifikasjonen av utslippskilder for miljøgifter er fortsatt mangelfull og vanskeliggjør konkrete anbefalinger om tiltak. Videre er de naturlige transportere i fjorden av organisk stoff så kompliserte at en sammenligning har vært vanskelig. Det er således et klart behov for komplettering på disse felter før effekten av tiltak



ved ulike utslipp kan konkretiseres. En kompliserende faktor har vært reguleringen av Drammenselven, som har betydning for stofftransporten og forholdene i fjorden (f.eks. for overgjødningseffekten).

Undersøkelsene dekker ikke vinterforhold og tar derved ikke opp effekter av vassdragsreguleringseffekter vinterstid (evt. økt islegging og vannutskiftningsproblemer).

En del av de forurensningssymptomer som påpekes i denne rapport er nødvendigvis ikke effekter av en enkel type belastning. Dessuten kan naturlig stress i et brakkvannsområde (saltholdighetsvariasjonen) gi til dels samme symptomer på flora og fauna som forurensninger. Kjennskapet til toleranse for ulike typer stress lar seg sjelden avsløre i feltundersøkelser og kan best studeres i eksperimentelle undersøkelser under kontrollerte betingelser. Dette bør vurderes gjennomført i de tilfeller årsaksforholdene er uklare og tiltak vurderes.

#### 4. GJENNOMFØRING

##### Forurensningstilførsler

En teoretisk beregning av tilførsler av nitrogen, fosfor og organisk stoff fra jordbruk, industri og befolkning er gjennomført av Fylkesmannen i Buskerud (miljøvernavdelingen). Grunnlaget for beregningene er dels erfaringstall fra andre områder, dels konsesjonsopplysninger fra industrien. De beregnede tilførsler består av belastningstyper som i hovedsak er knyttet til overgjødning og oksygenforbruk. Utslipp av bakterier og miljøgifter er ikke kartlagt, særlig gjelder dette utslipp fra industri. Det er således behov for en generell kartlegging av virksomhet som kan gi opphav til spredning av giftige stoffer, herunder også herbicider/pesticider (plantevernmidler) fra landbruk/skogbruk, sig fra søppeldeponier med industriavfall, samt industrier som benytter eller har benyttet syntetiske kjemikalier til mykningsmidler, tilsetning i maling eller som varmeresistente stoffer.

Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvernavdelingen har siden januar 1986 revurdert tilførselsberegningene. I vedlegg 1 presenteres derfor de nye tall som avviker fra tidligere rapporterte tilførselsmengder (Magnusson og Næs 1986). Endringen består i økte tilførsler av nitrogen og organisk stoff fra jordbruk. Totalt beregnet tilførsel til fjorden er ca. 180 tonn fosfor, 4.600 tonn nitrogen og 19.600 tonn organisk stoff (BOF<sub>7</sub>) pr år.

### Hydrografi, vannutskiftning og vannkvalitet

Hovedundersøkelsen ble gjennomført fra mai-oktober 1982 med ialt 14 tokt. Hovedvekten ble lagt på overflatelaget (11 tokt). I tillegg ble det tatt mindre hydrografiske tokt april 1983, desember 1983 og oktober 1984.

Samtlige tokt omfattet målinger av vannets saltholdighet og temperatur, siktedyp og lys. I tillegg ble det tatt analyser av nærings-salter, klorofyll a (mål på planteplanktonbiomassen), tørrstoff og gløderest, termotolerante koliforme bakterier (for badevannskvaliteten), totalantall bakterier ("kimtall") samt oksygen. På tre hydrografiske tokt i 1982 ble det også målt total organisk karbon (TOC).

### Høyere vegetasjon

Undersøkelsene ble gjennomført i august 1983 og 1984. I alt 9 lokaliteter ble undersøkt ved artsinventering av over- og undervegetasjon langs en 100-200 meter strandlinje, samt kvantitative undersøkelser i form av transektanalyser i littoralsonen og ruteanalyser på bestemte dyp, ned til 3 meter. I august 1983 ble deler av området flyfotografert. Bildematerialet vil danne basis for tilvekststudier av vegetasjonen ved en fremtidig overvåking.

### Marine organismer på grunt vann

Feltarbeidet ble utført i juli 1982, august 1983 og 1984. 12 stasjoner i fjorden ble undersøkt, hvor artsantall av alger og dyr ble registrert på hardbunn (7 stasjoner) og bløtbunn (10 stasjoner). I 1983 ble det utført en dykkerregistrering ned til 30 meters dyp på samtlige stasjoner. Ikke publiserte resultater fra en tidligere undersøkelse av blågrønnalger i 1971 (Ø. Wiik, 1981), er også blitt brukt.

### Bløtbunnsfauna

I desember 1983 og oktober 1984 ble det tatt grabbprøver for registrering av artsmangfold og artssammensetning på to lokaliteter i fjorden (Gullaugbukta og Grimsrudbukta) med stasjoner fra 15 eller 20 m dyp og for hver femte meter ned til det dyp hvor råttne bunn ble nådd (ca. 40 m).

### Sedimenter

Sedimentprøver ble tatt på 7 stasjoner i august 1982 og er analysert i forskjellig omfang på nitrogen, fosfor, karbon, tungmetaller (sink,

kobber, krom, kvikksølv, kadmiium og mangan), polyklorerte bifenyler (PCB), ekstraherbart persistent organisk bundet klor (EPOCl) (-brom, -jod) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). På tre stasjoner er kjemene aldersdaterte (Pb 210).

Fra mai 1982 til juni 1983 ble sedimentfeller satt ut på tre stasjoner (10, 30 og 60 m dyp). Materialet ble analysert på nitrogen, fosfor, karbon og tungmetaller som for sedimentene.

I oktober 1984 ble det utført et ekstra tokt til Gilhusbukta for innsamling av sedimentprøver for kartlegging av et tjæreutslipp. Toktet ble gjennomført etter klager fremført av en lokal båtforening og kontakt med Statens forurensningstilsyn. Det ble tatt i alt 8 stasjoner og sedimentet ble analysert på PAH.

#### Miljøgifter i organismer

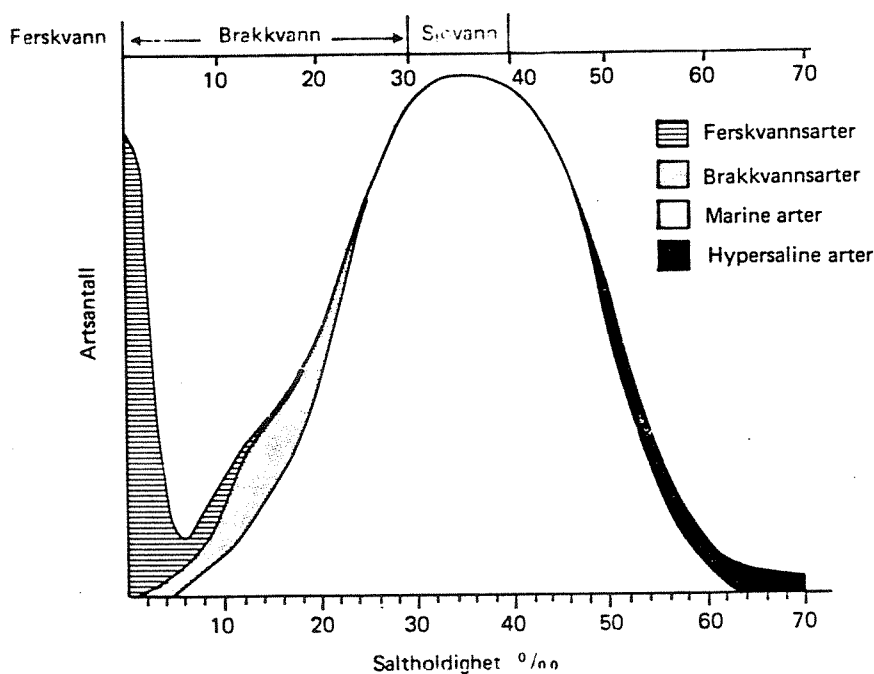
I august-november 1983 ble det innsamlet muslinger, blæretang og frøplanter fra i alt 6 stasjoner for analyse av tungmetaller. Muslingene ble også analysert på klororganiske forbindelser og PAH. I november 1984 ble det innsamlet ulike arter fisk fra Gilhusbukta for analyser på klororganiske forbindelser, kadmiium og kvikksølv.

#### 5. OBSERVERTE FORURENSNINGSEFFEKTER

I det følgende gis en kort sammenfatning av observerte avvik fra antatt "normaltilstand" i en fjord av Drammensfjordens karakter. I brakkevannsområder av denne type er det ikke alltid enkelt å avgjøre hva som er "normalt". Naturlig stress (lav og raskt vekslende salt-holdighet, grusning og nedslamning ved elvetransport, isskuring) kan gi lignende effekter på flora og fauna som forurensninger (kfr. Knutzen 1984). Generelt sett får man imidlertid et lavere antall planter og dyr enn både i ferskvann og rent marine områder (figur 2). Stresstoleransen er dessverre ofte ikke kjent for enkeltorganismer. Videre er det ofte slik at akutte effekter uteblir eller dempes når utslipp tilføres en resipient med så god primærfortynning som i Drammenselva. I stedet fås subletale (ikke dødelige) kroniske virkninger - resulterende i en "slitasje" som kan foregå over lang tid og være vanskelig å konkretisere når naturmiljøet verken er gunstig for ferskvann- eller saltvannstilpassede organismer.

Kjennskalten til ulike stoffers effekter er generelt basert på konsentrasjonsnivå i vann og klarlagt ved eksperimentelle korttidsforsøk - ofte med en enkelt art av gangen. Derved mangler i stor

utstrekning kriterier for langtidseffekter, på både enkeltarter og økosystem eksponerte for små eller moderate konsentrasjoner av ulike stoffer. Derimot foreligger ikke samme vanskeligheter ved bedømmelse av miljøgifter i organismer for konsum. Her er det isteden manglende kjennskap til effekten på mennesket av ulike stoffer og til dels også ukjente eller uidentifiserte stoffers effekter som kan være et problem. Grenseverdier er alltid satt generelt lavt i forhold til antatt skadenivå, men eventuelle synergistiske (el. antagonistiske) effekter ved tilstedeværelsen av flere miljøgifter samtidig er vanskelig å overblikke.



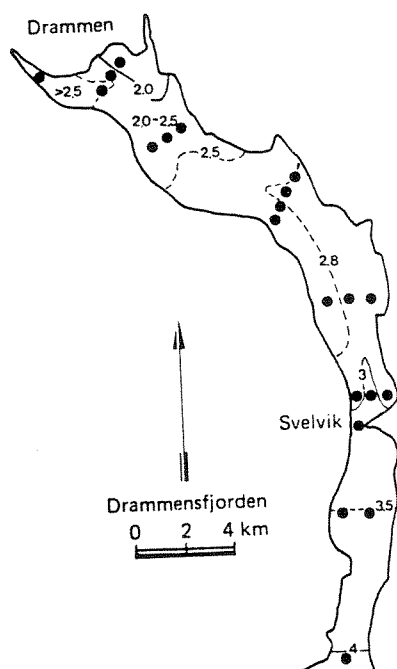
Figur 2. Forenklet fremstilling av antall arters variasjon med vannets saltinnhold og fordelingen mellom ferskvannssarter, brakkvannssarter og marine arter (modifisert etter Hedgpeth, 1983 ).

### 5.1. Vannkvaliteten i overflatelaget

Den store ferskvannstilførselen fra Drammenselva setter sitt preg på hele fjorden innenfor Svelvik. Ferskvannets egenskaper og de forurensninger som tilføres dette spres effektivt i fjorden. Kort oppholdstid på fjordens overflatevann ved stor vannføring i elven gir også betydelig transport av forurensninger knyttet til elvevannet ut gjennom Svelviksundet til Breiangeren (Oslofjorden). Etersom elven er regulert, vil reguleringen også ha effekt på spredningsmønsteret til forurensninger.

Store transporter av leire og andre partikler ut i fjorden fra elven gir dårlig siktedyp i hele fjorden, med de verste forhold innerst eller nærmest elvemunningen.

Helsemyndighetene krever siktedyp større enn 2-3 m dyp ved friluftsbad. Drammensfjorden tilfredstiller såvidt dette kravet innerst i fjorden, svakt økende til 2.5-3 m utover mot Svelvik (figur 3). Spesielt lavt var siktedypet ved utløpet av Lierelva. Sammenlignet med andre fjorder var siktedypet i Drammensfjorden omtrent like dårlig som i de mest forurensede deler av indre Oslofjord og Frierfjorden, men noe bedre enn i Glommaestuaret.



Figur 3. Siktedyp (m) i Drammensfjorden (gjennomsnitt av 6 tokt, mai-november 1982).

Det lave siktedypet begrenser fotosyntesesonen til de øverste 4-5 m i fjorden. Begroingen i fjorden har således begrenset vertikal-utbredelse, liksom øvrig lysavhengig primærproduksjon (f.eks. planteplankton).

Innholdet av nitrogenforbindelser var høyt i Drammensfjorden, dvs. i samme konsentrasjonsnivå som de mest overgjødslede deler av indre Oslofjord. Fosforkonsentrasjonen var noe lavere enn den eutrofe (overgjødslede) Vestfjorden i Indre Oslofjord og på samme nivå som Glommaestuetet. Resulterende N/P-forhold (TOT-N/TOT-P) blir høyt (>40:1, vektenheter) og sannsynliggjør en potensiell fosforbegrenset planteplanktonproduksjon i fjorden innenfor Svelvik.

Resultater fra undersøkelser av planteplankton i fjorden på 1950-tallet (Braarud m.fl. 1958) viste i følge Beyer (1976) at det grumsete overflatevannet begrenser produksjon av både ferskvanns-, brakkvanns- og marine arter på tross av tilstrekkelig tilgang på næringssalter. Fjorden var nærmest fattig på plankton. I 1982 var imidlertid planteplanktonkonsentrasjonen i overflaten (0-2 m dyp), målt som klorofyll a, like stor som i den eutrofe Vestfjorden i indre Oslofjord og større enn i Glommaestuetet. Konsentrasjonen var noe større i de sørlige (ytre) deler av fjorden og økte med avtakende vannføring i Drammenselven. Lav vannføring i elven gir lengre oppholdstid (og høyere saltholdighet) på brakkvannet og planteplanktonet gis større muligheter til å etablere seg. På 1950-tallet var vannføringen i elven fortsatt stor sommerstid (under produksjonssesongen) og lavest vinterstid. I 1982 var vannføringen lavest i juli-september som følge av de siste reguleringene av Drammenselven. Den økte planteplanktonproduksjonen er således også en følge av vassdragsreguleringen.

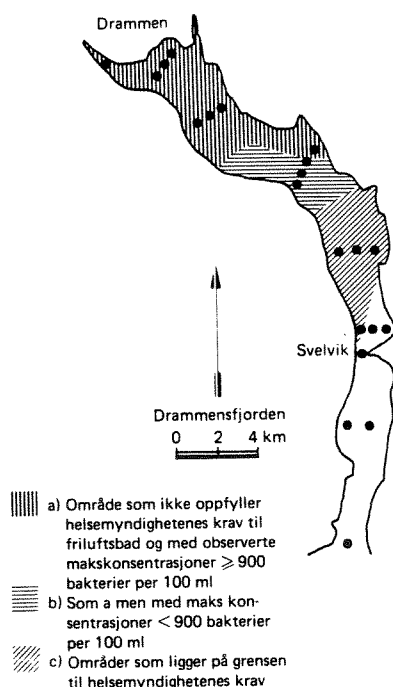
Konsentrasjonen av organisk stoff (TOC) var på samme nivå som i den mest forurensede delen av indre Oslofjord (havnebassenget) men noe lavere enn i Glommaestuetet. Konsentrasjonsnivået av totalantall bakterier ("kimtall") var nesten like stort som i den sterkt belastede Iddefjorden, hvilket også vitner om at fjorden tilføres betydelige mengder organisk stoff idag. Sammenlignet med indre Oslofjord var kimtallkonsentrasjonene høyere (unntatt for utløpet av Akerselva i Oslo havnebasseng).

Observasjonene i overflatelaget tyder således på en betydelig organisk belastning, rikelig tilgang på nitrogenforbindelser og tilstrekkelig med fosfor. Sommerstid gir dette (forårsaket av reguleringen av elven) opphav til en betydelig produksjon av planteplankton. Stor transport av partikler (leire, fiber m.m.) gir imidlertid et lavt siktedyp og

begrenser primærproduksjonen til de øverste 4-5 m.

## 5.2. Hygieniske forhold - badevannskvalitet

Konsentrasjonen av termotolerante koliforme bakterier er større enn helsemyndighetenes krav til friluftsbad i nesten hele fjorden innenfor Svelvik. Dårligst er forholdene i fjordens innerste del (figur 4).



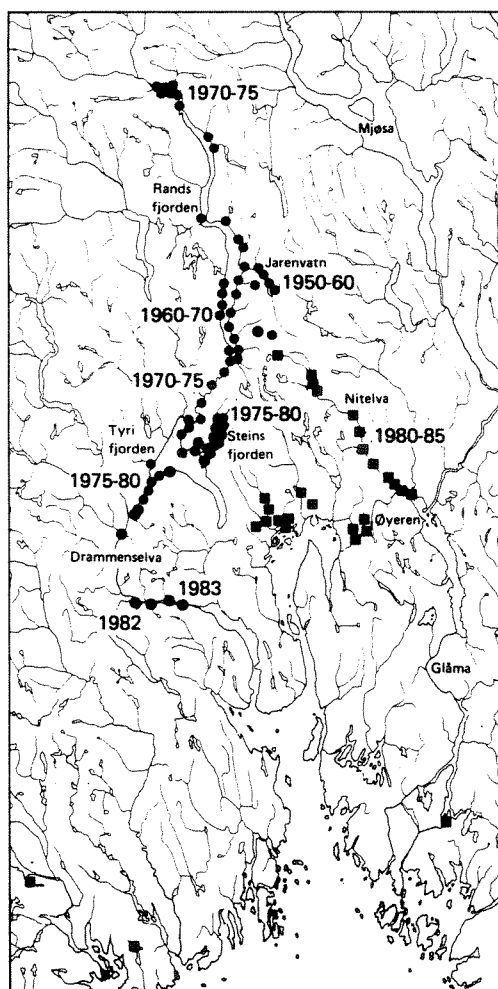
Figur 4. Områder som ikke oppfyller helsemyndighetenes krav til friluftsbad som følge av forekomst av termotolerante koliforme bakterier.

## 5.3. Flora og fauna i strandsonen

Observasjoner av høyere vegetasjon viste en moderat overgjødning innerst i fjorden (Gullaugbukta, Lahellbukta og Solumstranda). Øvrige observerte forskjeller i vegetasjonen var for små til å kunne settes i direkte sammenheng med eutrofi eller andre forurensningseffekter. Andre faktorer som påvirker den høyere vegetasjonen var vekslende saltholdighet, dårlige lysforhold, nedslamning og erosjon, som til sammen medførte redusert dybdeutbredelse og vekstbegrensning, særlig innerst i fjorden.

På tross av ytre gunstige vilkår (lav saltholdighet, finkornet substrat og relativt rikelig næringstilgang) har vasspest foreløpig ikke blitt observert i fjorden. Undersøkelser i Drammenselven viser at arten er i ekspansjon i nedre delen av elven (Mjelde og Hvoslef 1985, Rørslett og Berge 1986)(figur 5).

Flere lokaliteter i indre områder av Drammensfjorden er vurdert som verneverdige. Foruten det foreslåtte naturvernreservatet Linnesstranda, gjelder dette særlig Gullaugbukta, Jerdalsbukta og Selvikbukta.



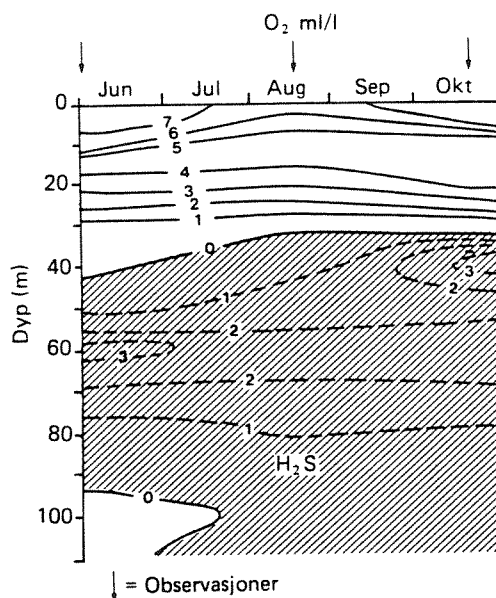
Figur 5. Utviklingen av vasspest (*Elodea canadensis*) på Østlandet fram til 1985. Spredning av vasspest i Drammensvassdraget er merket ●. (Etter Rørslett og Berge 1986).



De marine algesamfunnene var meget fattige og preget av forurensnings-tolerante arter av blågrønnalger og grønnalger, samt alger som tåler lav saltholdighet. Begroingen var sparsom og en kunne derfor bare påvise moderate gjødslingseffekter. Fysisk-kjemiske forhold som vekslende saltholdighet, dårlige lysforhold, nedslamming og isskuring må antas å begrense veksten av fastsittende alger. Det ble ikke funnet effekter på faunaen, som kunne tyde på overgjødsling. På dypere vann (5-30 m) var det noe reduserte samfunn forårsaket av nedslamming og dårlige lysforhold. De nevnte utslag på marine organismesamfunn gjorde seg mest gjeldende i den indre halvdel av fjorden.

#### 5.4. Forholdene i fjordens dypvann

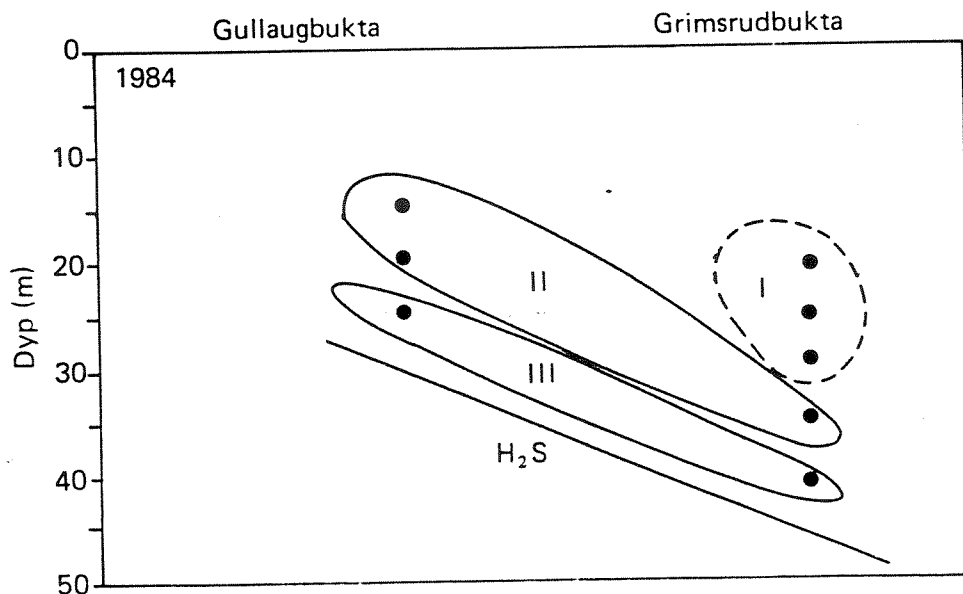
Dypvannet i Drammensfjorden under 30-40 meters dyp har lang oppholdstid (>3-5 år) og er i lange perioder råttent. Den organiske belastningen er så stor at alt oksygen blir oppbrukt i nedbrytningsprosesser og en giftig gass, hydrogensulfid, dannes. (Dette betegnes i dagligtale råttent vann.) Etter perioden 1950-60 synes dypvannet å ha vært nesten permanent hydrogensulfidholdig og manglet marint liv. Med lav saltholdighet i overflatelaget, som tidvis kan bli 10 meter dypt, og dårlige oksygenforhold fra 25-30 m dyp (figur 6) har det marine livet et meget begrenset livsrom (ca. 20% av fjordens totale vannvolum).



Figur 6. Oksygen (ml/l) og hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S, e.g. negativ oksygenekvivalent i ml/l) i Drammensfjorden juni, august og oktober 1982. Observasjonene er fra en stasjon innenfor Svelviksterskelen. Normalt oksygeninnhold i upåvirket sjøvann er mellom 5-6 ml/l.

### 5.5. Bløtbunnsfauna

Bløtbunnsfauna mangler under 30–40 m dyp som følge av råtten bunn i fjorden. Over 30 m dyp samsvarte artssammensetning og artsmangfold stort sett med det som tilsvarende den økende oksygenkonsentrasjonen i vannet. Imidlertid er samtlige arter som ble funnet ved det innerste undersøkelsesområdet ved Gullhaugbukta kjent for å være generelt forurensningstolerante. På grunnere bunn i Grimsrudbukta (omtrent halvveis til Svelvik) ble det derimot funnet forurensningsømfintlige arter. Forskjellen mellom de to områdene skyldes ikke alene oksygenforholdene, men også andre faktorer som sedimentering av organisk materiale, som er størst innerst i fjorden. Figur 7 viser forskjeller og likheter mellom bløtbunnsamfunn i ulike dyp ved Gullhaugbukta og Grimsrudbukta. Samfunn med betydelig grad av likhet er gruppert innenfor samme ramme.

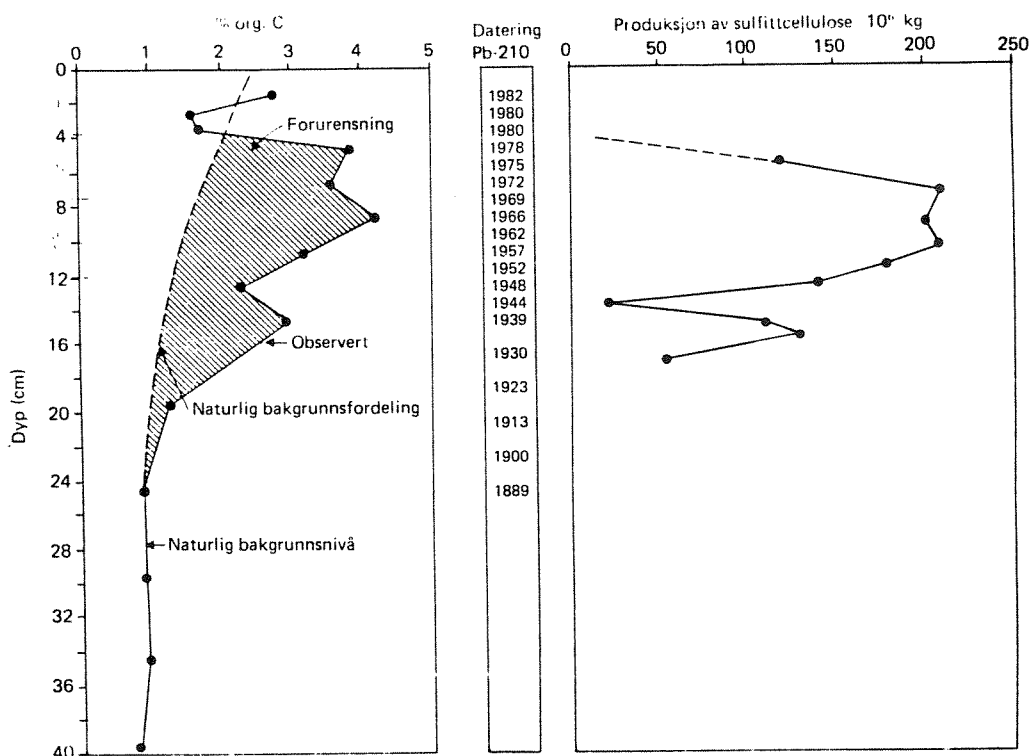


Figur 7. Tre grupper av bløtbunnsamfunn fra ulike dyp ved Gullhaugbukta (15, 20 og 25 m dyp) og Grimsrudbukta (20, 25, 30, 35 og 40 m dyp). Mellom samfunnene innen hver gruppe er det forholdsvis høy likhet i faunaen. Faunaen på de to lokalitetene Gullhaugbukta og Grimsrudbukta var noe forskjellige i de grunnere vannlag, men forandret seg i retning av ett og samme faunasamfunn når en kom ned mot dyp med dårligere oksygenforhold.

Stasjonsgruppe I (ved Grimsrudbukta) viste en lite til moderat forurensningspåvirket fauna med et moderat eller normalt artsmangfold og innslag av ikke forurensningstolerante arter. Gruppe II (registrert på ulike dyp i Gullagbukta og Grimsrudbukta) viste en betydelig forurensningspåvirket fauna med lavt artsmangfold og bare forurensningstolerante arter. Gruppe III viste en sterkt påvirket, artsfattig fauna.

### 5.6. Sedimenter og sedimenterende materiale

Konsentrasjonen av organisk karbon var omtrent 3% i fjordens overflatesedimenter, dvs. sammenlignbart med f.eks. Bunnefjorden i indre Oslofjord. Det er i stor utstrekning terrestrisk plantemateriale og fiber som når bunnen, særlig under flom. Variasjonen av organisk karbon i en aldersdatert kjeme samsvarer godt med variasjonen i produksjon av sulfittcellulose langs Drammensvassdraget gjennom 1900-tallet (Figur 8).



Figur 8. Sammenligning av organisk karbon i sediment midtfjords med variasjon i sulfittcellulose-produksjonen langs Drammenselven (etter Næs 1981).

Tilførselen av partikulært materiale idag varierer med vannføringen i Drammenselven, og er størst i vårflommen når erosjon i elven er størst. Ved lavere vannføring er sedimentasjonen i fjorden lavere og den relative andelen av terrestrisk plantemateriale og fiber avtar, spesielt innerst i fjorden og ved vannføringer under ca.  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ . Isteden nærmer C/N-forholdet i sedimenterende materiale seg det som er vanlig for planteplankton.

### 5.7. Miljøgifter i sedimenter og organismer

Innholdet av metallforurensninger (kvikksølv, kobber, sink, krom og kadmium), polyklorerte bifenyler (PCB) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) var moderat til lavt i fjordens sedimenter (lavere enn f.eks. indre Oslofjord og Hvalerområdet). Derimot var innholdet av ekstraherbart persistent organisk bundet klor (EPOCl) ca. 40 ganger høyere enn "bakgrunnsnivået".

Analyser av miljøgifter i organismer viste høye konsentrasjoner av PCB og andre klorerte hydrokarboner i torskellever (ca. 10 ganger det som er påvist i mer åpne områder i Oslofjorden). Øvrige fiskearter (skrubb, abbor, sjøørret og mort) og muslinger viste ikke konsentrasjoner ut over det som er vanlig å observere i diffust belastede brakkvannsområder. Totalinnholdet av tjærestoffer var moderat eller lavt i muslinger, men andelen av potensielt kreftframkallende stoffer var noe høyere enn vanlig (likevel moderat). Konsentrasjonen av tungmetaller var lavt eller bare moderat forhøyet, unntatt for kvikksølv i filet av torsk og abbor (2-3 ggr det som ble funnet i torsk fra indre Oslofjord, kfr. Kirkerud m.fl. 1985) og like mye som i stor abbor fra søndre del av Mjøsa og Tyrifjorden fanget i de senere år (Berge 1983).

Orienterende analyser av metaller i høyere planter viste stort sett moderate konsentrasjoner.

Overflatesedimentene i Gilhusbukta ble analysert på PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner, tjærestoffer) for å kartlegge et tjæreutslipp i området. Konsentrasjonen var betydelig høyere enn bakgrunsnivået (fra stasjoner lengre ut i fjorden) og i samme størrelse som verdier fra overflatesedimenter i Hommelvika, Trondheimsfjorden (Rygg et al. 1984). Utslippets virkninger synes å være begrenset til Gilhusbukta og nærområder i det konsentrasjonsnivået av PAH i øvrige deler av fjordens sedimenter var lavt. Tjæreutslippet kommer fra Nodest Industrier A/S og dekker vel  $60.000 \text{ m}^2$  av Gilhusbukta med klare overkonsentrasjoner av PAH ( $> 10 \text{ ppm}$ ), størst nærmest fabrikken. Forholdet kan ha lokale konsekvenser som giftvirkning og akkumulering av PAH i fisk med tilhold på bunnen.

## 6. ÅRSÅK TIL OG TILTAK MOT FORURENSNINGENE

De forurensningseffekter som er konstatert kan i de fleste tilfeller knyttes direkte til ulike kilder, men det finnes unntak. Dette gjelder spesielt miljøgifter. Ut fra observasjonene i fjorden har vi kunnet konstatere følgende forurensningsproblemer:

Nedslamming, overgjødning, betydelig tilførsel av organisk stoff, stor belastning med termotolerante koliforme bakterier, forhøyede konsentrasjoner av noen miljøgifter som ekstraherbart persistent organisk bundet klor (EPOCl), PCB, kvikksølv samt et lokalt problem i Gilhusbukta med et tjæreutslipp (PAH). Videre har vi også påpekt den effekt på planktonproduksjonen som vassdragsreguleringen har bidratt med. I det følgende vil vi ta for oss forurensningene og deres spesielle kilder, så langt disse er kjente.

### 6.1. Nedslamming og transport av uorganiske og organiske partikler

Drammenselva transporterer store mengder partikler. Transporten av leire skyldes erosjon fra jordbruksarealer og tildels avrenning og erosjon fra skogs- og friområder. Avrenning fra jordbruksarealer er sannsynligvis av størst betydning. Observasjonene i fjorden viser også at det dårligste området er ved utløpet av Lierelvas nedbørsfelt, som har et større relativt innslag av dyrket mark enn Drammenselva. Effekten på fjorden er dels generelt uestetiske forhold ved at strandområder blir nedslammet og sikten i vannet dårlig. Dette er kanskje den fremste årsaken til at brukerne opplever tradisjonelle badeplasser forringet. Leirtransporten vanskeliggjør også naturlig vekst av alger og høyere vegetasjon i strandsonen. Også grunnvannsfaunaen er noe redusert som følge av nedslamming.

Tiltak mot den store leiretransporten består i å begrense erosjonen på dyrket mark i nedbørsfeltet ved jordbrukstekniske tiltak og f.eks. ved etablering av vernevegetasjon på utsatte steder langs elven.

Sett ut fra hensynet til slamtransport ville en ytterligere regulering av Drammenselven kunne være gunstig, dersom vårflommen kunne reduseres. Imidlertid er det ikke sannsynlig at en tilstrekkelig reduksjon er praktisk gjennomførbar. Dessuten ville en sterk regulering være mindre gunstig sett ut fra andre miljøproblemer.

Nedslammingen skyldes i tillegg til leire også organiske partikler. Her bidrar industrien med bl.a. fiberutslipp. Dertil kommer organisk stoff og partikler fra husholdningskloakk.

## 6.2. Overgjødsling (eutrofi) - næringsalter

Overgjødslingssymptomene i en fjord skyldes i alminnelighet store tilførsler av næringsalter. Næringsaltene gir en stor primærproduksjon i de frie vannmasser (stor planteplanktonproduksjon) og av alger i strandsonen, spesielt hurtigvoksende ettårige arter (f.eks. grøn-alger). Foruten en økt begroing som gir uestetiske forhold langs strendene gir en stor planktonproduksjon et grumset og uklart overflatevann. Muligens er også risikoen for oppblomstring av potensielt giftige planktonalger større. Den store produksjonen av organisk stoff belaster fjordens vannmasser og bunn, og oksygenbehovet ved nedbrytning av det organiske stoffet kan bli så stort at oksygenet i vannet blir oppbrukt og det dannes hydrogensulfid, som utrydder de fleste marine organismer.

I Drammensfjorden er det ikke konstatert overgjødslingseffekter på høyere vegetasjon eller marine alger i strandsonen unntatt en moderat effekt innerst i fjorden. I de frie vannmasser (0-2 m dyp) er det derimot konstatert planteplanktonkonsentrasjoner på samme nivå som i klart eutrofe områder. Dette inntreffer sommerstid når vannføringen i Drammenselven er lavest (effekt av vassdragsreguleringen). Nedbrytningen av planteplankton i fjordens dypvann er blant de viktige faktorer bak de dårlige oksygenforholdene og dannelse av råttent vann under 30-40 m dyp. Imidlertid bidrar også sannsynligvis organisk materiale som er lagret på bunnen til dannelse av hydrogensulfid i dypvannet.

Tilførselen av næringsalter er beregnet til mellom 140-215 tonn fosfor og 3700-4500 tonn nitrogen per år (avhengig av vannføringen i elven). Mesteparten av nitrogenet transporteres ut fjorden ved Svelvik og belaster Breiangen, mens en del av fosforet holdes tilbake (sedimentasjon). Nitrogentilførselen synes jevnt fordelt mellom utslipp fra jordbruk (16 %), befolkning (11 %) og arealavrenning (9 %). En stor del av tilførslene skjer dessuten fra Snarumselven og Tyrifjorden (ca. 60%). Dominerende utslippskilder for fosfor var befolkning (ca. 37%) og jordbruk (11 %), med en stor del fra h.h.v. Snarumselven og Tyrifjorden (36 %).

Planteplanktonproduksjonen i Drammensfjorden innenfor Svelvik begrenses sannsynligvis mest effektivt ved å redusere fosfortilførslene. Kjemisk rensing av kommunal kloakk bør prioriteres og deretter kan tiltak overfor fosfortilførslene fra Tyrifjorden og Snarumselven vurderes. Imidlertid vil det fortsatt bli tilført store mengder nitrogen, som kan bidra til eutrofi-problemer i Breiangen. Derfor bør det også overveies muligheten for å begrense utslipp av

nitrogen fra jordbruk og befolkning samt kildene til nitrogen-tilførslen fra Tyrifjorden og Snarumselven.

### 6.3. Organisk stoff

En stor direkte belastning av organisk stoff vil dels bidra til nedslamming av strand og bunnområder (se kap. 6.1), dels tære på fjordvannets oksygeninnhold. Foruten nedslammingseffekten er det konstatert negative effekter av slik belastning på bunnfaunaen i Gullaugsbukta. Videre er de dårlige oksygenforholdene i fjordens dypvann og dannelse av hydrogensulfidholdig vann også en funksjon av den organiske belastningen. Sedimentundersøkelsene viste at økt konsentrasjon av organisk stoff sammenfalt i tid med produksjonsøkningen i treforedlingsindustrien. Bunnavleiringenes innhold av organisk karbon har avtatt etter at store deler av denne industrien ble nedlagt på slutten av 1970-tallet. Belastningen av tungt nedbrytbart organisk stoff (f.eks. fiber) anses imidlertid fremdeles å gi et betydelig bidrag til de stadig dårligere oksygenforhold i fjordens dypvann. Nedbrytningen av dette materiale skjer imidlertid langsomt og er derfor konsentrert til bunnoverflaten, mens oksyngjelden i de frie vannmasser mer skyldes lettere nedbrytbart organisk stoff.

Dagens tilførsel av organisk stoff er ca. 14.000-17.000 tonn ( $\text{BOF}_7$ ) pr. år beregnet ut fra observasjoner i Drammenselven. Det største bidraget kommer som bakgrunnsverdier fra Snarumselven og Tyrifjorden (ca. 60 %). Resterende bidrag er utslipp fra befolkning (9 %), industri (6 %) og jordbruk (6 %). Konkrete tiltak mot utslipp av organisk stoff er vanskelig å anbefale når ingen enkelt identifiserbar utslippskilde dominerer. I dette sammenheng er det også et behov for å få vurdert forskjellen mellom observerte og beregnede tilførsler samt å kunne skille mellom lett nedbrytbart og tungt nedbrytbart organisk stoff.

### 6.4. Bakterier og badevannskvaliteten

Fjordens overflatevann oppfyller ikke helsemyndighetenes krav til friluftsbad. Konsentrasjonen av termotabile koliforme bakterier er for høy. Disse bakterier lever naturlig i menneskers og dyrs tarmsystem og spres med fekalier (ekskremitter). Bakteriene er ikke i seg selv sykdomsfremkallende, men det er vist at høye konsentrasjoner øker risikoen for tilstedeværelse av sykdomsfremkallende bakterier og virus.

Reduksjon av tarmbakterier oppnås ved en kombinasjon av sedimentering (rensegrad ca. 75%) og god primærfortynning (eventuelt dypvannsutslipp). Imidlertid er dette muligens ikke nok for å få tilfreds-

stillende badevann i Drammensfjorden. Utslipp fra treforedlingsindustrien kan også inneholde termotolerante bakterier og de tradisjonelle analysene skiller ikke mellom bakterier fra treforedlingsindustri og husholdningskloakk. Med visse forbehold er bakteriene fra treforedlingsindustrien mindre betenkelige i hygienisk henseende. Det bør derfor ved spesialanalyse bringes på det rene hvor stor andel av de termotolerante bakterier industrien står for, slik at helsemyndighetene får et mer pålitelig vurderingsgrunnlag.

Tiltak mot utslipp av bakterier fra treforedlingsindustrien innebærer omlegging av prosesser eller spesialbehandling av vann fra rensier på bedriftene.

### 6.5. Miljøgifter

Miljøgiftbelastningen i Drammensfjorden kan gi opphav til to problemer, dels ut fra helsemessig synspunkt (konsum), dels ut fra økologisk synspunkt. Undersøkelsene har vist at konsentrasjonen av PCB og andre hydrokarboner i torsk og kvikksølv i torsk og abbor fra indre fjord kan være så høye at helsemyndighetene bør vurdere mulige konsekvenser. Undersøkelsens orienterende karakter (få fisk) gjør imidlertid at den først bør gjentas med et større materiale, og dessuten omfatte fisk fra områder lengre ute i Drammensfjorden.

De høye konsentrasjonene av EPOCI i sedimentene bør undersøkes nærmere, både med hensyn til kilde og identifikasjon av hvilke forbindelser som inngår i gruppen. Mange stoffer under fellesbenevnelsen EPOCI er ukjente og kan ha tilsvarende farlige egenskaper mht. akkumulering, oppkonsentrering langs næringskjeder og kroniske giftvirkninger som PCB, DDT, osv. Såvidt høye konsentrasjoner i sedimentene bør foranledige nærmere studier.

Av øvrige analyserte miljøgifter var konsentrasjonsnivået av tungmetaller i organismer og sedimenter lavt eller bare moderat forhøyede. Dette gjelder også for forekomsten av tjærestoffer og klororganiske forbindelser.

Tjæreutslippet i Gilhusbukta er en lokal forurensning som bør følges opp med tiltak. Utslipet forårsaker stadig problemer for båtbrukere og friluftinteresserte, og det ligger nær en verneverdig plante- og fuglebiotop. Sannsynligvis vil tildekking være den mest gunstige løsning. Mudring er ikke å anbefale på grunn av risiko for spredning til øvrige deler av fjordens økosystem.



### 6.6. Ytterligere tiltak som bør vurderes

Drammensfjordens dypvannsfornyelse er meget langsom og dypvannet var som følge av dette råttent allerede i begynnelsen av dette århundrede, om enn i mindre volumer enn idag. Muligens er det ikke tilstrekkelig med redusert belastning av organisk stoff og næringsalter for å gi vesentlig bedring av fjordens dypvann. Den naturlige tilførselen av oksygenrikt dypvann fra Breiangeren er altfor liten som følge av terskelen ved Svelvik (kun 10 m dyp) og liten vertikal diffusjon i selve Drammensfjorden. Denne tilførsel kan forbedres ved tekniske tiltak og en rask og stor forbedring av oksygenforholdene i fjorden vil neppe kunne gjennomføres uten slike tiltak, forutsatt at også anbefalte rens tiltak gjennomføres.

Begrensende faktor for dypvannsfornyelsen er terskelen ved Svelvik på 10 m dyp. I Vestfjorden (Indre Oslofjord) skjer en delvis utskiftning av dypvannet hvert år. Terskeldypet er nesten 20 m, men fjorden er noe dypere enn Drammensfjorden. Den store forskjellen mellom Drammensfjorden og Vestfjordens dypvann er den større vertikale diffusjonen i Vestfjorden, som resulterer i en raskere egenvekts- reduksjon av fjordens dypvann og derved øker sannsynligheten for at vannmassene utenfra vil strømme over terskelen og tilføre fjorden oksygenrikt vann. I Drammensfjorden er den vertikale diffusjonen liten sammenlignet med Vestfjorden og egenvektsreduksjonen er nesten ikke målbar i løpet av ett år. En økning av egenvektsreduksjonen slik at dypvannsfornyelsen blir årlig ville legge grunnlaget for oksygenholdige vannmasser også i Drammensfjorden.

Egenvektsreduksjonen kan forbedres hurtig ved to metoder. I Vestfjorden er den vertikale diffusjonen for en stor del drevet av brytende interne bølger som blander dypvann med lettere overflatevann (Stigebrandt 1976). I Drammensfjorden utgjør terskelgeometrien et hinder for generering av slike bølger. En økning av terskelarealet ved en fordypning av terskeldypet fra 10 til 15 meter vil kunne gi interne bølger og øke vertikaldiffusjonen med en faktor 5-10 ganger, som resulterer i en energitilførsel omtrent halvparten av Vestfjordens (VHL 1976). Dette er muligens ikke tilstrekkelig for å sikre en større årlig dypvannsfornyelse, men er verdt en nøyere analyse for å avgjøre den egentlige effekten sammenlignet med andre tiltak.

En annen metode er å direkte tilføre dypvannet energi ved luftbobling eller ved utslipp av ferskvann via diffusorer. Sistnevnte metode gir en direkte minskning av dypvannets potensielle energi (egenvektsreduksjon), samtidig som blandingen øker. Denne metoden er derfor å

foretrekke. Begge løsninger er teknisk mulige; man bør derfor beregne hvor mye energi som må tilføres for å få en garantert årlig dypvannsfornyelse, samt også vurdere kostnadene for de ulike metoder.

## 7. BEHOV FOR OVERVÅKING.

Ut fra foreliggende resultater vil vi anbefale at forurensnings-situasjonen følges opp på følgende områder:

Badevannskvaliteten bør overvåkes fortløpende ved observasjoner av termotolerante koliforme bakterier i perioden juni-august på et utvalg av stasjoner i fjorden. Det er å foretrekke hyppige observasjoner under begrenset tidsrom, mot lavfrekvente observasjoner under hele badesesongen. Ukentlige observasjoner i 6 uker anbefales. Overvåkingen må utføres lokalt (byveterinær og fylkesmannens miljøvernveddeling). Observasjoner av siktedyp er naturlig å ta med. Andelen termotolerante koliforme bakterier fra industriutslipp må søkes fastslått, for å gi grunnlag for å bedømme overvåkingsresultatene.

Overgjødslingen overvåkes best ved en årlig oppfølging av oksygenforholdene på to stasjoner i fjorden, vår (mai) og høst (oktober). Overvåkingen vil også kunne følge dypvannsfornyelsen. Et biologisk supplement vil være å gjennomføre bunnfaunaundersøkelser hvert femte år eller når oksygenforholdene skulle tilsi en mulig forandring av bløtbunnsfaunaen. I tillegg til den informasjon som fås ved studier av oksygenforholdene kan bløtbunnsfaunaundersøkelser gi informasjon om eventuelle forandringer i den organiske belastningen på grunnere vann.

Det kan være av interesse å følge med en sannsynlig etablering av vasspest i fjorden. Dette kan skje ved feltobservasjoner og flyfotografering hvert femte år.

Øvrig overvåking for å følge med nedslamming og andre tilsvarende effekter kan begrenses til dykkerregistreringer og studier av algebegroing i fjærebeltet på et utvalg av stasjoner fra basisundersøkelsen hvert tredje år.

Overvåking av miljøgifter kan være påkrevet, men først bør det gjøres supplerende grunnlagsundersøkelser som nevnt ovenfor (kildekartlegging, analyse av fisk fra flere områder i fjorden innenfor Svelvik).

Basisundersøkelsen har påvist store transporter av næringsalter

(e.g. nitrogen) til Breiangen, og en overvåking av oksygenforholdene her anbefales (samordning med overvåking i Oslofjorden).

#### 8. HVA HAR UNDERSØKELSEN IKKE GITT SVAR PÅ?

Basisundersøkelsen har avklart vesentlige sider ved Drammensfjordens forurensningssituasjon. Men den har også reist nye spørsmål som det er av betydning å få klarlagt, når tiltak mot forurensninger skall vurderes. Eksempelvis er optimale rens tiltak mot eutrofieringen og den organiske belastningen mer kompliserte enn hva som kunne antas før undersøkelsen, dels som en følge av en klarlegging av de betydelige transporter gjennom fjorden og ulik oppførsel av nitrogen og fosfor, men mest på grunn av en uventet høy planteplanktonproduksjon, som er sannsynliggjort å være en effekt av de seneste årens regulerings- inngrep i Drammenselven. Jevn fordeling på ulike kilder og uklare transportmønstre i fjorden vanskeliggjør enkle tiltak. Betydelige tilførsler av næringssalter og organisk stoff via Snarumselven og øvre del av Drammenselven/Tyrifjorden kompliserer også tiltakssiden.

I det følgende stilles en del spørsmål som foreløpig mangler svar, og som bør vurderes å få klarhet i:

1. Hvilke kilder dominerer tilførselen av termotolerante koliforme bakterier (treforedlingsindustrien eller kommunal kloakk).
2. Hva betyr transporten av nitrogen og organisk stoff til Breiangen?
3. Hvorledes transporteres det organiske stoffet gjennom fjorden?
4. Hvor stor er biomassen av planteplankton som produseres i fjorden og hvor mye belastes dypvannet ved planteplankton sammenlignet med den direkte belastningen med tilført organisk stoff?
5. Hvordan kan dypvannsutsiftningen i Drammensfjorden best forbedres (utdyping av Svelvikterskelen, luftbobling i dypvannet eller tilførsel av ferskvann til dypvannet).
6. Hvor raskt kan en restaurering av fjorden gjennomføres uten negative konsekvenser for brukerinteresser og for utenforliggende områder?
7. Hva er realiteten mht. forekomsten av PCB og kvikksølv i fisk og er det eventuelle punktkilder av betydning?

8. Hvilke forbindelser inngår i gruppen EPOCl og hvor toksiske er de, og hva er EPOCl-konsentrasjonen i fisk?
9. Hvilke utslipp og stoffer betinger de høye konsentrasjoner av EPOCl- hvor toksiske er de?
10. Betyr tjæreutslippet i Gilhusbukte noe for lokalt hobbyfiske, og har utslippet negative langsiktige konsekvenser?
11. Fins det flere områder med lokal forurensning i fjorden?

Noen av disse spørsmål kan vise seg å være av mindre betydning ut fra ren tiltaksvurdering, men særlig punkt 1-6 vil være av betydning å få avklart også ut fra ønsket om økt kunnskap på felter som kan studeres bedre i Drammensfjorden enn andre steder, og som er av almen interesse. De fleste spørsmål impliserer problemorienterte undersøkelser eller utredninger, og kan utføres relativt frittstående fra hverandre. Eksempelvis vil effekten av tjæreutslippet i Gilhusbukten på fisk eller andre organismer kunne studeres både i felt og eksperimentelt på økosystemnivå eller på flere marine arter separat.

Undersøkelsene i Drammensfjorden har slik som undersøkelsene i Hvalerområdet/Singlefjorden ( Skei 1984) vist hvor vanskelig det er å skille mellom forurensningsavhengige effekter i områdene og "ferskvannseffekter/ saltholdighetseffekter". Tradisjonelle forurensningskriterier og indikatorarter er mindre anvendelige eller ikke tilgjengelige, og det er derfor behov for å gjennomgå og utvikle metoder som tar spesielt hensyn til slike brakkevannsområder.

## 9. LITTERATUR.

(Delrapporter se forord)

- Berge, D., 1983 (Red) Tyrifjorden. Tyrifjordundersøkelsen 1978-1981. Sammenfattende sluttrapport. Tyrifjordutvalget, des. 1983. 156s.
- Beyer, F. 1954. Studies of a threshold fjord - Dramsfjord - in southern Norway. I. Hydrography and II Zoology. Masters Thesis. University of Oslo.
- Beyer, F., 1976. Influence of freshwater outflow on the distribution and production of plankton in the Dramsfjord. IN: Fresh water on the sea (Red. S. Skreslet, R. Leinebø, J.B. Matthews and E. Sakshaug). The association of norwegian oceanographers. Oslo 1976.
- Braarud, T., Føyn, B. and G.R. Hasle, 1958. The marine and freshwater phytoplankton of the Dramsfjord and the adjacent part of Oslofjord, march-december, 1951. Hvalr.Skr. 43. 1-102.
- Hedgpeth, J.W., 1983. Brackish waters, estuaries, and lagoons. In: Marine Ecology Vol. V, Part 2. (Red: O. Kinne).
- Kirkerud, L., Enger, B., Frøslie, A., Knutzen, J., Madsen, L., Martinsen, K. og Norheim, G 1985. Overvåking av PCB, kvikksølv og kadmium i sjøvannsmiljø. Oslofjordområdet 1982-1983. Rapport 183/85 i Statlig program for forurensningsovervåking.
- Knutzen, J (1984): Generelle trekk ved brakkvannsbibliologi. Vannforurensninger og resipientundersøkelser. Rapport fra NIVA-seminar Oslo, 26-27.1 1984. s. 76-80. Niva-rapport 12.12.1984.
- Mjelde, M. og Hvoslef, S. 1985. Undersøkelser i Drammenselva 1982-84. høyere vegetasjon. Norsk institutt for vannforskning. Rapport 196/85.
- Molvær, J. 1974. Resipientundersøkelser av Drammenselva og Drammensfjorden. Rapport nr 1. Generelle forhold- tidligere undersøkelser- forurensningstilførsler. Norsk institutt for vannforskning. 0-73/73.

- Næs, K. 1981. Kjemiske undersøkelser av overflatesedimentet i Indre Drammensfjord. Hovedfagsoppgave i marin kjemi, Universitetet i Oslo 97s.
- Rygg, B., Knutzen, J., Skei, J., Heie, A., Ramdahl, T., Osvik, A. og Melhuus, A. 1984. Kreosotforurensninger i Trøndelag. Miljøvirkninger i Hommelvika, Stjørdalsfjorden, Gudå og Mostadmarka. O-83115. Norsk institutt for vannforskning, A/S Miljøplan og Sentralinstitutt for industriell forskning.
- Rørslett, B. og Berge, D. 1986. Vasspest (*Elodea canadensis*) i 1980-åra. *Blyttia* 44:119-125.
- Schaanning, M., 1983. Chemical investigation in the inner Dramsfjord, an anoxic basin, with particular reference to various redox and solubility equilibria. Cand.real. thesis in marin chemistry. Universitetet i Oslo. 154s.
- Skei, J., 1984. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden, 1980-83. Konklusjonsrapport. Overvåkingsrapport 117/84. Norsk institutt for vannforskning. (O-8000303).
- Stigebrandt, A., 1976. Vertical diffusion driven by internal waves in a sill fjord. *J. Phys. Oceanogr.* 6, 486-495.
- VHL, 1976. Svelvikstrømmen. Sluttrapport. Førf: S. Leivseth, L. Bilfalk og J.E. Steen. Vassdrag og havnelaboratoriet. Rapport nr 601126.
- Wiik, Øivind., 1981. Supralittorale og littorale blågrønnalgesamfunn i indre Oslofjord. Hovedfagsoppgave i marin botanikk, Universitetet i Oslo.

VEDLEGG 1. FORURENSNINGSTILFØRSLER.

Fylkesmannen i Buskerud, miljøvernavdelingen har revurdert tilførselsberegningene fra 1986 i en ny rapport (de eldre data ble rapportert i en tidligere NIVA-rapport (Magnusson og Næs 1986). Nedenfor gis de nye tilførselstallene i tabeller som er tildels analoge med tabell 4, 5 og 6 i vår tidligere rapport.

De nye tallene bygger på endringer i koeffisientene for jordbruk når det gjelder fosfor og nitrogen, som bygger på erfaringer fra etterkontroller ved iverksatte tiltak i jordbruket. I tillegg er det også tilført beregninger av organisk stoff fra jordbruk og skogsområder. Beregningene inneholder omregning mellom KOF og BOF med store muligheter for feil. Disse tall er derfor fortsatt meget usikre.

Tabell 1. Beregnede tilførsler av fosfor (tot-p), nitrogen (tot-n), og organisk stoff (BOF<sub>7</sub>) i tonn/år fra Drammenselva og Drammensfjordens nedbørfelt (fra Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvernavdelingen 1987), samt observerte tilførsler i Drammenselva ved Bybrua i Drammen 1982 og 1983.

KILDE	tonn/år	tonn/år	tonn/år
Fra Tyrifjorden og Snarumselven	65	2.800	11.600
Til Drammenselva	77	1.250	6.460
Sum tilførsler til Drammenselva	142	4.050	18.060
Målt tilførsler v. Bybrua 1982-1983	100- 175	3.300- 4.100	13.800- 17.000
Lokale tilførsler til Drammensfjord	40	530	1.500
TOTALE TILFØRSLER DRAMMENSFJORDEN	182	4.600	19.560

Tabell 2. Kildefordeling av tilførsler ( tonn/år og %) til Drammensfjorden eksklusive Snarumselven og Tyrifjorden.

KILDE	TOT-P		TOT-N		BOF <sub>7</sub>	
	tonn /år	%	tonn /år	%	tonn /år	%
Befolkning og arbeidsplasser	67	57	486	27	1824	23
Jordbruk	19	16	752	42	1080	14
Industri	3.5	3	90	5	1146	14
Service inst.	3.9	3	32	2	80	1
Arealavrenning ( Skog og tettsted)	24	21	424	24	3829	48
TOTALT	117	100	1784	100	7959	100

Tabell 3. Kildefordeling av tilførsler ( %) til Drammensfjorden inklusive Snarumselven og Tyrifjorden.

KILDE	TOT-P	TOT-N	BOF <sub>7</sub>
Befolkning og arbeidsplasser	37 %	11 %	9 %
Jordbruk	11 %	16 %	6 %
Industri	2 %	2 %	6 %
Service inst.	2 %	<1 %	< 1 %
Arealavrenning	13 %	9 %	20 %
Snarumselven og Tyrifjorden	36 %	60 %	60%