

Oslofjorden — Forurensningstilførsler og mulige tiltak

Av Lasse Vråle

Lasse Vråle er siviling. og ansatt som forskningsleder på Norsk Institutt for Vannforskning.

*Innlegg på møte i Norsk Vannforening
5. februar 1987.*

IDENTIFISERING AV TILFØRSLENES BETYDNING

Tilførslenes betydning kan vurderes i forhold til 4 forskjellige målkriterier:

- Oksygeninnholdet i det kritiske dyp-laget
- Omfanget av algeoppblomstring med resulterende nedsatt siktedyp
- Bakterieinnholdet (Termostabile E.coli) i overflatelaget
- Innholdet av miljøgifter.

I den siste rapporten «Vurdering av Oslofjorden» (1), er hovedvekten lagt på oksygeninnholdet i dyplaget fordi dette for

de sentrale fjordbassenger må anses som det mest kritiske. Hvis man klarer å oppnå tilfredsstillende oksygenkonsentrasjoner i dyp-laget, vil vannkvaliteten i overflatelaget i de sentrale fjordbassengene normalt være mer enn gode nok. Dårlig vannkvalitet i overflatelaget vil derimot også gi et lavt oksygeninnhold i dyplaget.

For å kunne vurdere virkningen av de forskjellige stoffene i tilførslene på oksygenforbruket i fjorden, ble det utviklet en enkel modell for oksygenforbruk som viste oksygenforbruket i fjorden som følge av utslipp av fosfor, organisk stoff og ammonium.

Ut fra det som er redegjort for i Oslofjordrapporten (1), kan det totale oksygenbehovet fra både primær og sekundærbelastningen beregnes som summen av de to belastningene, som vist nedenfor:

$$TOF_{\text{totalt}} = TOF_{\text{primær}} + TOF_{\text{sekundær}}$$

$$TOF_{\text{total}} = 1,44 \cdot TOC + 4,11 \cdot Tot-N + 110 \cdot Tot-P \cdot Tf$$

Her er

TOF total = Det totale oksygenforbruket fra både primærbelastningen og sekundærbelastning som vekt oksygen (g O, kg O, tonn O).

TOC = Mengde organisk stoff i utslippsvannet som vekt totalt organisk karbon (g O, kg O, tonn O).

- Tot-N = Mengde ammonium i utslippsvannet omregnet fra Tot-N og som vekt nitrogen (g N, kg N, tonn N).
- Tot-P = Mengde fosfor i utslippsvannet som vekt fosfor (g P, kg P, tonn P).
- Tf = Andel av fosforet ved dypvannsutslipp som når overflatelaget slik at fotosyntese og algeproduksjon kan skje. Denne faktoren er konsentrasjons- og tidsavhengig, noe vi ikke har kunnet ta hensyn til her.

De oksygenforbrukende stoffene som slipper ut i overflatelaget sammen med det

oksygenforbrukende stoffet som dannes i form av alger, vil i stor grad bli omsatt i overflatelaget, der det sjeldent er problemer med oksygeninnholdet i vannet. Algeproduksjonen fører blant annet til O₂-produksjon i overflatelaget. Hovedproblemet er knyttet til O₂-forbruket i dyplaget.

Det totale oksygenforbruket slik det beregnes i ovenforstående formel, kan derfor ikke brukes direkte for å bedømme innvirkningen av utslippene på det kritiske dyplaget. Det er nødvendig å beregne oksygenforbruket i dyplaget spesielt.

Formelen for det totale oksygenforbruket i dyplaget (under 20 m) blir som vist nedenfor og forutsetningene og utredningen av formelen er nærmere redegjort for i hovedrapporten (1):

$$\text{TOF}_{\text{dyplag}} = (1,44 \cdot \text{TOC})(1,0 - 0,75 \cdot \text{Tf}) + (4,11 \cdot \text{Tot-N})(1,0 - 0,75 \cdot \text{Tf}) + (110 \cdot \text{Tot-P} \cdot \text{Tf}) \cdot 0,50$$

På basis av denne formelen og de eksisterende tilførsler til indre Oslofjord har det vært mulig å beregne oksygenforbruket i dyplaget som vist i tabell 1.

For dyplagene i hele fjorden samlet er det beregnet et oksygenbehov på ca. 20.000 tonn pr. år. Sammenlikning med tilsvarende beregning for oksygenforbruket inklusive overflatelagene, viser at oksygenbelastningen til dyplagene bare utgjør 1/3 av totalen, mens de øvrige 2/3 parter omsettes i overflatelaget. For å se hva de enkelte parametrene forårsaker av oksygenforbruk i dyplaget, og for å identifisere hvor ytterligere tiltak bør settes inn, er det nyttig å studere hvordan oksygenforbruket fra de landbaserte utslippene prosentvis fordeler seg. Dette er vist i tabell 2.

Tabellen viser at SRVs enkeltutslipp i

1985 var det største oksygenforbruket i dyplaget med 37,4%, og dernest kommer Bekkelagets samlede utslipp på 33,7%. (Renseanlegg pluss overløp: 21,0% + 12,7%). Tilsammen utgjorde oksygenforbruket i dyplaget fra de to renselanleggene i 1985 hele 71,1%, som viser at renselanleggene spiller en dominerende rolle.

Tabell 2 viser dessuten at det totale oksygenforbruket fra fosfor og organisk stoff samlet sett utgjør 30% hver, mens ammoniumutslippet utgjør 40%. Det største enkeltutslippet av oksygenforbruk i dyplaget fra ammonium har SRV med hele 23,4%. Det understrekes at det er viktig å undersøke om beregningsmodellens forutsetninger er riktige. Andre forutsetninger kan gi andre prosentfordelinger.

Tabell 1. Beregning av oksygenforbruket i dyplaget til bele indre Oslofjord ut fra de viktigste utslippene fra land. Basert på 1985-verdier.

| Utslipp | Skjønnsmessig tilbakeholdelse på grunne områder (over 20 m) % | Antatt Tffaktor | TOF oksygenforbruk tonn O/år | | | Totalt |
|---|---|-----------------|------------------------------|-------------|-------------|--------------|
| | | | Fra Tot-P | Fra TOC | Fra Tot-N | |
| Bekkelaget renseanlegg uten belastning fra sentraloverløpet | 0 | 0,50 | 900 | 1500 | 1900 | 4300 |
| Bekkelagets sentraloverløp | 0 | 0,75 | 1800 | 400 | 400 | 2600 |
| Bislettbekken og Lysaker overløp | 0 | 0,75 | 40 | 10 | 10 | 60 |
| Sentralrenseanlegg vest | 0 | 10,10 | 150 | 2700 | 4800 | 7650 |
| Andre renseanlegg i indre Oslofjord | 0 | 0,50 | 150 | 250 | 300 | 700 |
| Elver og bekker | 60 | 1,0 | 1100 | 650 | 150 | 1900 |
| Arealavrenning fra tettsteder | 40 | 1,0 | 650 | 200 | 100 | 950 |
| Direkte utslipp til fjorden | 30 | 1,0 | 700 | 50 | 50 | 800 |
| Lekkasjer til fjorden | 80 | 1,0 | 1200 | 100 | 100 | 1400 |
| Totalt til dyplaget (avrundet) | | | 6500 | 6000 | 7500 | 20000 |

Tabell 2. De landbaserte utslippenes relative andel av det beregnede oksygenforbruket i dyplaget på ca. 20.000 tonn O/år. Basert på 1985-verdier.

| | Tot. | Fra fosfor | Fra org. stoff | Fra nitrogen ammonium |
|----------------------------------|------------|------------|----------------|-----------------------|
| | % | % | % | % |
| SRV | 37,4 | 0,7 | 13,3 | 23,4 |
| Bekkelaget renseanlegg | 21,0 | 4,2 | 7,5 | 9,3 |
| Bekkelagets sentraloverløp | 12,7 | 8,7 | 2,1 | 1,9 |
| Elver og bekker | 9,1 | 5,2 | 3,2 | 0,7 |
| Lekkasjer til fjorden | 7,3 | 6,1 | 0,6 | 0,6 |
| Arealavrenning fra tettsteder | 4,7 | 3,2 | 1,0 | 0,5 |
| Direkte utslipp til fjorden | 4,1 | 3,4 | 0,3 | 0,3 |
| Andre renseanlegg | 3,4 | 0,7 | 1,2 | 1,5 |
| Bislettbekken og Lysaker overløp | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,0 |
| TOTALT, avrundet | 100 | 30 | 30 | 40 |

Tabell 3. *Utslippsmål i tonn oksygenforbruk pr. år for dyplag under 20 m. Målene er avledet av tre forslag til målknipper for bruk av fjorden (1).*

| | 1985 | Målknippe | | |
|--------------------|---------|-----------|---------|-------|
| | | Lavt | Middels | Høyt |
| Bekkelagsbassenget | 7.000 | 5.000 | 3.500 | 2.000 |
| Indre havn | 2.500 | 2.000 | 2.000 | 1.500 |
| Bunnefjorden | 1.000 | 1.000 | 500 | 500 |
| Lysakerfjorden | 800 | 600 | 600 | 600 |
| Bærumsbassenget | 600 | 400 | 400 | 400 |
| Vestfjorden | 8.400 | 7.000 | 5.000 | 3.000 |
| Hele indre fjord | 20.000* | 16.000 | 12.000 | 8.000 |

* avrundet

For å kunne vurdere nye VA-tekniske tiltak er det viktig å se disse i relasjon til de utslippsmål som er angitt for hver av de tre ambisjonsnivåene (målknipper) (1).

I tabell 3 er utslippsmålene forsøkt fordelt på de enkelte bassenger. Fordelingen baseres på at den relative belastning mellom bassengene opprettholdes. Det antas riktig ut fra de siste års målinger som viser at oksygenkonsentrasjonen synker omtrent like fort i Bunnefjorden og Vestfjorden.

AKTUELLE TILTAK FOR Å NÅ UTSLIPPSMÅLENE FOR OKSYGEN- FORBRUK I DYPLAGET

For de 9 hovedtilførslene for oksygenforbruk i dyplaget som er angitt i tabell 1, kreves det forskjellig strategi for å nå utslippsmålene:

1. Kontroll av oksygenforbruksmodellen

Forutsetningene i oksygenforbruksmodellen bør kontrolleres så langt det er praktisk mulig. Nedbrytningstester foretas. Kontroll av den antatte Tf-faktoren ved at

det foretas sporstoffundersøkelser av utslippene ved SRV og Bakkelaget r.a.

2. Forurensningstilførslene fra elver og bekker, lekkasjer, arealavrenning, og direkte utslipp undersøkes i eget program

Det er betydelig usikkerhet knyttet til disse tallene og tilførslene må kontrolleres ved nye målinger. Eget program for dette er under utarbeidelse ved NIVA. Betydningen av disse overflateutslippene er spesielt viktige for overflatelaget og nærmere strandsonen slik det fremgår av tabell 4. Det skyldes at nesten alle disse utslippene foretas som overflateutslipp.

Det har mindre hensikt å gå inn på størrelsen av disse tilførslene før de er kontrollert.

3. Reduksjoner i utslippene fra renseanleggene og overløpene

Det er først og fremst de direkte tilførslene fra de 5 førstnevnte kildene i tabell 1 som omfatter renseanleggene og

Tabell 4. Landkildenes relative betydning for algeoppblomstring i overflatelagene. Tallene er avrundet til nærmeste 5%-nivå.

| | Andel (%) |
|----------------------------------|------------|
| Lekkasjer til fjorden | 55 * |
| Elver og bekker | 20 |
| Bekkelagets sentraloverløp | 10 |
| Bekkelagets renseanlegg | 5 |
| Arealavrenning fra tettsteder | 5 |
| Direkte utslipp til fjorden | 5 |
| Bislettbekken og Lysaker overløp | 0 |
| Sentralrenseanlegg Vest | 0 |
| Andre renseanlegg | 0 |
| Sum | 100 |

* Vi minner om usikkerheten og diskusjonen om størrelsen på lekkasjetallene. Mange hevder at de er betydelig lavere enn det som er lagt til grunn for denne beregningen.

overløpene som kan reduseres slik at de ulike målkneppene kan tilfredsstilles. Disse utslippene har den største direkte innvirkningen på oksygen forbundet i dyplaget. Her finnes det mange alternativer og kombinasjoner, og de foreslåtte må sees på som forslag. Først når reduksjonsmulighetene og økonomien i de forskjellige alternativene er klarlagt vil man lettere kunne ta stilling til de beste løsningene. Det gjenstår en del undersøkelser før dette er klarlagt.

Virkningen av de sist gjennomførte tiltakene, og noen av de foreslåtte i hovedrapporten (1), er vist i tabell 5 for Bekkelage r.a. og tabell 6 og 7 for SRV.

Et alternativ er heving av innlagingsdypet slik at en større andel av de oksygenforbrukende stoffene omsettes i det mer oksygenrike overflatelaget. Dette vil redu-

sere oksygenforbruket i dyplaget tilsvarende. Dette forholdet er vist i figur 1 slik det fremgår av oksygenformelen.

Hvis innlagingsdypet heves, vil betydningen av fosforutslippet øke. Det er da viktig at optimal fosforfjerning opprettholdes og at utslippet desinfiseres.

Det er mulig at når nitrogenutslippet i form av ammonium oksyderes til nitrat kan bidra til økt algevekst når nitrogen er vekstbegrensende. Et interessant alternativ her er å benytte kalksjøvannfelling som har en desinfiserende virkning innebygget i prosessen. Mulighetene for en eventuell nitrogenfjerning kombinert med kalk sjøvannsfelling bør også klarlegges.

I tillegg kan utslipp av organisk stoff fra næringsbedrifter reduseres ved at det pålegges lokale rensetiltak. Nylig utførte undersøkelser ved NIVA har bekreftet at

Tabell 5. Tiltak ved Bekkelaget renseanlegg og resulterende foreslåtte utslipp TOF dyplag omgitt i tonn/år.

| År/tiltak Knippe | Bekkelaget renseanlegg | Bekkelaget overløp | |
|---|---------------------------|-----------------------|--|
| 1985 -utslipp | 4.300 | 2.600 | |
| 1986 -utslipp | 3.600 | 800 | |
| Inntil 1/3 overføring 34 mill m ³ /år | 3.500 | 0 | Rensegrad ved renseanlegget Tot-P = 80 % TOC = 45 % NH ₃ = 11 % |
| Målknippe "lavt" ytterligere optimalisering Bekkelaget | 2.900 | 0 | Tot-P: 90 % TOC : 50 % NH ₃ : 18 % |
| Målknippe "middels" | 2.500 | 0 | Tot-P: 90 % TOC : 60 % NH ₃ : 30 % |
| Målknippe "høyt" | 1.900 | 0 | Tot-P: 90 % TOC : 60 % NH ₃ : 60 % |

Tabell 6. Resultater av de nærmeste tiltak ved SRV og andre renseanlegg.

| År/tiltak Knippe | TOF utslipp til dyplaget tonn 0/år | | |
|---|------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| | SRV utslipp | Overløp Lysaker/ Bislettbecken | Andre renseanlegg |
| 1985 utslipp | 7.700 | 70 | 700 |
| 1986 utslipp noe overført fra Bekkelaget | 9.100 | 60 | 700 |
| Inntil 1/3 overføring SRV: 120 mill m ³ /år Bekkelaget: 34 mill m ³ /år | 9.600 | 70 | 700 |

Tabell 7. Mulige reduksjoner i TOF tonn O/år ved alternative tiltak ved SRV.

| | SRV belastning | |
|---|-----------------------------|-----------------------------|
| | 120 mill m ³ /år | 154 mill m ³ /år |
| 1. Trykkoksygenering av rensset vann | | |
| a) 10 mg O/l | 1200 | 1500 |
| b) 15 mg O/l | 1800 | 2300 |
| 2. Nytt biologisk rensétrinn (basert på opplysninger fra VEAS) | | |
| a) B-2 to bioroterer/linje | 1700 | - |
| b) B-3 tre "- " | 4000 | 3400 |
| c) B-4 fire "- " | 5000 | 5200 |
| d) B-5 fem "- " | 5800 | 6600 |
| e) B-6 seks "- " | - | 7600 |
| 3. Heving av innlagringsdypet | | |
| a) fra Tf = 0,1 til Tf = 0,5 | 2300 | 3300 |
| b) fra Tf = 0,1 til Tf = 0,8 | 4100 | 4800 |

utslippsvannet fra Gjærfabrikken har en meget ødeleggende effekt på den kjemiske fellingsprosessen som vist i figur 2. Dette er tidligere påvist ved VEAS. Dette forholdet kan være langt viktigere enn den organiske stoffmengden som slippes ut. Resultatene viser at den vanlige doseringen av Ferriklor på 120 ml/m³ ved Bekkelaget er for liten til å få akseptable resultater ved forfelling.

Ved økt dosering blir resultatet bra, men da ødelegger Gjærfabrikkens utslipp rensresultatet allerede ved 0,5% innblanding. Normalt utgjør utslippet 1,5% av vannmengden til Bekkelaget rensanlegg.

OPPSUMMERING

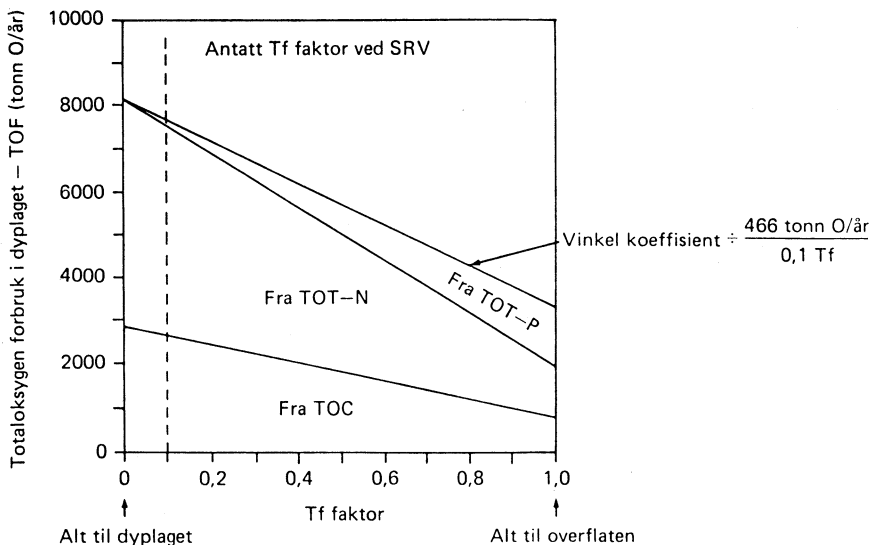
Det synes å være to alternative veier å gå for SRV for å redusere oksygenforbruket i dyplaget.

Alternativ 1. SRV

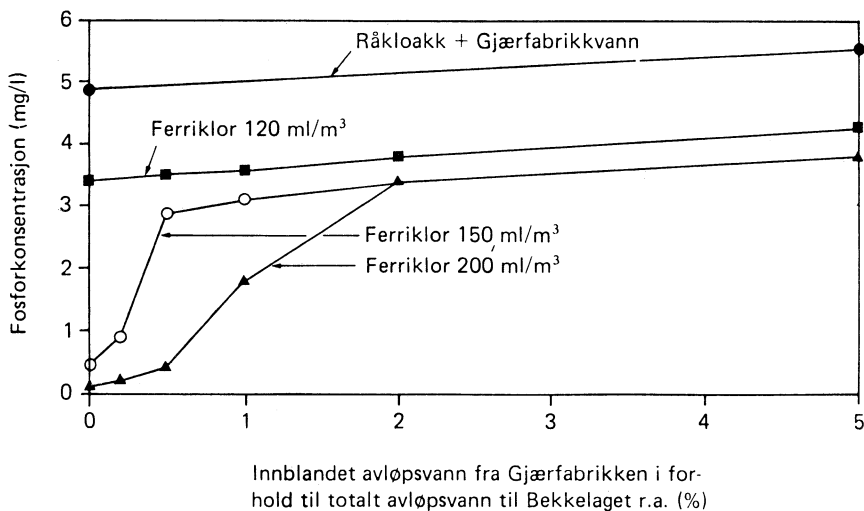
Anleggelse av nytt biologisk rensétrinn basert på biofilmprosesser etter den kjemiske fellingsprosessen ved SRV sannsynligvis kombinert med trykkoksygenering. Antall biotrinnsom er nødvendige avhenger av pågående forsøk og fremtidig belastning. Undersøkelser pågår. Optimal fosforfjerning ikke nødvendig.

Alternativ 2. SRV

Heving av innlagringsdypet for rensset avløpsvann slik at en større andel omsettes i det oksygenrike overflatelaget. Det krever at fosforfjerningen optimaliseres ytterligere, og at vannet desinfiseres for eksempel ved omleggelse til kalksjøvannsfelling. Nitrogenfjerningsmulighetene undersøkes nærmere.



Figur 1. Oksygenforbruket i dyplaget (TOF_{dyplag}) fra SRVs 1985-utslipp fremstilt som funksjon av innlagringsdypet angitt ved Tf-faktoren. $Tf = 0,1$ er benyttet i beregningen for 1985.



Figur 2. Virkningen av Gjærfabrikkenes utslippsvann på kjemisk felling av Bekkelagets råkloakk ved økende innblandingsforhold og for tre forskjellige doseringer av Ferricklor 12.

Bekkelaget

Ved Bekkelaget tyder undersøkelsen til nå på at renseprosessen kan optimaliseres ved en mer effektiv forfelling. Dessuten må

de uheldige virkningene av blant annet utslippsvannet fra Gjærabrikken bringes til opphør hurtigst mulig. Videre undersøkelser pågår.

REFERANSER

1. Baalsrud, K., Lystad, J. og Vråle, L.: «Vurdering av Oslofjorden». VRF-rapport O-86166, NIVA, november 1986.