

K

## HALDENVASSDRAGET SOM RESIPIENTSYSTEM

Forurensningssituasjonen 1977 belyst med  
kjemiske og bakteriologiske undersøkelser

Av cand. med. vet. Øyvin Østensvik,  
cand. real. Olav M. Skulberg og  
kjemiker Jozsef Kotai

Haldenvassdragets vassdragsforbund, som ble opprettet i 1971, er et samarbeidsorgan for kommunene ved vassdraget og Akershus og Østfold fylker. Undersøkelsene som NIVA utfører for Haldenvassdragets vassdragsforbund, er et grunnelement i arbeidet med vassdraget, løsningsen av forurensningsproblemene og vernet av ressursene som knytter seg til det (Kotai et al., 1976).

Haldenvassdraget er av stor naturmessig og økonomisk verdi. Det knytter seg en rekke brukerinteresser til vassdraget, — vannforsyning, resipientbruk, fiske, naturinteresser m.m. For å kunne gjennomføre en meningsfylt og fornuftig forvaltning av denne naturressurs må det være regelmessig tilførsel av opplysninger om tilstand og utvikling i selve vassdraget og om virksomhet i nedbørfeltet, som kan påvirke forholdene. Det er ønskelig å kunne planlegge en samfunnsutvikling som kan være mest mulig i harmoni med naturforutsetningene i nedbørfeltet (Haldenvassdragets vassdragsforbund 1975).

Utviklingen i den statlige, regionale og lokale behandling av vann- og forurensningsproblemer har medført større krav til opplysninger om tilstanden i vassdraget, og om muligheten for beskyttende og sanerende tiltak. Dette gjelder i utpreget grad for Haldenvassdraget med den omfattende virksomhet som har funnet sted og finner sted i kommunene ved vassdraget.

Viktige oppgaver som har løpende oppmerksomhet (fig. 1) som helhet og i de enkelte områder omfatter bl.a. å:

- Fremskaffe nødvendige data for å kunne stille krav til rensing ved ulike typer av utslipp og kombinasjoner av utslipp,

- følge utviklingen i forurensningssituasjonen,
- avklare de forhold som kan kontrolleres for å redusere forurensningsvirkninger,
- finne hovedårsakene til masseutvikling av alger,
- vurdere virkninger som forurensningene har på vassdraget som biologisk system, bl.a. som livsmiljø for fisk,
- bedømme forløpet av eutrofiutviklingen i innsjøene i vassdraget.

Resipientundersøkelsen gir Haldenvassdragets vassdragsforbund grunnlag til å følge utviklingen og fremme de oppgaver som faller inn under forbundets virksomhet (Skulberg 1975).

I 1977 ble det mulig å foreta bakteriologiske undersøkelser i Haldenvassdraget, og i denne artikkel behandles noen resultater i sammenheng med den generelle hydrografiske tilstand i vassdraget.

### Generelt om bakteriologiske undersøkelser

De fleste sykdommer som kan spres via vann forårsakes av mikroorganismer i avføring fra syke mennesker og dyr. Helsesrådene foretar regelmessig bakteriologiske undersøkelser av drikkevannet for å kontrollere om vannet kan være smittefarlig. Det er vanskelig og i enkelte tilfeller umulig å isolere sykdomsfremkallende mikroorganismer fra vann. Avføring inneholder alltid store mengder bakterier som har naturlig forekomst i tarmen, såkalte tarmbakterier. De er normalt ikke sykdomsfremkallende, og de fleste tarmbakteriene kan ikke vokse eller formere seg utenfor tarmen.

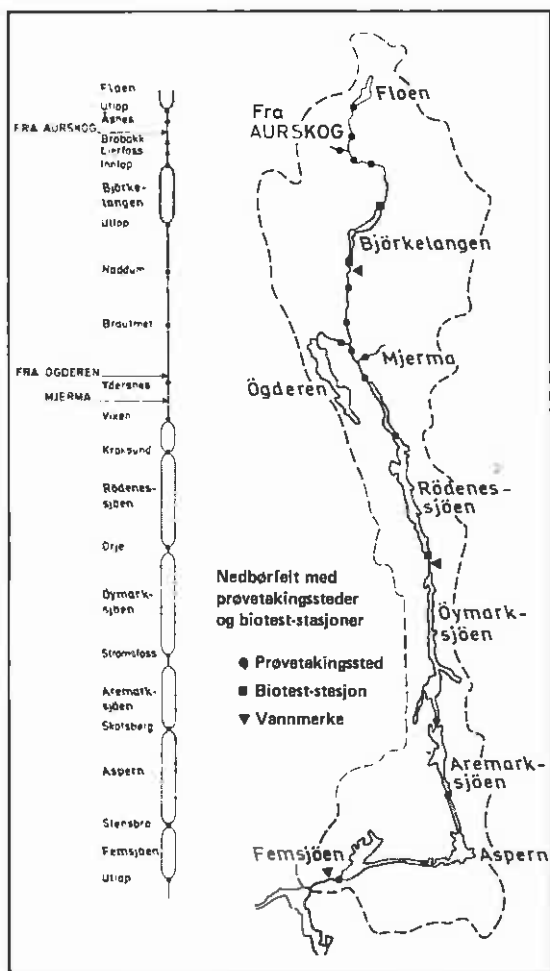


Fig. 1. Haldenvassdraget med nedbørfelt.

Noen grupper tarmbakterier kan lett isoleres fra vann. Hvis slike bakterier påvises, tyder det på en fersk forurensning med avføring, og bakteriene kalles derfor *indikatorbakterier*. Ved slike undersøkelser gis det mulighet til å bedømme vannets helsemessige kvalitet, og påvises det indikatorbakterier i vann, regnes det som et tegn på at vannet også kan inneholde andre tarmmikrober med sykdomsfremkallende egenskaper.

Undersøkelser av vann for innhold av indikatorbakterier har også flere anvendelsesområder. I arbeidet med kartlegging av forurensningstil-

førsler til et vassdrag er indikatorbakterie-undersøkelser et redskap som kan beskrive kloakkvannsbelastningen i vassdraget. Sammenholdt med resultater fra fysiske/kjemiske undersøkelser kan kjennskap til innhold av indikatorbakterier også fortelle om betydningen av kloakkvannstilførsler i forhold til andre forurensningskilder.

De aktuelle indikatorbakterier i vann omfatter flere typer:

Koliforme og termostabile koliforme bakterier.  
Fekale streptokokker.  
Sulfittreduserende klostridier.

Koliforme og termostabile koliforme bakterier

— Koliforme bakterier

Denne gruppe omfatter både bakterier som har tarmen hos mennesker og varmblodige dyr som naturlig tilholdssted, og enkelte bakterier som har naturlig forekomst i jord og vann. Koliforme bakterier er derfor intet sikkert tegn på at vannet er tilført avføring.

— Termostabile koliforme bakterier

Denne gruppe omfatter bakterier som har tarmen hos mennesker og varmblodige dyr som eneste naturlige tilholdssted. Undersøkelsen er nærmest identisk med den som brukes for å påvise koliforme bakterier, men dyrkingstemperaturen er øket fra 37°C til 44°C. På denne måten hindres jord- og vannbakteriene i å vokse. Innhold av termostabile koliforme bakterier er derfor en sikker påvisning av at det undersøkte vannet er forurenset med avføring. Metoden for påvisning av termostabile koliforme bakterier er den som brukes mest og den som er mest pålitelig.

Fekale streptokokker

Dette er også bakterier som har naturlig forekomst i tarmen hos mennesker og varmblodige dyr. Påvisning av denne gruppe har til nå vært lite benyttet ved vannundersøkelser i Norge, og anbefales helst som et supplement til metoden for termostabile koliforme bakterier.

### Sulfittreduserende klostridier

Dette er en gruppe bakterier som har evne til å danne sporer. Sporer er et motstandsdyktig hvilestadium av bakterien. Fordi sporene kan overleve lenge ute i naturen, vil påvisning av sulfittreduserende klostridier fortelle oss om både fersk forurensning med avføring og om sporadisk eller gammel forurensning. Undersøkelser for sulfittreduserende klostridier kan derfor være et verdifullt supplement til undersøkelser for andre indikatorbakterier.

### Anvendelse av bakteriologiske undersøkelser

Innholdet av termostabile koliforme bakterier forteller oss om kloakkvannstilførsler og vannets helsemessige kvalitet.

En enkelt negativ prøve er imidlertid ikke noen garanti for at vannet ikke inneholder sykdomsfremkallende mikroorganismer, da disse under spesielle forhold kan overleve lengre enn indikatorbakteriene. Dette viser nødvendigheten av regelmessige undersøkelser for indikatorbakterier. Forholdet mellom koliforme bakterier, (K), og termostabile koliforme bakterier, (TK), i et vassdrag, kan gi opplysninger om punktutslipp og avrenningsforhold.

Forholdet mellom termostabile koliforme bakterier, (TK), og fekale streptokokker, (FS), kan gi informasjon om forholdet mellom avføringstilførsler fra mennesker og dyr.

Mennesker og dyr har ulike mengdeforhold mellom termostabile koliforme bakterier og fekale streptokokker i avføringen. Hos mennesker er dette forholdstallet ( $\frac{T.K.}{F.S.}$ ) angitt til 4.4, mens forholdstallet hos dyr varierer fra 0.02 til 0.6, avhengig av dyrearten. Hvis det registreres et forholdstall på over 0.7 i en vannprøve, tolkes det som at avføring fra mennesker er dominerende.

Forholdet mellom termostabile koliforme bakterier og ulike fysiske og kjemiske parametre i et vassdrag kan være et hjelpemiddel for å forstå betydningen av ulike forurensningskilder. Aktuelle parametre er:

– Elektrolytisk ledningsevne,

- total-fosfor,
- ortofosfat,
- total-nitrogen og
- nitrat.

At slike forholds betraktninger kan ha verdi, henger sammen med at termostabile koliforme bakterier bare fins i avføring. Fosfor- og nitrogenforbindelser forekommer også i avføring, men er dessuten til stede i varierende mengder i annet avløpsvann fra husdyrhold, avrenningsvann fra dyrket mark og utslipp fra ulike industriaktiviteter.

### Undersøkelser i Haldenvassdraget

Haldenvassdraget er et særpreget vassdrag ved å ha en stor innsjøandel (Utbyggingsavdelingen i Østfold 1972). Vannarealet utgjør 12% av det 1597 km<sup>2</sup> store nedbørfelt. Forholdene i vassdragets elveavsnitt og i innsjøene er ulike influert av forurensninger. For elveavsnittene er det først og fremst primære forurensningsvirkninger som gjør seg gjeldende. De praktiske tiltak retter seg her mot å verne vassdragets selvrensningsevne. For innsjøene er det sekundære forurensningsvirkninger med fremskridende eutrofiering som er det alvorligste problem for vannkvalitet og biologiske ressurser (Skulberg 1969).

Observasjoner fra vintersituasjonen i vassdraget 1977 gir en god illustrasjon av de regionale variasjoner i vannkvalitet og belastningsforhold i vassdraget. Verdier for nitrogenkomponenter (total-nitrogen) og fosforkomponenter (total-fosfor) er vist i de grafiske fremstillinger av undersøkelsesresultater i fig. 2 og 3. Vannmassene i hovedvassdraget har gjennomgående høye konsentrasjoner av fosfor- og nitrogenkomponenter. Det er bidrag fra husholdningskloakkvann, husdyrhold og jordbruksvirksomhet som er hovedkildene til denne belastning. Det er spesielt for Haldenvassdraget at vassdraget er sterkest påvirket av menneskelig virksomhet i sitt øvre løp.

Ved å kombinere fysiske, kjemiske og biologiske undersøkelser er det mulig å studere de ulike forurensningstilførsler og de virkninger

Fig. 2. Verdier for nitrogenkomponenter i Haldenvassdraget. Prøvetaking 15/3 - 21/3-1977.

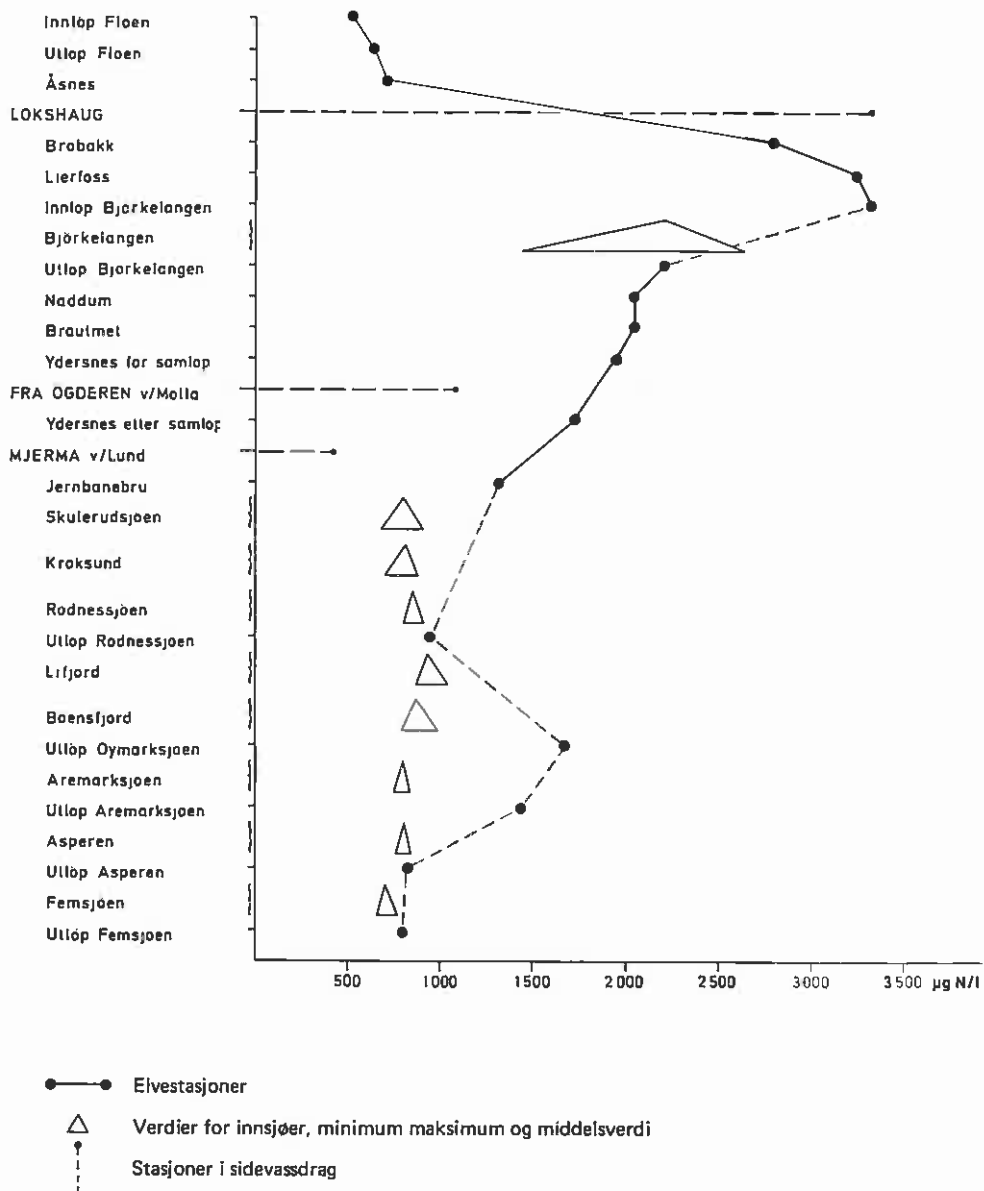


Fig. 3. Verdier for fosforkomponenter i Haldensvassdraget. Prøvetaking 15/3 – 21/3-1977.

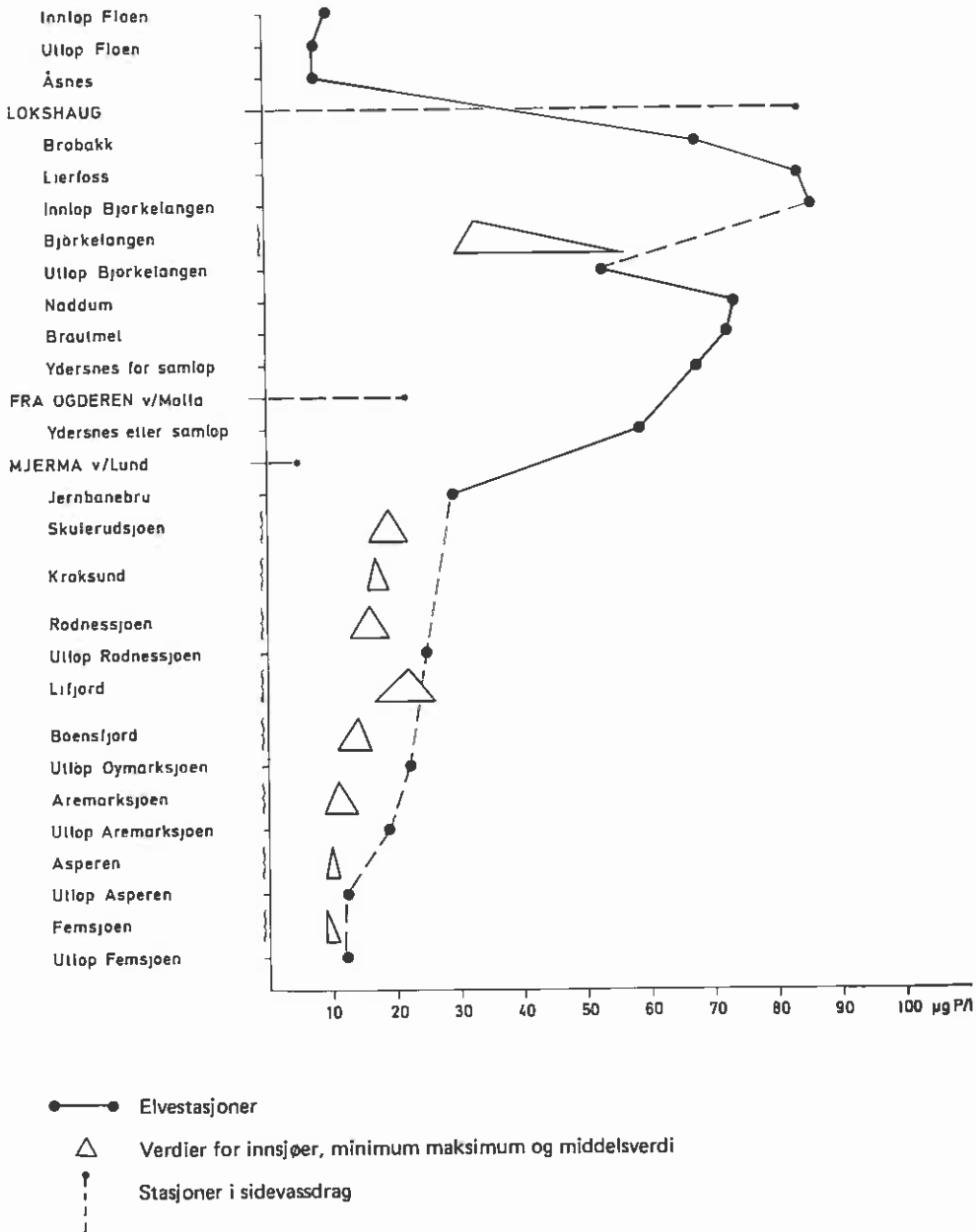


Fig. 4. Termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml. Aritmetiske middelværdier for 1977.

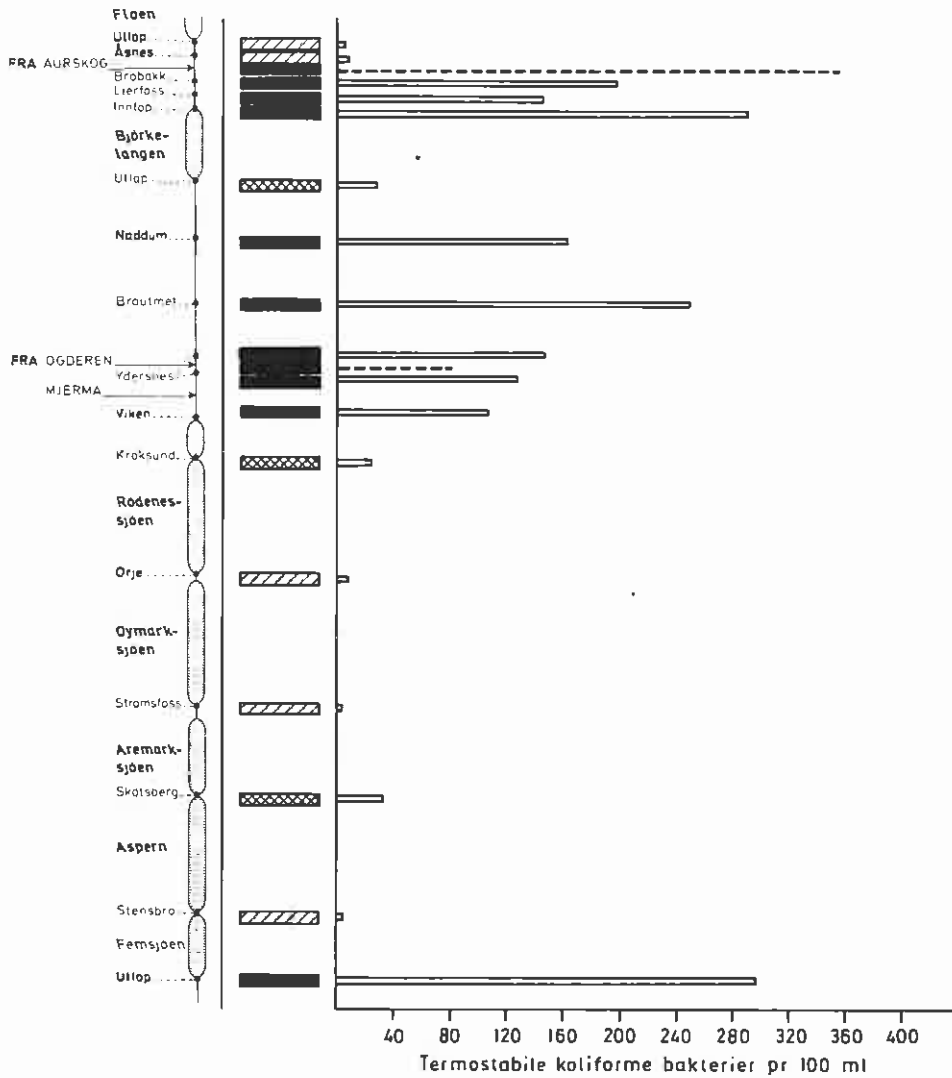
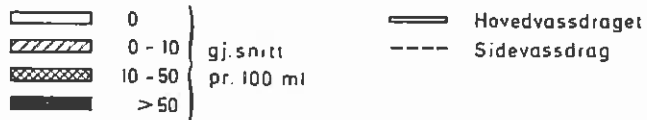


Fig. 4.



som de har i vassdraget (Skulberg 1974). Gjennom bakteriologiske undersøkelser fremkommer holdepunkter om vannmassene er tilført avføring fra mennesker og dyr. Slike undersøkelser ble utført i Haldenvassdraget i 1977. Det ble utført feltarbeid med tre prøveserier for bakteriologiske analyser, i henholdsvis mars, mai og oktober. Vannets innhold av koliforme bakterier og termostabile koliforme bakterier ble bestemt i alle prøvene. I oktober ble det dessuten gjort analyse på innhold av fekale streptokokker.

Aritmetiske middelværdier for termostabile koliforme bakterier i Haldenvassdraget i 1977 er fremstilt i fig. 4. Verdiene er også sammenliknet med bakteriologiske normer for drikkevann og veiledende bakteriologiske normer for badevann (Statens institutt for folkehelse 1976).

Ved alle prøvestasjoner i vassdraget ble det påvist termostabile koliforme bakterier ved en eller flere av prøveseriene. Øverst i vassdraget, ved utløp Floen og Åsnes, var verdiene lave. Fra Brobakk til innløp Bjørkelangen var verdiene for termostabile koliforme bakterier høye. Riserelva var sterkt belastet med kloakkvann fra tettbebyggelsen i Aurskog-området og utslipp fra rensesanlegget på Aursmoen. Dette var årsaken til økningen i bakterietallet fra Åsnes til Brobakk. Utslipp fra rensesanlegget ved Bjørkelangen resulterer i økt bakterietall fra Lierfoss til innløp Bjørkelangen.

Gjennom innsjøen Bjørkelangen ble antall termostabile koliforme bakterier redusert. Årsaken til dette er sedimentering og nedbrytning som er knyttet til fysiske, kjemiske og biologiske prosesser i vannmassene.

Tettstedene Løken og Fosser tilfører vassdraget nye kloakkvannsutslipp, som gir høye verdier for termostabile koliforme bakterier ved Nadum og Brautmet.

Innsjødelen av Haldenvassdraget, fra Skulerudsjøen til utløp Femsjøen, hadde relativt lavt innhold av termostabile koliforme bakterier. Gjennom innsjøene ble bakterietallet redusert ved sedimentering og biologiske prosesser. Et visst tilslag fra bebyggelsen rundt innsjøene ble påvist ved utløpene, særlig ved utløp Aremarksjøen og Femsjøen.

Resultatene fra undersøkelsene i oktober på fekale streptokokker indikerer at det er avføring fra mennesker som dominerer i Haldenvassdraget når det gjelder tilførsler med mikroorganismer av hygienisk betydning.

#### *Vurdering av de bakteriologiske resultater i forhold til anbefalte normer*

I vann som ubehandlet skal kunne brukes som drikkevann, skal det ikke kunne påvises termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml vann. For at vannet skal kunne brukes som badevann (friluftsbad) bør det ikke påvises mer enn 50 termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml vann.

Resultatene fra undersøkelsen i Haldenvassdraget viste at vannmassene i elvedelene og vannmassene fra utløpene av innsjøene ikke bør brukes ubehandlet som drikkevann. Det er stor tilførsel av kloakkvann i vassdragets øvre deler. Forurensningene føres med vannstrømmen nedover i vassdraget. I tillegg gjør flere lokale kloakktilførsler seg gjeldende. Vannet i hele vassdraget kan inneholde sykdomsfremkallende mikroorganismer, og bare drikkevann levert av tilfredsstillende vannforsyningsanlegg bør benyttes.

Resultatene viste også at vannmassene på elvestrekningen fra Brobakk til samløpet med Mjerma ikke kan anbefales benyttet som badevann.

#### *Sammenfatning av forurensningssituasjonen i Haldenvassdraget*

De fysiske, kjemiske og biologiske undersøkelser har gitt mulighet for å vurdere de ulike forurensningstilførsler og deres virkninger i vassdraget. Forurensningssituasjonen kan sammenfattes i fire hovedkategorier av virkninger (Hynes 1960).

— Eutrofiering.

Vassdragsavsnitt ordnet etter belastningsgrad:

- Lokshaug — Bjørkelangen (Haretunelva)
- Bjørkelangen — Skulerudsjøen (Hølandselva)
- Delfelt ved Øgderen
- Rødenessjøen — Øymarksjøen
- Lokale deler av Aremarksjøen
- Asperen — Femsjøen



Den høyere vegetasjon langs elvebreddene beskytter vannmassene mot forurensningspåvirkning.

Avrenningsvann fra søppelfyllplasser har medført giftvirkninger på fisk i vassdraget.



Store konsentrasjoner med gjødselstoffer gir masseutvikling av næringskrevende vannplanter.

Utslipp fra slakterier medfører hygienisk betenkelige forurensningsvirkninger i vassdraget.





Innsjøer med tiltagende eutrofiering:

Bjørkelangen  
Lifjord, Skulerudsjøen  
Rødenessjøen, Øymarksjøen  
Aremarksjøen

– Saprobiering og hygieniske forurensninger.

Vassdragsavsnitt ordnet etter belastningsgrad:

Lokshaug – Bjørkelangen (Haretunelva)  
Naddum – Ydersnes (Hølandselva)  
Fosser – Naddum (Hølandselva)  
Utl. Rødenessjøen – Lifjord  
Lokale deler av Aremarksjøen  
Asperen

– Partikkelforurensning

Vassdragsavsnitt med partikkelforurensning fra erosjon:

Åsnes – Skulerudsjøen  
Delfelt ved Øgderen  
Delfelt ved Rødenessjøen  
Delfelt ved Aremarksjøen  
Delfelt ved Femsjøen

Vassdragsavsnitt med slamforurensning av organisk stoff:

Områder nedstrøms kloakkrensaneanlegg  
Områder ved kloakkutslipp direkte til vassdraget

– Giftvirkninger

Direkte giftvirkninger er foreløpig ikke observert i hovedvannmassene av vassdraget. Fiske-død er sporadisk rapportert i lokale områder. Virkninger av giftstoffer brukt i skogbruk, jordbruk og industri bør undersøkes.

### *Perspektiv på det videre arbeid*

Hensikten med resipientundersøkelsene kan kort sammenfattes som:

- Å klarlegge forurensningssituasjonen i vassdraget og finne og følge utviklingstendenser.
- Å fastslå hva som oppnås med de tiltak som settes i verk for å beskytte vassdraget mot forurensninger.
- Å løpende følge virksomheter i nedbørfeltet som har innvirkning på forholdene i vassdraget.

De hittil utførte vassdragsundersøkelser kan betegnes som en basisundersøkelse av Haldenvassdraget. I fortsettelsen vil arbeidet hovedsakelig fordele seg på to saksområder, henholdsvis resipientovervåking og undersøkelse av spesielle problemstillinger. Det vil være hensiktsmessig at overvåkingsdelen etter hvert kan bli gjort ved regionale/lokale laboratorier i Østfold og Akershus, mens undersøkelser av spesielle problemstillinger utføres av NIVA. Inntil videre må NIVA likevel bidra på biologidelen av overvåkingsundersøkelsene, samtidig som helhetsvurderingen av Haldenvassdraget som resipientssystem vil falle på NIVA.

Undersøkelsene vil fortsatt gjennomføres i nær kontakt med kommunene som Haldenvassdragets vassdragsforbund omfatter, og i samarbeid med fylkesutbyggingsavdelingene i Akershus og Østfold. De behov Statens forurensningstilsyn har i forbindelse med resipientovervåking, skal ivaretas.

Ø.Ø.

O.M.S.

J.K.

## LITTERATUR

- Haldenvassdragets vassdragsforbund: *Rammeopplegg for Haldenvassdraget 1976–1980*. Norsk institutt for vannforskning, Oslo, 10. april 1975.
- Hynes, H.B.N.: *The biology of polluted waters*. Liverpool University Press, Liverpool 1960.
- Kotai, J. og Skulberg, O.M.: *Haldenvassdraget – resipientundersøkelse som grunnlag for vassdragsdrift*. Norsk institutt for vannforsknings årbok 1975, pp. 11–24, Oslo, 1976.
- Skulberg, O.M.: *Resipientundersøkelse for Ørje, Marker kommune*. Norsk institutt for vannforskning, Oslo, 1969.
- Skulberg, O.M.: *Observasjoner av endringer i organisme-samfunn og biologisk produksjon i forsøksresipienter*. Norsk institutt for vannforsknings årbok 1973, pp. 53–54, Oslo, 1974.
- Skulberg, O.M.: *Vassdragene i morgendagens samfunn. Forskningens ansvar for å sikre en fornuftig ressursforvaltning*. Forskningsnytt, Vol. 20, No. 8, pp. 8–13, 1975.
- Statens institutt for folkehelse: *Kvalitetskrav til vann. Drikkevann, vann for omsetning, badevann*. Ny revidert utgave nov. 1976. Sosialdepartementet, Oslo, 1976.
- Utbyggingsavdelingen i Østfold: *Registrering av landbruksaktiviteter og forurensningskilder i nedbørfeltet til Haldenvassdraget*. (Med oversiktskart. M 1 : 50 000.) Manuskript. Fylkesmannen i Østfold, Moss, 1972.