

Vannkvalitet og sedimenter i Drammensfjorden

Av Jan Magnusson og Kristoffer Næs

Begge forfattere er ansatt som forskere ved Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA).

Innledning

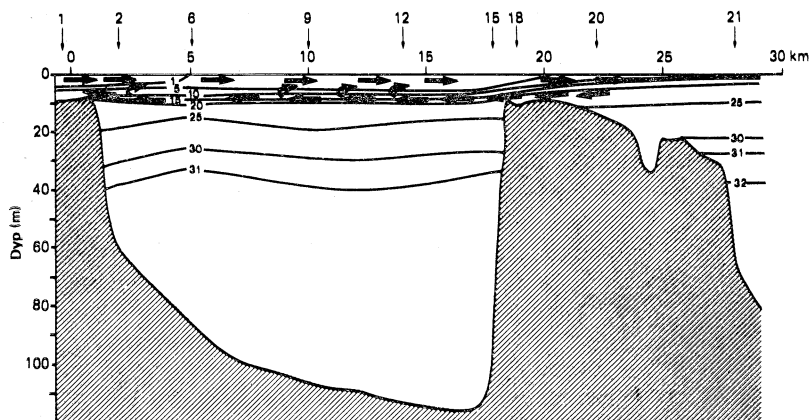
Denne del-undersøkelsen av Drammensfjordens vannkvalitet og sedimenter har hatt som formål å gi en bred beskrivelse av forurensningsforholdene i fjorden sammen med de øvrige undersøkelsene.

Ut fra tidligere undersøkelser ble det lagt vekt på å studere belastningen av organisk stoff og miljøgifter på fjorden samt mulige effekter av gjennomførte ferskvannsreguleringer. For å forstå effekten av belastningen av organisk stoff og reguleringer var det nødvendig med undersøkelser av fjordens vannutskifting og transporter. Som en del av studiet av vannkvaliteten ble også de hygieniske forholdene undersøkt i samarbeide med Byveterinæren i Drammen og fylkets miljøvern-avdeling.

Strømforhold, vannutskifting og kvaliteten av overflatevannet

Drammensfjorden er en dyp terskelfjord med stor ferskvannstilførsel. Vannutskifting og transporter bestemmes i hovedsak av topografien og ferskvannstilførselen, noe modifisert av tidevann og vind. Med en terskel på ca. 10 meters dyp ved Svelvik og med største dyp på over 100 meter innenfor terskelen vil dypvannet være stagnerende store deler av året. Utskiftingen i overflatelaget bestemmes i hovedsak av vannføringen i Drammenselva.

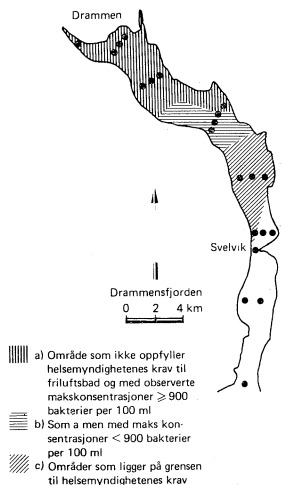
Figur 1 viser fjordens topografi og gjennomsnittlige saltholdighetssjiktning sommerstid med den ferskvannsdrevne sirkulasjonen innlagt. Fra Drammenselva strømmer ferskvannet ut i fjordens overflatelag, og under en innblanding



Figur 1. Gjennomsnittlig saltholdighet i Drammensfjorden på 6 tokt i tidsrommet 5.6.—27.11.82 med forenklet bilde av overflatestrømmen. a

av underliggende sjøvann (entrainment) strømmer det ut over Svelviksterkselen. Brakkvannsstrømmen ut ved Svelvik er direkte avhengig av vannføringen i Drammenselva, liksom reaksjonsstrømmen som kompenserer for fjordens salttap. På denne måte setter Drammenselva sitt preg på hele Drammensfjorden når forholdsvis lite sjøvann bidrar til fortykning av elvevannet i fjorden. Dette kan avleses av observasjoner i fjordens overflatevann som ferskvannets spredning, den gjennomgående dårlige sikten i det turbide vannet samt spredning av tarmbakterier (termotolerante koliforme bakterier), som etter helsemyndighetenes krav (SIF 1976) gjør Drammensfjorden uegnet til bading (figur 2).

Andre karakteristika som i hovedsak skyldes tilførsler fra elva er høye nærings-saltkonsentrasjoner i overflatelaget, spesielt

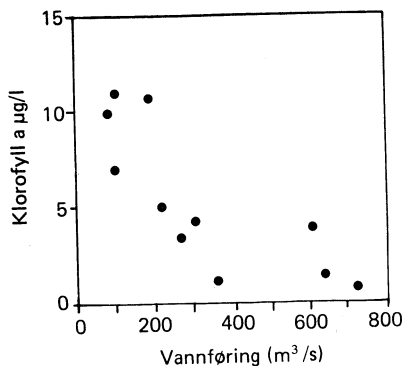


Figur 2.

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

nitrogen. Nitrogenkonsentrasjonen var like høy som i de mest overgjødlede deler av indre Oslofjord (havnebassenget før overføring av avløpsvann til Vestfjorden), og fosforkonsentrasjonen var omtrent like høy som den moderat overgjødlede Vestfjorden. Planteplanktonbiomassen (klorofyll *a*) var i samme nivå som Vestfjorden, mens siktedypet var omtrent halvparten og mer likt forholdene i andre områder med stor ferskvannstilførsel som eksempelvis den belastede Frierfjorden. Likevel var siktedyp og konsentrasjonen av total organisk karbon omtrent på samme nivå som i havnebassenget i indre Oslofjord og bedre enn verdiene for det sterkt forurensede Glommaestuaret. Således ligger Drammensfjorden mellom de forurensningsforhold som setter sitt preg på indre Oslofjord og Glommaestuaret, dvs. en blanding av overgjødlingsproblemer og problemer med store tilførsler av organisk stoff og partikler.

Normalt varierte planteplanktonbiomassen (klorofyll *a*) gjennom året med topper vår og høst og lave konsentrasjoner vinters- og sommerstid. Tidligere undersøkelser (1951) i Drammensfjorden viste generelt lave konsentrasjoner av plankton, på tross av gode næringsforhold (Braarud m.fl. 1958). Imidlertid var konsentrasjonen av klorofyll *a* høy sommeren 1982, og avhengig av overflatevannets oppholdstid (som er relatert til ferskvannstilførselen) (se figur 3). Ved lavere ferskvannstilførsler øker oppholdstiden for overflatevannet og planteplankton får tid til å etablere seg og biomassen øker. Vannføringen i juli—september var i gjennomsnitt mellom 320—400 m³/s i 1951—60 og 170—250 m³/s i 1971—80. I 1982 var gjennomsnittlig månedsvannføring mellom 90—200 m³/s. Således har oppholdstiden på overflatevannet som følge av ferskvannsregu-



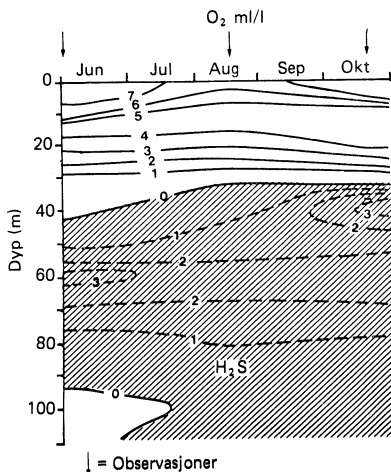
Figur 3.

Vannføring i Drammenselva samt biomasse av planteplankton (klorofyll a) i 0–2 meters dyp i Drammensfjorden (gjennomsnitt av stasjoner innenfor Svelvik).

leringen økt og dette gir utslag i økt planktonproduksjon.

Drammensfjordens dypvann

Figur 4 viser oksygen/hydrogensulfidvariasjonen i Drammensfjorden i 1982. Situasjonen er representativ for observasjoner de senere årene. Lave oksygenkonentrasjoner og forekomst av hydrogensulfidholdig vann viser en stor organisk belastning på fjordens dypvann i forhold til dypvannsfornyelsen. Lite terskelareal og lavt terskeldyp begrenser dypvannsfornyelsen. Dessuten har egenvekten på dypvannet under terskeldyp og ned til ca. 50 meters dyp økt sammenlignet med tidligere observasjoner (Schaanning 1983). Med en lav egenvekstreduksjon i dypvannet vil muligheten for en vannutskiftning være ytterligere redusert. Den økte egenvekten skyldes sannsynligvis den gradvis reduserte ferskvannstilførselen sommerstid, som gir en økt innstrømming av sjøvann til fjorden. Utgraving i terskelområdet fra ca. 6 meter i



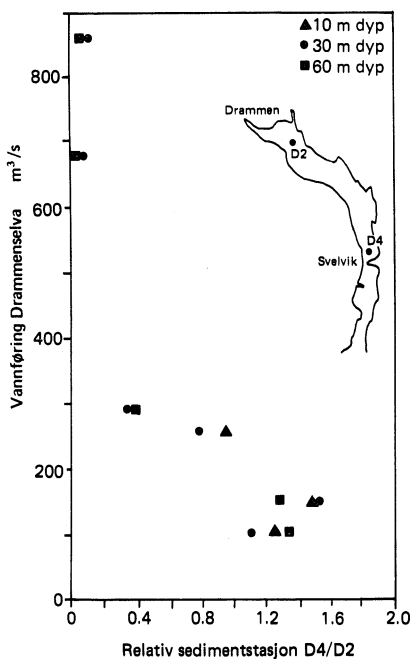
Figur 4.

Oksygen og hydrogensulfid (e.g. negativ oksygenekvivalent) i Drammensfjorden i 1982.

1900 til vel 10 meter i 1951 kan også ha bidratt til en økt innstrømming av sjøvann.

Tidligere er det observert nesten fullstendige utskiftninger av dypvann i fjorden, men etter 1960 foreligger ikke slike observasjoner. Oksygenforholdene i fjorden har således gradvis blitt dårligere.

Nedbrytningen av organisk stoff i vannmassene i Drammensfjorden følger modeller for nedbrytning av marint organisk stoff unntatt de bunnære vannmassene (Schaanning 1983). Resultater fra analyser av karbon, nitrogen, fosfor og totalt partikulært materiale (TPM) på sedimenterende materiale innsamlet med sedimentfeller på 10, 30 og 60 meters dyp på tre stasjoner i fjordens lengdeakse viser at sedimentstasjonen varierer kvalitativt og kvantitativt gjennom året. Ved store vannføringer øker tilførselen og derved belastningen på fjorden. Økningen er størst nær-



Figur 5.
Forholdet mellom sedimentasjon av totalt partikulært materiale ved stasjon D4 og stasjon D2 i Drammensfjorden 1982—1983 sammenlignet med midlere vannføring i Drammenselva.

mest elvemunningen i flomperioder, mens lavvannføring i elven gir størst sedimentasjon i søndre delen av fjorden (figur 5). Sedimentasjonen forandres også kvalitativt ved at lave vannføringer gir et lavere C/N-forhold på sedimenterende materiale. Den største variasjonen har området nærmest elvemunningen, hvor C/N-forholdet varierer fra $> 20:1$ ved vannføringer over $600 \text{ m}^3/\text{s}$ til ca. $8:1$ ved vannføringer under $200 \text{ m}^3/\text{s}$. Terrestrisk materiale har et C/N-forhold $> 20:1$ og planteplankton ca. $6:1$. Således domineres den organiske belastningen på Drammensfjorden ved høy

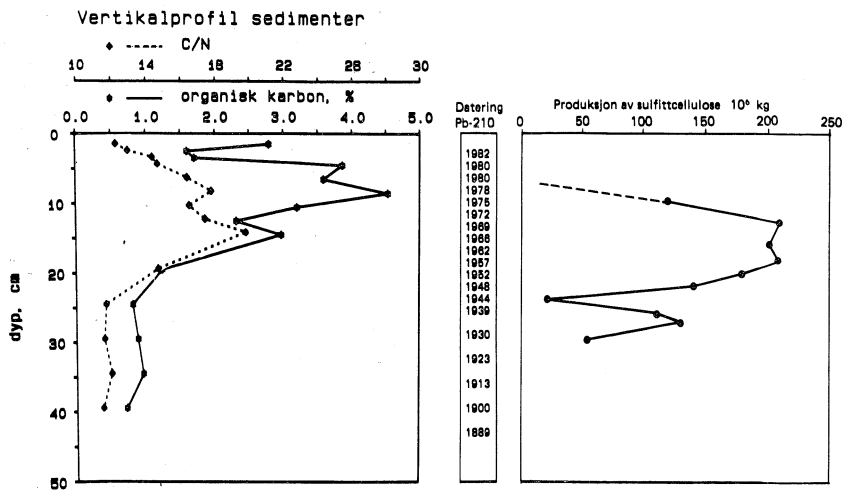
ferskvannstilførsel av terrestrisk materiale (bl.a. fiber), men kun i områdene nærmest elvemunningen, mens sedimentasjonen ved lavere vannføringer utgjøres av planktonisk materiale. Ferskvannsreguleringen skulle således også ha påvirket belastningen på dypvannet ved en gradvis minskning av sedimentasjonen av terrestrisk materiale.

Det er relativt lite karbon som sedimenterer i Drammensfjorden, omtrent 3—6% av totalt partikulært materiale (TPM). En stor del av TPM er således sand og leirpartikler.

Sedimentene i Drammensfjorden

Sedimentene i Drammensfjorden er i stor grad påvirket av terrestrisk materiale. Påvirkningen avtar med økende avstand fra Drammenselva.

Figur 6 viser en vertikalprofil av organisk karbon og C/N-forhold i sedimentene, som er datert (Pb-210), og sammenlignet med produksjonen fra treforedlingsindustrien. Sedimentasjonen ligger omtrent midt i fjorden. Den vertikale variasjonen avspeiler en historisk forandring som sammenfaller med produksjonsendringer ved treforedlingsindustrien. Konsentrasjonen av organisk karbon var ca. 1% før 1920 og økte til 3—5% i 1970-årene. I dag synes det som om belastningen av organisk karbon er synkende. C/N-forholdet er i dag nede på samme nivå som før 1920. Imidlertid kan C/N-forholdet ha vært lavere på den tid som følge av raskere nedbrytning av nitrogenforbindelser i sedimentene. Forholdene er uansett kvalitativt annerledes i dag enn omkring 1960 og resultatene fra analyser av sedimenterende materiale viser sammenfallende resultater med C/N-forhold mellom 7—14:1 omtrent midtfjords mellom Drammen og Svelvik.



Figur 6. Sammenligning av organisk karbon og karbon til nitrogenforholdet i sedimentet midtfjords sammenlignet med variasjonen i sulfittcellulose-produksjonen langs Drammenselva, A/S Follum Fabrikker inkl. (etter Næs 1981).

Analyser av metaller og andre miljøgifter i sedimentene viser stort sett samme profil som organisk karbon. Antakelig er metallene i stor grad knyttet til organisk materiale, som har stor evne til å binde til seg metaller. Det er ikke klarlagt om profilene avspeiler utslipp fra eksempelvis treforedlingsindustrien eller om den tidligere større tilførselen av organisk materiale i seg selv medførte økt fluks av metaller til sedimentene.

Konsentrasjonen av metaller i de øverste deler av sedimentene er relativt lave, lavere enn det man generelt finner i indre Oslofjord (Skei 1977, Egeberg 1983) eller Hvalerområdet (Næs 1983). Sammenlignes overflatekonsentrasjonen i sedimentene med verdiene dypst i prøven (dvs. før 1920), ligger dagens metallkonsentrasjoner høyere. Konsentrasjonen av PCB var lav i Drammensfjorden, mens innholdet av PAH var 6–8 ganger større enn naturlig

bakgrunn og konsentrasjonen av ekstraherbart persistent organisk bundet klor (EPOCl) var høyt, omtrent 40 ganger antatt bakgrunnsnivå. Kilden er foreløpig ukjent.

En lokal undersøkelse av et tjæreutslipp i Gillhusbukta viste at sedimentene inneholdt høye konsentrasjoner av PAH, opp mot 50 ppm (bakgrunnsnivå ca. 0,5 ppm). Utslipet er begrenset til området nærmest tjærefabrikken i Gillhusbukta, og var på litt avstand tildekket med nyere sedimenter. Imidlertid var sedimentet nærmest fabrikkens fullstendig innblandet med tjære som kan tyde på fortsatt tilførsel.

DISKUSJON

Resultatene fra Drammensfjorden viser at flere faktorer påvirker fjordens forurensningssituasjon. De naturlige gode fortynningsmulighetene som ligger i den store vannføringen i Drammenselva vil forhindre

store lokale effekter av utslipp som tilføres med elven, men sprer effektene over et større område. I stedet for en lokal skadeeffekt fås en mindre regional skadeeffekt. Systemet vil også være ømfintlig for forandringer i vannføringen. Ferskvannsreguleringen vil derved direkte påvirke forurensningsforholdene i fjorden. En lavere ferskvannstilførsel over året, dvs. at flomperioder begrenses, gir en større lokal belastning på selve Drammensfjorden, mens en økt ferskvannstilførsel i perioder vil transportere større mengder av forurensninger ut gjennom Svelviksundet og belaste Breiangen og ytre Oslofjord.

Budsjettberegninger basert på observasjoner av tilførsler i Drammenselva, konsentrasjoner i og utenfor fjorden samt sedimentasjon er kombinert med fjordens overflatelagssirkulasjon (Næs og Magnusson 1986), viser at sedimentasjonen av nitrogen, fosfor og organisk karbon varierer lite med tilførslene fra Drammenselva. Dette betyr at i prosent av tilført nitrogen, fosfor og karbon er belastningen større på fjorden ved lav vannføring enn ved høy vannføring. Sammenholdes dette med reguleringen av elva vil således en utjevnet og lavere gjennomsnittlig månedsvannføring over året ha virket negativ. Hvis tilførsel av disse stoffer var konstant ville den observerte økningen av planteplanktonbiomassen siden 1950-tallet, som følge av reguleringen forverret situasjonen i Drammensfjorden, ved å øke den organiske belastningen på dypvannet og derved gi dårligere oksygenforhold.

Ettersom det er sannsynlig at reguleringen (muligens utgravningen av Svelvikterskelen) har vanskeliggjort den normale dypvannsfornyelsen, kan man tenke seg at de reduserte utslipp fra treforedlingsindustrien ved nedleggelse av fabrikker frem

til ca. 1980 har blitt tildels motvirket av reguleringen.

Schaannings (1983) resultater viser at oksygenreduksjonen i fjordens dypvann følger modeller for nedbrytning av planktonisk materiale. Samtidig viser resultatene fra sedimentfellene at mye terrestrisk materiale tilføres fjorden i flomsituasjoner når erosjonen i Drammenselva blir så stor at gamle fiberlager i elvebunnen føres ut i fjorden. Imidlertid sedimenterer disse relativt raskt og nedbrytningen går langsomt og i hovedsak på bunnen. Dypvannet har en meget liten vertikaldiffusjon og en nedbrytning ved bunnen vil derfor ikke ha større effekt på dypvannet i fjorden unntatt ved dypvannsfornyelser.

Den dårlige situasjonen i Drammensfjorden skyldes således dels store tilførsler av næringssalter og organisk stoff i kombinasjon med naturlig ugunstige vannskiftningsforhold i fjordens dypvann, dels en uheldig effekt av reguleringer. Nettoeffekten synes å være en uforandret situasjon med nesten permanent anoksiske forhold i fjordens dypvann. Høy turbiditet i overflatevannet samt lav saltholdighet begrenser mulighetene for marint liv til nivåer under ferskvannslaget og over nivåer med dårlige oksygenforhold, dvs. til mellom 10 og 25 meters dyp som er ca. 20% av fjordens totale vannvolum.

Konklusjoner

Drammensfjorden er tydelig preget av forurensende tilførsler fra befolkning, industri, jordbruk og arealavrenning. Det er også konstatert at reguleringen av Drammenselva har hatt konsekvenser for fjordens forurensningssituasjon.

Overflatevannet i hele fjorden er grumset (dårlig siktedyp) og næringsrikt, spesielt m.h.p. nitrogen.

De hygieniske forholdene i Drammensfjorden er så dårlige at fjorden ikke oppfyller helsemyndighetenes krav til badevann.

Dypvannet under 30—40 meters dyp er råttent (inneholder hydrogensulfid) som en følge av kombinasjonen av store tilførsler av organisk stoff, og naturlig begrenset fornyelse av dypvannet. Utslipp av organisk stoff fra treforedlingsindustrien har gjennom lang tid vært dominerende og resultert i suksessivt dårlige oksygenforhold i fjordens dypvann. Reduserte tilførsler til fjorden etter nedleggelse av en rekke bedrifter innen treforedlingsindustrien de senere år, synes å være oppveiet av den betydelige reguleringen av Drammenselvas vannføring. Reguleringen har også forsterket effekten av belastningen med næringsstoffer slik at fjorden i dag

også bærer preg av overgjødning. Nettoeffekten synes derfor å ha blitt nesten uforandret oksygenforhold i fjordens dypvann.

Stor gjennomstrømming av ferskvann gir også stor transport av organisk stoff og næringsstoffer (nitrogen) og vil bidra til forurensningssituasjonen i Ytre Oslofjord.

Fjorden er lavt til moderat belastet med tungmetaller og andre miljøgifter. Unntaket er klorerte hydrokarboner (EPOCl) som foreligger i 40 ganger høyere enn normalt bakgrunnsnivå i sedimentene. Kilden er ukjent. Videre har et lokalt utslipp i Gillhusbukta ødelagt en del av bunnen og det er også registrert høye konsentrasjoner av tjærestoffer (PAH) i sedimentene i området utenfor en tjærefabrikk. Forurensningen er lokalt begrenset.

LITTERATUR

- Braarud, T., B. Føyn and G. R. Hasle 1958. The marine and freshwater phytoplankton of the Dramsfjord and the adjacent part of the Oslofjord, march—december, 1951. Hvalråd. Scr., 43: 1—102.
- Egeberg, P. K. 1983. A geochemical survey of sediments and proewaters from the Inner Oslofjord. Hovedfagsoppgave, inst. for marin zoo. og kjemi. Univ. i Oslo.
- Magnusson, J. og K. Næs 1986 (in prep.). Basisundersøkelser i Drammensfjorden 1982—1984: Delrapport: Hydrografi, hydrokjemi og vannutskiftning.
- Næs, K. 1981. Kjemiske undersøkelser av overflatesedimentet i indre Drammensfjord. Hovedfagsoppgave, Univ. i Oslo.
- Næs, K. 1983. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden. Løste metaller, suspendert materiale og sedimenter. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapp. 70/83, 100 s. SFT/NIVA, Oslo.
- Schaanning, M. 1983. Chemical investigations in the inner Dramsfjord, an anoxic basin, with particular reference to various redox and solubility equilibria. Hovedfagsoppgave, Univ. i Oslo.
- SIFF (Statens institutt for folkehelse) 1976. Kvalitetskrav til vann. Drikkevann — vann for omsetning — badevann. Rev. utg. nov. 1976. Oslo.
- Skei, J. 1977. Sedimentundersøkelse i Bekkelagsbassenget. O-34/74, 45 s.