

0-43/78  
NOTAT

KOST/NYTT ANALYSE I HOBØL-VASSDRAGET  
FORURENSNINGSTILFØRSLER FRA LANDBRUKET

Oslo, 8. desember 1978

Saksbehandler: Haakon Thaulow

Medarbeidere : Rolf Tore Arnesen

Lars Lingsten

Instituttetsjef Kjell Baalsrud

INNHOLDSFORTEGNELSE

Side:

|  |    |
|--|----|
| 1. INNLEDNING - NOTATETS HENSIKT. FORHOLDET TIL<br>ANDRE PROSJEKTAKTIVITETER                         | 4  |
| 2. AKTIVITETER PÅ NIVA MED TILKNYTNING TIL KOST/NYTT<br>ANALYSEN                                     | 5  |
| 3. TILFØRSLER FRA LANDBRUKET   | 6  |
| 3.1 Sammenlikning mellom ulike kildegrupper  | 6  |
| 3.2 Tilførslenes biologiske virkninger. Betydningen<br>av tilførslenes variasjon i form, tid og sted | 7  |
| 3.3 Kvantifisering av tilførslene - generelt   | 10 |
| 3.4 Tilførsler til Hobølvassdraget   | 13 |
| 3.5 Gjødsling spesielt   | 15 |
| 3.6 Nitrogentilførsler spesielt  | 17 |
| 4. FOSFOR OG NITROGEN SOM MINIMUMSFAKTOR FOR PRIMÆR-<br>PRODUKSJON                                   | 18 |
| 4.1 Generelt   | 18 |
| 4.2 Hobølvassdraget spesielt   | 18 |
| 5. BEHOV FOR VIDERE ARBEIDE  | 20 |
| REFERANSER   | 23 |
|  | 24 |

FIGURFORTEGNELSE

|  |   |
|--|---|
| Fig. 3.1 Punktkilder - diffuse kilder. Betydningen<br>av betrakningsområde | 7 |
|--|---|

TABELLFORTEGNELSE

Side:

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Tabell 3.1. | <u>Tilførsler av totalnitrogen fra jordbruket</u><br><u>forskjellige steder i Norge.</u> Kilde for data:<br>Lundekvam (1977), Mikkelsen et al. (1974),<br>Statistisk Sentralbyrå (1976) | 11 |
| " "         | 3.2. <u>Stofftransport i Hølenvassdraget</u>  | 13 |
| " "         | 3.3. <u>Anslag over tilførsler til Hobølvassdraget</u>  | 14 |
| " "         | 3.4. <u>Forbruk av kunstgjødsel 1920-1976 i tonn.</u><br>Kilde: Norsk Hydro   | 16 |
| " "         | 3.5. <u>Gjennomsnittlig antall husdyri Norge i fem ut-</u><br><u>valgte perioder fra 1925-1973.</u> Antall i 1000<br>dyr. Kilde: Statistisk Sentralbyrå 1974                            | 16 |

## 1. INNLEDNING - NOTATETS HENSIKT. FORHOLDET TIL ANDRE PROSJEKTAKTIVITETER

NIVA er i brev av 4. juli 1978 bedt av Miljøverndepartementet om foreløpige synspunkter på enkelte spørsmål omkring forurensningstilførsler til Hobølvassdraget. Notatet er et ledd i Miljøverndepartementets prosjekt om kost/nytte-vurderinger i forbindelse med forurensningstilførsler i Hobølvassdraget.

Vi vil nevne at noen av de spørsmål brevet av 4. juli 1978 reiser, er under bearbeiding ved instituttet i andre sammenhenger. Problemene som tas opp, er så omfattende at enkelte spørsmål dessuten krever videre forskning og utredning.

Etter muntlig kontakt mellom overingeniør Nøttestad i Miljøverndepartementet og siv.ing. Thaulow ved NIVA, bl.a. basert på sistnevntes samtale med siv.ing. Hauger i Østfold fylkeskommune, skal imidlertid innholdet i brevet oppfattes noe anderledes. Dette skyldes først og fremst avgrensninger i forhold til det arbeid Østfold fylkeskommune utfører for departementet innenfor samme prosjekt.

Fylket arbeider bl.a. med en vurdering og sammenlikning av de ulike kildegrupper (industri, jordbruk, befolkning) belastning av fosfor- og nitrogenforbindelser til Hobølvassdraget. De spesifikke belastningstall som fylket nytter, er relativt overensstemmende med de verdier NIVA vil anbefale. Dette notatet behandler følgelig tilførslene mer generelt og tildels mer detaljert enn fylket vil gjøre. Det legges mindre vekt på de spesielle forhold i Hobølvassdraget.

Følgende forhold er diskutert:

1. Tilførsler fra landbruket generelt. Betydningen av tilførslenes variasjon i tid, sted og deres biologiske virkninger.
2. Kvantifisering av jordbrukets fosfor- og nitrogentilførsler.
3. Spesielt om nitrogentilførsler.
4. Betydningen av fosfor- og nitrogen som minimumsfaktorer i eutrofieringssammenheng. Generelt og for Vansjø spesielt.
5. Behov for videre undersøkelser.

## 2. AKTIVITETER PÅ NIVA MED TILKNYTNING TIL KOST/NYTTE ANALYSE

Av spesiell betydning for dette notatet er følgende forskningsprosjekt brukt som kunnskapskilde ved NIVA.

I A2-32. Tilførsler av organisk stoff, nitrogen og fosfor fra nedbør, skog, snaufjell og jordbruk (NIVA, 12. november 1978).

II C2-27. Nitrogenfjerning

III XK-14, A2-32. Vannkvalitet og transport i et forurenset vassdrag. Undersøkelser i Hølenvassdraget juni 1977 (NIVA, 19. desember 1977).

Videre nevnes oppdragsrapporten:

IV 0-87/75 Vansjø. Undersøkelse 1976-77 (NIVA, 1. desember 1977).

I og II omtales kort nedenfor.

### I. Tilførsler

Rapporten fra dette prosjektet foreligger nå. Rapporten er utarbeidet av cand.agric. Svein Arild Holmen innen rammen av forskningsprosjektet "Eutrofiering - forurensningstilførsler". Gjennom litteraturstudie og egne undersøkelser i felt, inneholder rapporten en status over hva vi idag vet om tilførsler fra nedbør, skog, snaufjell og jordbruk.

De data dette notatet inneholder, baserer seg på denne rapporten.

### II. Nitrogenfjerning

Dette prosjektet tar sikte på å belyse behovet for nitrogenfjerning i Norge utfra en resipientvurdering, samt vurdere ulike nitrogenfjerningsmetoder som kan være aktuelle i Norge. Man ønsker å "ruste seg" for å møte eventuelle krav om nitrogen i fremtiden.

Forprosjektet ventes slutført i løpet av 1978. Det foreligger ennå ingen samlet rapportering, men utkast til enkelte kapitler foreligger. Status pr. ca. 1.12 for de ulike kapitler er:

- |  |                   |
|--|-------------------|
| 1. Generelt  |                   |
| 1.1 Generelt om økologiske forhold i vann  | Utkast foreligger |
| 1.2 Ulike nitrogenkilder   | " "               |
| 2. Virkninger av nitrogenutslipp i resipienter representative for norske forhold | Ikke utkast       |
| 3. Ulike metoder for fjerning av nitrogen  | Utkast foreligger |
| 4. Konklusjon  | Ikke utkast       |
| 5. Videre forskningsaktivitet på NIVA  | " "               |

### 3. TILFØRSLER FRA LANDBRUKET

#### 3.1 Sammenlikning mellom ulike kildegrupper

Sammenlikning mellom ulike kildegrupper har liten interesse med mindre sammenlikningsområdet er definert. Figur 3.1 illustrerer hvor viktig det er å definere området f.eks. i forbindelse med en sammenlikning mellom diffuse kilders og punktkilders betydning.

Slike "makrovurderinger" hvor f.eks. ulike kilders nitrogenutslipp sammenliknes på landsbasis, har følgelig begrenset verdi. Man må i det minste betrakte et utvalg av typiske vassdrag for generelt å kunne si noe om en kildes betydning.

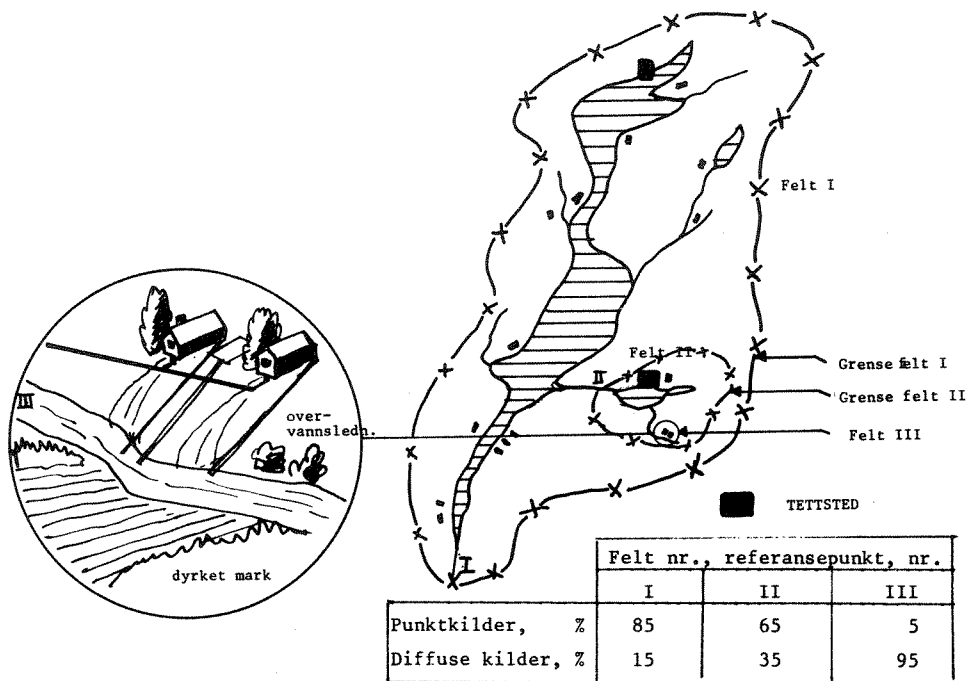


Fig. 3.1. Punktkilder - diffuse kilder. Betydningen av betraktningsområde.

De ekstreme variasjoner vi har i Norge når det gjelder arealutnyttelse, topografi, nedbørforhold og resipientforhold, gjør det vanskelig å sette fram almengyldige påstander, enn si tallfeste ulike kilders betydning på riksnivå. Variasjonene er svært store fra område til område og varierer også med størrelsen på det område som betraktes.

### 3.2 Tilførslenes biologiske virkninger. Betydningen av tilførslenes variasjon i form, tid og sted

Vanligvis oppgis spesifikke forurensningstall i f.eks. vekt totalfosfor-totalnitrogen pr. arealenhet (produsert mengde, person) og tidsenhet (døgn, år). Eksempler: Tilførsler fra dyrket mark oppgis i  $\text{kg P}/\text{km}^2 \cdot \text{år}$ , fra tettsteder i personekvivalenter m.v. Basert på aktivitetenes omfang i nedbørfeltet kan en regne seg frem til totalbelastningen av ulike stoffer i et vassdrag.

Den forurensningsmessige virkning (biologisk respons) vil imidlertid ikke reflekteres i forholdet mellom belastningstallene i nedbørfeltet pga. betydningen av den form stoffene foreligger i, hvor tilførslene kommer og fordelingen av tilførslene over tid.

Form. Stor betydning har den form de forskjellige stoffene foreligger i (tilgjengelighet) og hva som skjer med dem etter at de er kommet ut i resipienten. Det organiske stoffet som registreres, kan være mer eller mindre lett nedbrytbart og fosforet mer eller mindre lett tilgjengelig for algevekst avhengig av kjemiske bindingsforhold. F.eks. vil en gitt mengde organisk stoff (f.eks.  $KOF_{diker}$ ) fra siloutslipp være langt lettere nedbrytbart og kunne gi større skadevirkninger enn tilsvarende mengde tilført fra dyrket mark. På samme måte vil trolig utslipp av fosfor i kommunalt avløpsvann ha en større biologisk effekt enn erosjonsbetinget fosfor bundet til partikulært stoff eller fosfor bundet til humuspartikler.

Tilførslenes lokalisering i vassdraget og avstand fra dette, er umiddelbart av åpenbar betydning for de biologiske virkninger: Utslipp langt oppe i Hobølvassdraget har relativt mindre betydning for Vansjø pga. selvrensing. Ved utslipp i grunnen virker løsmasser mellom utslippssted og vassdrag som en buffer. Utslipp over temperatursjiktet i produksjonsperioden vil kunne medføre større primærproduksjon enn ved tilførsler under dette sjiktet.

Betydningen av variasjonen av tilførslene over tid er kanskje mindre påaktet. Tilførsler varierer fra år til år og innen året. Tilførsler fra de diffuse forurensningskilder (overvann, dyrket mark) varierer sterkt avhengig av nedbør.

Lundekvam (1977) har oppgitt stofftransporttall for fire forskjellige årstider fra felt på Jæren og Akershus.

På Jæren fant han at avrenningen og stofftransporten var størst høst og vinter, da 70-90 prosent av stofftransporten foregikk. Et felt med husdyr, kloakk og siloutslipp avvek noe fra dette da sommertransporten av fosfor, nitrogen og organisk stoff utgjorde en stor del av årstransporten til tross for liten avrenning. I Akershus derimot, utgjorde vårtransporten (mars-mai) en betydelig større andel av årstransporten enn på Jæren. Det var her på samme nivå som transporten høst og vinter. Dette viser at tilførslenes fordeling gjennom året varierer fra sted til sted. De kan også variere fra ett år til et annet,



avhengig av de klimatiske forhold det enkelte år.

Undersøkelser i bl.a. Hølvassdraget og Mjøsas tilløpselver viser at den største stofftransporten skjer ved høye vannføringer, og da spesielt ved høy stigende vannføring. I november 1977 ble det f.eks. i Hølvassdraget i løpet av 6 timer transportert ut omtrent like mye organisk stoff ( $KOF_{dikr}$ ), nitrogen og fosfor som samlet i hele juli, august og september.

Den store variasjonen i tilførslene fra dyrket mark gjennom året er det viktig å være oppmerksom på. For det første er det helt nødvendig å ta hensyn til disse forhold når en skal legge opp et prøvetakingsopplegg for å kartlegge stofftransporten. For det andre vil tidspunktet når tilførslene kommer, ha betydning for den biologiske effekten en får i vassdraget/fjorden. F.eks. vil tilførsler om vinteren til hurtigflytende elver som munner ut i åpne kystfarvann kunne ha mindre negativ effekt enn tilsvarende tilførsler til en terskelfjord eller en innsjø der vannet har lang oppholdstid.

Med tanke på Hølvassdraget kan overnevnte forhold illustreres bl.a. ved følgende problemstillinger:

- Når skjer tilførslene fra dyrket mark/erosjon i forhold til produktionsperioden i Vansjø?
- Hva skjer med fosfor/nitrogenutslipp i øvre del av vassdraget på vei nedover mot Vansjø?
- I hvilken grad brytes mer vanskelig tilgjengelig fosfor ned i Hølvassdraget ned mot Vansjø?

I tillegg må nevnes spørsmålet om oversvømmelsenes betydning i forurensningssammenheng (Jfr. NIVAs notat datert 1.8.1978 - 0-98/77, A4-22 "Hølvassdraget m/Vansjø - Vannbruksplanlegging" ss. 10-13). Også spørsmålet om hvor store mengder fosfor som tilføres fra sedimentene i sjøen bør søkes avklart.

### 3.3 Kvantifisering av tilførslene - generelt

Det vises her til rapportutkast fra prosjektet A4-32, kapittel 4, som omhandler forholdene mer generelt og hverkildegruppe mer spesielt (overlevert på møtet 29.8.1978).

Tilførslene av organisk stoff, nitrogen og fosfor til vassdrag, innsjøer og fjorder kommer både fra punktkilder og diffuse kilder. De viktigste punktkildene er silo, gjødselkjellere, melkerom og halmluting. Diffuse kilder utgjøres av dyrket mark.

I (NIVA, 1978) er de enkelte kilder vurdert utfra litteraturstudier. Tabell 3.1 viser de anbefalte tall for forskjellige landsdeler. Disse er basert på NLHs undersøkelser i perioden 1971-1975 (Lundekvam 1977).

Ut fra disse undersøkelsene har Lundekvam beregnet nitrogen og fosfortransporten fra jordbruket i fylkene Rogaland, Østfold og Nord- og Sør-Trøndelag. Fra nedbørfeltene i Løten og Dovre er det også oppgitt stofftransporttall. For å få sammenlignbare data, er alle tilførselsmengder gjort om til  $\text{kg pr. km}^2 \cdot \text{år}$  i tabell 3.1, første linje. Dette representerer de totale tilførslene fra jordbruket og personer som er bosatt der. Tilførslene fra dyrket mark og gjødselkjellere er funnet ved fra totalutslippene å trekke fra utslippene fra de bosatte og punktkildene i jordbruket. Personbidraget er regnet ut fra en forurensningsproduksjon på 12 g nitrogen og 2,5 g fosfor pr. person og døgn. Bidraget fra silo- og halmluting er basert på arbeidet med landsplanen for bruken av vannressursene (Mikkelsen et al. 1974), og fra melkerom på de tall som er angitt i (Bjerve, 1977).

Tabell 3.1. Tilførsler av totalnitrogen og totalfosfor fra jordbruket forskjellige steder i Norge.

Kilde for data: Lundekvam (1977), Mikkelsen et al. (1974), Statistisk Sentralbyrå (1976).

| K i l d e   | Rogaland<br>Avrenning 1069 mm/år |                                  | Østfold<br>Avrenning 493 mm/år   |                                  | Nord- og Sør-Trøndelag<br>Avrenning 719 mm/år |                                  | Løten (Hedmark)<br>Avrenning 330 mm/år |                                  | Dovre (Oppland)<br>Avrenning 160 mm/år |                                  |
|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---|----------------------------------|--|----------------------------------|--|----------------------------------|
|   | TOT-N<br>kg/km <sup>2</sup> · år | TOT-P<br>kg/km <sup>2</sup> · år | TOT-N<br>kg/km <sup>2</sup> · år | TOT-P<br>kg/km <sup>2</sup> · år | TOT-N<br>kg/km <sup>2</sup> · år              | TOT-P<br>kg/km <sup>2</sup> · år | TOT-N<br>kg/km <sup>2</sup> · år       | TOT-P<br>kg/km <sup>2</sup> · år | TOT-N<br>kg/km <sup>2</sup> · år       | TOT-P<br>kg/km <sup>2</sup> · år |
| Totalt fra jordbruket                                     | 5710                             | 420                              | 3900                             | 230                              | 3400  | 310                              | 2900                                   | 210                              | 590                                    | 160                              |
| Personer  | 180                              | 38                               | 92                               | 19                               | 210   | 43                               | 350                                    | 73                               | 190                                    | 40                               |
| Silo  | 190                              | 55                               | 40                               | 11                               | 86  | 24                               | 63                                     | 18                               | 53                                     | 15                               |
| Melkerom  | 18                               | 18                               | 4                                | 4                                | 8   | 8                                | 0                                      | 0                                | 21                                     | 21                               |
| Halmhenting   | 10                               | 0                                | 11                               | 0                                | 5   | 0                                | 0                                      | 0                                | 0                                      | 0                                |
| Totalt fra dyrka<br>mark og gjødsel-<br>kjellere          | 5312                             | 309                              | 3753                             | 196                              | 3092  | 235                              | 2475                                   | 107                              | 326                                    | 84                               |
| Avrundede verdier (LK)                                    | 5300                             | 310                              | 3800                             | 200                              | 3100  | 240                              | 2500                                   | 110                              | 330                                    | 80                               |
| Tilsvarende tall<br>beregnet ut fra<br>"Landsplanen" (LP) | 4800                             | 110                              | 2800                             | 63                               | 2100  | 43                               | 2300                                   | 46                               | 1200                                   | 18                               |
| LK/LP   | 1,1                              | 2,8                              | 1,4                              | 3,2                              | 1,5   | 5,6                              | 1,1                                    | 2,4                              | 0,28                                   | 4,4                              |

Tilførselstallene som anbefales for praktisk bruk, er de avrundede tall 'LK.' Disse tilførselstallene innbefatter tilførsler som skyldes bakgrunnsavrenning, oppdyrking av arealene, gjødsling og sig fra gjødselkjellere. I tillegg kommer utslipp fra silo og eventuell halmluting.

For andre områder i landet må tilførslene foreløpig anslås ut fra tallene i de kjente områdene og kjennskap til aktiviteter og naturforhold på det enkelte sted.

Tilsvarende tall er også beregnet for de samme områdene på grunnlag av "Landsplanen for bruken av vannressursene" (Mikkelsen et al. 1974). Det er i disse beregningene forutsatt en bakgrunnsavrenning på 220 kg nitrogen og 8 kg fosfor pr. km<sup>2</sup> · år for alle fylkene (stedene). Dessuten er det for nitrogen lagt til en mer utvasking som skyldes oppdyrking på 500 kg pr. km<sup>2</sup>.

For å sammenligne Lundekvams tall med "Landsplanen for bruken av vannressursene", er faktoren LK/LP beregnet. Som det fremgår av tabellen, er det godt samsvar mellom de to datakildene når det gjelder nitrogentilførslene i Rogaland og Løten. For Østfold og Trøndelagfylkene er avviket noe større, men fortsatt innenfor samme størrelsesorden. Nitrogentilførslene på Dovre er imidlertid betydelig større i "Landsplanen" enn det Lundekvam har funnet ved sine undersøkelser. Dette viser at nitrogentilførslene i nedbørfattige strøk, som Dovre, tidligere er anslått betydelig for høyt.

Fosfortilførslene fra dyrket mark er betydelig undervurdert i samtlige områder. Størst er undervurderingen i Trøndelagsfylkene. Dette skyldes sannsynligvis at tilførsler via erosjon, sig fra gjødselkjellere og vinterspredd husdyrgjødsel ikke er blitt tillagt tilstrekkelig vekt tidligere.

### 3.4 Tilførsler til Hobølvassdraget

Fra 1. juni 1977 har det vært foretatt målinger for å kartlegge stofftransporten av bl.a. organisk stoff, nitrogen og fosfor i Hølenvassdraget (NIVA 1977, XK-14, A2-32). Tabell 3.2 viser transporten 1. halvår 1977 samt foreløpige beregninger av transporten 2. halvår s.å. Når det korrigeres for utslipp fra befolkning, skog m.v. i området, finner en at disse transporttallene ligger på samme nivå som de Lundekvam (1977) fant i Østfold. 1. halvår 1977 hadde ca. 17 prosent mer nedbør enn "normalt", mens nedbøren 2. halvår var ca. 21 prosent mindre enn "normalt". Totalt for året var nedbøren ca. 7 prosent mindre enn "normalt".

Tabell 3.2 Stofftransport i Hølenvassdraget 1977

| Tidsrom   | KOF <sub>dikr</sub>      |     | TOT-N                    |     | TOT-P                    |     | Avrenning                       |     |
|-----------|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|---------------------------------|-----|
|           | kg O/km <sup>2</sup> ·år | %   | kg N/km <sup>2</sup> ·år | %   | kg P/km <sup>2</sup> ·år | %   | 10 <sup>6</sup> ·m <sup>3</sup> | %   |
| 1. halvår | 8900                     | 77  | 1450                     | 71  | 82,7                     | 82  | 33,8                            | 75  |
| 2. halvår | 2700                     | 23  | 600                      | 29  | 18,5                     | 18  | 11,6                            | 25  |
| Totalt    | 11600                    | 100 | 2050                     | 100 | 101,2                    | 100 | 45,4                            | 100 |

Som det går frem av tabell 3.2, er det i Hølenvassdraget registrert betydelig transport av organisk stoff. Det vesentligste av dette er tilførsler fra dyrket mark og skog (NIVA 1977, XK-14, A2-32). Undersøkelsene i dette vassdraget har imidlertid pågått så kort tid at det ikke er tilstrekkelig grunnlag for å anbefale generelle beregningstall for tilførsler av organisk stoff fra landarealer.

Hølenvassdragets umiddelbare nærhet til Hobølvassdraget ,gjør undersøkelsene interessante i kost/nytte-analysen. Disse undersøkelsene bedrer utsagnskraften ved bruk av tallene i tabell 3.1.

Basert på ovennevnte spesifikke tall (tabell 3.1) og tall supplert fra fylkets utbyggingsavdelings arbeide med kost/nytte-analysen, har vi satt opp et foreløpig anslag over fosfor og nitrogen-tilførsler på årsbasis:

Tabell 3.3. Anslag over tilførsler til Hobøl-vassdraget

| Kilde     | Fosfor<br>tonn/år | Prosent-<br>fordeling | Nitrogen<br>tonn/år | Prosent-<br>fordeling |
|-----------|-------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| Kommunalt | 10,9              | 36,7                  | 59                  | 13,3                  |
| Industri  | -                 |                       | 30                  | 6,8                   |
| Jordbruk  | 18,8              | 63,3                  | 353                 | 79,9                  |
| Totalt    | 29,7              | 100                   | 442                 | 100                   |

Tabellen ovenfor viser at jordbruket synes å ha en høy andel av de totale tilførsler både for fosfor og nitrogen.

Det må imidlertid understrekes at "fordelingen av forurensningsvirkningene" ikke tilsvarende fordelingen av tilførslene. (Det vises her til punkt 3.2) Forurensningsmessig betyr de ca. 30-40 prosent av fosforutslippene som stammer fra kommunale utslipp langt mer.

Vi kan eksempelvis nevne at den fosformengde som kommer fra tettbebyggelsen p.g.a. mange renseanlegg med biologiske trinn for en stor del foreligger som ortofosfat ( $PO_4$ ) og er lett tilgjengelig for primærprodusentene. Fosfor fra jordbruket er imidlertid for en stor del mer komplekst bundet og derved mindre tilgjengelig. Videre er tilførslene fra jordbruket sterkt nedbøravhengige, og fosfor kan føres ut av systemet eller sedimentere slik at det på denne måten "tas ut av produksjonen".

Videre må nevnes at fosfortilførsler fra dyrket mark for en stor del er knyttet til overflateavrenning over arealer uten plantedekke (vår og høst) og virkningene må følgelig vurderes utfra dette.

### 3.5 Gjødsling spesielt

I de fleste tilfeller er det en positiv korrelasjon mellom gjødselmengde (kunst- og naturgjødsel) og tilført plantenæringsstoff fra jordbruket. Ahl (1977) fant for Vänarens tilløpselver en liniær korrelasjonskoeffisient for sammenhengen mellom gjødselmengde og tilført mengde totalnitrogen og totalfosfor på henholdsvis + 0,98 og + 0,97. Denne regresjonsanalysen bygger på relativt få data (6 elver), men sammenhengen synes klar. Lundekvam (1977) har foretatt en multippel regresjonsanalyse på data fra en rekke felt der gjødsling pr. arealenhet, prosent gjødsla mark, avrenning, antall personer og antall dyr har inngått. Han fant at gjødselmengden var den faktoren som forklarte mest av variasjonen i stofftransport mellom feltene.

Sammenhengen mellom gjødselbruk og stofftransport i vassdrag gjør at gjødselbruket er en sentral faktor når utviklingen av forurensnings-tilførslene fra dyrka mark skal vurderes.

Tabell 3.4 viser forbruket av kunstgjødsel fra 1920 til 1976. Fram til 1974 har det vært en sterk økning i forbruket. Fra 1974 har det imidlertid funnet sted en stabilisering.

Tabell 3.4. Forbruk av kunstgjødsel 1920-1976 i tonn.

Kilde: Norsk Hydro

| År   | N      | P      | K      |
|------|--------|--------|--------|
| 1920 | 6.345  | 2.993  | 4.020  |
| 1930 | 5.167  | 4.823  | 8.717  |
| 1940 | 11.652 | 6.133  | 12.339 |
| 1950 | 36.864 | 16.171 | 41.837 |
| 1960 | 48.450 | 19.404 | 45.794 |
| 1970 | 76.843 | 23.578 | 54.580 |
| 1971 | 77.328 | 23.477 | 57.150 |
| 1972 | 78.332 | 24.365 | 58.482 |
| 1973 | 80.165 | 25.259 | 61.080 |
| 1974 | 91.290 | 27.000 | 66.443 |
| 1975 | 87.022 | 24.899 | 60.733 |
| 1976 | 91.602 | 24.760 | 59.981 |

Produsert mengde husdyrgjødsel bestemmes både av dyretallet og fôring. Som er ser av tabell 3.5 har antall storfé, hester og småfé, gått ned, mens svin og høns har økt i antall. Nedgangen i storféantallet er kompensert med sterkere fôring (230% økning i kraftfôrforbruket fra 1950-1970). Produsert mengde nitrogen og fosfor i husdyrgjødsel har derfor sannsynligvis ikke gått ned, slik som dyretallet skulle tyde på.

Tabell 3.5. Gjennomsnittlig antall husdyr i Norge i fem utvalgte perioder fra 1925-1973. Antall i 1000 dyr.

Kilde: Statistisk Sentralbyrå 1974.

| Dyreslag    | 1925-29 | 1935-39 | 1950-54 | 1960-64 | 1970-73 |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Hest        | 182     | 191     | 175     | 94      | 30      |
| Storfé      | 1201    | 1375    | 1190    | 1138    | 945     |
| Småfé       | 1879    | 2058    | 2054    | 1979    | 1758    |
| Svin        | 286     | 411     | 402     | 599     | 707     |
| Voksne høns | 3048    | 3467    | 3475    | 2769    | 3837    |



Gjødslingstidspunktet er også viktig.

Spredning av husdyrgjødsel på frossen eller snødekt mark kan føre til betydelige tilførsler av organisk stoff, nitrogen og fosfor fra dyrka mark (Minshall 1970, Kalusner 1976, Uhlen 1976). Under ugunstige forhold kan tilførslene for fosfor nå opp i 10-20 % av fosforet i gjødsla. Tilførslene vil variere fra sted til sted avhengig av temperatur og snøforhold. De vil være størst når gjødsla spres på frossen jord og ikke etterpå dekkes av snø og under aktive smelteperioder. Også høstspredning av husdyrgjødsel på eng kan føre til stor fosforforurensning (Uhlen 1975).

### 3.6 Nitrogentilførsler spesielt

Det vises her til overleverte (i møte 29.8.1978) utdrag av utkast til forskningsrapportør vedrørende nitrogenfjerning. Med hensyn til jordbruk vises til kap. IV.

Det er ikke mulig å gå nærmere inn på en vurdering av nitrogenspørsmål i Hobølvassdraget for en eventuell videre avklaring vedrørende nitrogen som eutrofieringsfaktor.

#### 4. FOSFOR OG NITROGEN SOM MINIMUMSFAKTOR FOR PRIMÆRPRODUKSJON

##### 4.1 Generelt

For den generelle bakgrunn omkring næringssaltene betydning i eutrofi-  
eringssammenheng, vises til utkast til generell del i "nitrogenrapporten"  
(overlevert i møte 29. august d.å.)

Det er generell enighet om at fosfor er nøkkelelementet i eutrofierings-  
sammenheng i norske vassdrag.

Nitrogen kan i visse tilfeller og under spesielle forhold være viktigste  
regulerende næringssalt. Forskningsprosjektet om nitrogenfjerning (jfr.  
kap. 2) vil ta for seg dette problemområdet.

##### 4.2 Hobølvassdraget spesielt

I begge de år NIVA har undersøkt Vansjø, ble de øvre vannlag tømt for  
uorganisk fosfor om sommeren. Dette tyder på at tilgjengelig fosfor høvst sann-  
sannsynlig var den begrensende faktor for planktonalgeveksten i Vansjø.

Sommeren 1976 oppsto en spesiell situasjon i Vestfjorden/Vanemfjordbassenget  
hvor nitratinholdet ble begrensende for algeproduksjonen. Dette skyldes  
spesielle hydrografiske forhold (tilløpselver tørket nesten inn og  
tilførselen fra Storefjorden var meget liten) som gjorde at  
Vanembassenget ikke fikk særlig nye tilførsler av nitrogen i denne peri-  
oden. I denne situasjonen ville et lavere nitrogeninnhold medført mindre  
algevekst.

NIVA's rapport fra undersøkelsene i 1976-77 konkluderer med at det i  
første rekke er fosfor, men også nitrogen som bør søkes redusert mest  
mulig som et skritt i retning av å redusere algeveksten.

Nitrogen kan i spesielle tilfeller opptre som minimumsfaktor og vil  
generelt påvirke produksjon og artssammensetning. Det er imidlertid  
vanskelig å kvantifisere betydningen av en eventuell nitrogenfjerning.

Aktualiteten av nitrogenreduksjonstiltak må også vurderes ut fra de teknisk /økonomiske konsekvenser ved tiltak (nitrogenfjerning, restriksjoner på bruk av kunstgjødsel m.m.). Ved valg av tiltak er det videre ikke bare et spørsmål om hva som er begrensende faktor i en gitt situasjon, men hvorvidt tiltak kan føre til at et spesielt næringsstoff kan gjøres til minimumsfaktor for algevekst. Selv om eksempelvis nitrogen ved høye belastningsnivåer kan være en minimumsfaktor, kan tiltak rettet mot fosfortilførsler redusere belastningsnivået slik at fosfor blir, "gjøres til", minimumsfaktor for algeproduksjonen.

For ytterligere å belyse problemet omkring fosfor og nitrogen som minimumsfaktor er NIVA igang med vekstforsøk med kulturalger i vann fra Vansjø. Foreløpige resultater fra tre prøver (vannprøver fra mai, juli og september d.å. er frafiltrert alger og tilsatt henholdsvis fosfor og nitrogen. Prøvene tilsettes en testalge og dyrkes under kontrollerte betingelser) tyder på at fosfor er den begrensende faktor i produksjonen. Tilsetning av nitrogen ga lite utslag.

Betydningen av å redusere nitrogentilførsler må også ses i lys av kravene til nitrat i drikkevann (SIFF: "Kvalitetskrav til vann" setter grensen ved 2.5 mg N/l). Det kan foreløpig se ut som om hensynet til drikkevannsforsyningen er viktigere m.h.t. nitrogenfjerning enn betydningen for algeproduksjonen.

## 5. BEHOV FOR VIDERE ARBEIDE

De foreløpige beregninger tyder på at jordbrukets andel av tilførslene, også dyrket mark alene, utgjør en betydelig andel av de totale tilførsler til Hobølvassdraget. Det er også grunn til å tro at jordbruket i betydelig grad bidrar til forurensningsvirkningene i vassdraget.

Sett i forhold til våre kunnskaper om de utslippsreduksjoner tiltak for kommunale og industrielle utslipp gir, må det sies at vi står relativt svakt rustet hva jordbrukets del angår.

For enkelte av jordbrukets forurensningskilder, primært punktkildene, er kunnskaper om effektene av tiltak relativt gode (silo-, halmluting, gjødsellagring), mens effekten av tiltak mot avrenning fra dyrket mark er begrenset her til lands.

Vi mener det spesielt er et stort behov for å bygge opp kompetanse om effekten av tiltak mot forurensninger fra dyrket mark. Hobølvassdraget er et godt konkret eksempel på behovet.

Vi vil som illustrasjon til dette peke på følgende mulige tiltak for dyrket mark (i tilfeldig rekkefølge):

### A. Vernesoner mot vassdrag

Effekten av slike buffersoner mot overflateavrenning er lite kjent i Norge og bør undersøkes (det er betydelige erfaringer bl.a. fra Sverige). Kjennskap til effekten av et slikt tiltak kan danne grunnlag for en jordbruksøkonomisk vurdering hvor reduserte tilførsler kan settes opp mot et eventuelt mindre tap i produksjonsareal.

### B. Kotepløying

Dette er et kjent tiltak for å redusere erosjon, særlig i regnvær-  
perioder på arealer uten plantedekke. Her er det også aktuelt å  
vurdere effekten av tiltak mot driftsøkonomiske forhold.

### C. Gjødslingspraksis

Spørsmålet om gjødslingspraksis (mengde gjødslet og fordeling  
av gjødsling over tid er interessant både hva nitrogen og fosfor  
angår). Hva fosfor angår, har gjødslingspraksis i perioden uten  
plantedekke særlig betydning.

Det foregår for tiden et større prosjekt i NLHs regi omkring om-  
setningsforhold av kunstgjødsel i jord.

### D. Spesielle høst/vårplanter for nedmolding

Avrenning av fosfor fra dyrket mark er særlig knyttet til perioder  
uten plantedekke (vår/høst). Fra Sør-Sverige har en erfaringer med  
bruk av spesielle planter (grassorter) spesielt for å redusere tiden  
arealet er uten plantedekke. Hvor aktuelt dette er for norske forhold  
bør vurderes.

Generelt kan det sies at et viktig skille i tilførselssammenheng  
mellom åker- og engareal. Åkerarealene er i betydelig større  
grad utsatt for erosjon av overflatevann, da de er uten beskyttende  
plantedekke vår og høst når avrenningen er størst. Manglende plante-  
dekke på disse tidspunkt gjør dessuten at lite næringsstoffer er  
bundet i vegetasjonen. I eng vil plantevekst finne sted lenger ut-  
over høsten og veksten begynner tidligere om våren enn ved åker-  
drift. Dette reduserer mulighetene for utvasking, og da spesielt  
for nitrat.

### E. Vurdering av stofftransporter ved oversvømmelser/forbygninger

Det forekommer oversvømmelser i Vansjø. Et interessant spørsmål er  
i hvilken grad næringsalter (i første rekke fosfor), vaskes ut  
og i hvilken grad de blir tilgjengelige for algeproduksjon i

Vansjø. Aktuelle tiltak er endringer i manøvreringsreglementet for reguleringsdammen. Generelt bør den forurensningsbegrensende effekten av forbygningsarbeider også belyses.

#### F. Kontrollert jordbruksvanning

Vanning utover behovet fører foruten til unødig uttak fra vassdraget også til unødig stor utvasking av salter med grunnvannet. En fornuftig vanning vil imidlertid kunne føre til en bedre utnyttelse av tilført gjødsel (næringsstoffene føres bort med avlingene), og dermed redusere utvaskingen den påfølgende høst, vinter og vår. Betydningen av disse problemene bør klarlegges.

REFERANSER

- NIVA, 1978; A2-32: Tilførsler av organisk stoff, nitrogen og fosfor fra nedbør, skog, snaufjell og jordbruk.
- Lundekvam, H. 1977: Kjemisk kvalitet i avrenningsvatn frå jordbruksområde i Norge. Foredrag ved det "Trettende nordiska symposiet om vattenforskning". Røros, pp 207-220.
- Mikkelsen, K., Ekern, A., Borgen, S., Rognerud, B., 1974: Landsplan for bruken av vannressursene. Arbeidsrapport nr. 6, Norsk jordbruk og vannressursene. Del. A. Vanforurensninger fra jordbruket.
- NIVA, 1977, XK-14, A2-32: Vannkvalitet og stofftransport i et forurenset vassdrag. Undersøkelser i Hølenvassdraget juni 1974 - juni 1977. 128 pp.
- Ahl, T., 1977: Diffusa föroreningar i relation till markanvändning. Foredrag ved det "Trettende Nordiska Synposiet om vattenforskning". Mai 1977, pp. 483-490.
- Uhlen, G., 1976: NLVHs engasjement i forbindelse med forskning over forurensning fra husdyrbruket. Notat omkring forskningsresultater fra NLH presentert av A. Ekern. 11 pp.
- Uhlen, G., 1975: Forelesningsnotat nr. 4 ved FM - 2 kurset 1975, NLH, NLH 1975, 9 pp.
- For mer omfattende referanser, vises til NIVA, 1978, A2-32.

o0o