

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

O-24/77

FOU-OPPGAVER INNEN OVERVÅKING AV VANNRESSURSER

OG KONTROLL AV RENSEANLEGG

25/7 1977

Saksbehandler: Jon Knutzen

Medarbeider: John E. Samdal

INNHALDSFORTEGNELSE

| | Side |
|---|------|
| FORORD | 3 |
| 1. BEHOVET FOR OVERVÅKING | 4 |
| 2. OVERVÅKINGSUNDERSØKELSERS FORMÅL | 5 |
| 3. INGANGVÆRENDE OG PLANLAGT OVERVÅKING I NORDEN | 6 |
| 3.1 Danmark | 7 |
| 3.2 Finland | 7 |
| 3.3 Norge | 8 |
| 3.4 Sverige | 10 |
| 4. PRINSIPPIELLE VURDERINGER | 11 |
| 5. FOU-OPPGAVER | 12 |
| 5.1 Igangværende innen NORDFORSK (ved Bjørn Federley) | 14 |
| 5.2 Oppgaver knyttet til forskjellige kategorier av vannforekomster | 16 |
| 5.2.1 Grunnlagsdata | 16 |
| 5.2.2 Nedbør og tørravsetninger | 17 |
| 5.2.3 Markvann og grunnvann | 18 |
| 5.2.4 Elver | 19 |
| 5.2.5 Innsjøer | 21 |
| 5.2.6 Estuarer, fjorder og kystfarvann | 23 |
| 5.3 Kontroll av utslipp og renseanlegg | 27 |
| 5.4 Kårtlegging av forurensningstilførsler | 29 |
| 5.5 Automatisk prøvetaking og analyse | 30 |
| 5.6 Fjernanalyse | 32 |
| 5.7 Biologiske metoder | 34 |
| 5.7.1 Metoder basert på fotografering | 35 |
| 5.7.2 Eksperimentelle angrepsmåter | 36 |
| 5.7.3 Indikatorarter og indikatorsamfunn - biologiske indekser | 37 |
| 5.7.4 Regelmessige inventeringer | 39 |
| 5.8 Biokjemiske og kjemiske indikatorer | 40 |
| 5.9 Seston | 42 |
| 6. VURDERINGSGRUNNLAG OG KVALITETSKRITERIER | 43 |
| 7. STANDARDISERING | 44 |
| 8. NORDISK MILJØPRØVEBANK | 45 |
| 9. ORGANISASJONSMESSIGE OPPGAVER | 46 |
| 10. FORSLAG TIL MULIGE FORPROSJEKTTEMAER | 46 |

FORORD

Foreliggende notat er skrevet på oppdrag av NORDFORSKs Komité för vattenvård. Notatet skal fremlegges for og diskuteres med Nämnden för miljövårdsteknik. Formålet har vært å få frem et første grunnlag for utvelgelse av FOU-arbeide som kan initieres gjennom NORDFORSK.

Litteraturen er skummet i den utstrekning tiden har tillatt. Oversikten er til dels stikkordmessig og pretenderer ikke å være fullstendig.

Temaet er vidtfavnende, og en skikkelig konkretisering av FOU-oppgavene krever engasjement av ulike former for ekspertise. Arbeidet har foregått innen en begrenset tidsramme, og resultatet baserer seg stort sett på samtaler med personer som representerer forskjellige kompetanser og interesser av betydning for overvåking.

Opplysningene om igangværende undersøkelser i de nordiske land stammer fra redegjørelser og annet materiale supplert av vattenvårdskomiteéns medlemmer. Kapitlet om igangværende FOU-oppgaver innen NORDFORSK er skrevet av komitéens sekretær, Bjørn Federley, og avsnittet om kontroll av utslipp og renseanlegg er i det vesentlige bearbeidet av tekn.lie. Peter Balmér ved NIVA.

Oslo, 25/7 1977

Jon Knutzen

1. BEHOVET FOR OVERVÅKING

Ønskeligheten av å overvåke vannforekomstenes tilstand skyldes den økende utnyttelse og belastning av disse ressursene. Behovet er stigende for vann til ulike formål - regulering for kraftverk, industrielle prosesser, kjøling, vannforsyning til husholdninger og jordbruksvanning. Stadig flere vannforekomster influeres av menneskelig virksomhet. Samtidig er det blitt større krav til vannkvaliteten i nærmiljøet og for rekreasjonsformål. Egenverdien av uberørt natur betraktes med økende forståelse.

I en slik situasjon oppstår konflikter mellom ulike interesser. Overvåking - det å følge tilstandens utvikling - er et hjelpemiddel ved veiingen av brukerinteresser mot hverandre.

Myndighetene har behov for å få dokumentert virkningen av vernetiltak. Foreløpig er det relativt fåtallige eksempler på bedring i forurensningstilstander som resultat av inngripen. Erfaringene med restaureringsforløp er derfor sparsomme. Overvåkingen vil også tilveiebringe et forbedret beslutningsgrunnlag.

Faglig sett er det behov for overvåking bl.a. fordi:

- grenseverdiene for skadevirkning av kjente stoffer ofte må endres som resultat av nye undersøkelser og erfaringer.
- nye stoffer tilføres miljøet.
- fjerntransport av forurensninger muliggjør uforutsette skader langt fra kildene.
- det trengs en mekanisme for å fange opp den samlede effekt av de mange forskjellige former for belastning som miljøet er utsatt for.

I løpet av de siste år er det tatt viktige skritt for å verne kystfarvann og havområder. Gjennom internasjonale avtaler tas det sikte på å begrense og regulere dumping og utslipp. Oslo-konvensjonen og London-konvensjonen (mot dumping), Paris-konvensjonene (mot landbaserte utslipp) og Helsinki-konvensjonen (til vern av Østersjøen og Skagerak) er eksempler på dette. De nordiske land har tiltrått eller vil tiltre en eller flere av disse konvensjoner, hvorav Oslo- og London-konvensjonen allerede har trått i kraft.

Alle avtalene innebærer forpliktelser til å være med på og samarbeide om overvåking av de områdene vedkommende konvensjon gjelder for.

Overvåking av havområder er også gjenstand for samarbeide innen store internasjonale programmer for dette formål, spesielt GIPME (Global Investigations of Pollution in the Marine Environment) og IGOSS (Integrated Global Ocean Station System).

2. OVERVÅKINGSUNDERSØKELSERS FORMÅL

Med overvåking forstås her gjentatte undersøkelser av målevariable som direkte eller indirekte gir opplysninger om vannkvalitet eller har betydning for vannforekomstens tilstand. Undersøkelsene vil som regel ha langsiktig karakter.

Formålet kan formuleres noe forskjellig, beroende bl.a. på problemenes karakter og om synsvinkelen er overveiende naturfaglig eller forvaltningsmessig.

Hovedsaken er å følge tilstandens variasjon og utvikling over tid. Opplysningene skal brukes dels som beslutningsgrunnlag og dels for å dokumentere virkningen av tiltak.

Et annet formål kan være å tilveiebringe bakgrunnsdata eller referanseverdier fra relativt uberørte vannforekomster av forskjellige slag.

Slike informasjoner benyttes til å bedømme tilstanden i tilsvarende, men belastede lokaliteter. De er med andre ord underlag for å vurdere graden av forandring eller skade ved bestemte påvirkninger.

I våre dager vil det neppe være mulig å påvise noe vann som ikke i en eller annen egenskap viser spor av sivilisasjonens innflytelse. Verdensomspennende diffus belastning gjør at alt vann undergår unaturlige endringer i kjemisk sammensetning. Som oftest vil det dreie seg om meget små forandringer som bare kan påvises etter nøye undersøkelser. Vannets hovedegenskaper bevares, og de praktiske konsekvensene er vanskelige å bedømme. Det er imidlertid klart at også referansevannkvaliteter endres med tiden og bør undersøkes regelmessig.

Det som er behandlet ovenfor kan sies å være to sider av samme sak. I korthet dreier det seg om å beskrive et utviklingsforløp og/eller en referansetilstand.

Overvåkingen blir ufullstendig uten en samtidig kartlegging av forurensningstilførsler. I dette rommes:

- oppstilling av teoretiske budsjetter,
- kontrollmålinger i større utslipp (herunder renseanlegg)
- målinger i vassdrag med henblikk på transportberegninger og belastningsbudsjetter for innsjøer og fjorder.

Kartleggingen av tilførsler er nødvendig for å se sammenheng mellom belastning og tilstand. Den er også grunnlaget for å velge mellom alternative vernetiltak og for å gi en fullgod beskrivelse av tiltakenes effekt.

Overvåking har innebygget varsling av uønskede forhold eller utviklingstendenser. Behovet for øyeblikkelig varsling er primært knyttet til vannforsyningsformål eller katastrofeartede tilfeller. Stort sett tas slike funksjoner hånd om av vannverk eller andre storbrukere. Oppgaven for et generelt overvåkingsprogram må innskrenkes til å fange opp uheldige utviklingstendenser tidligst mulig. Ved bruk av begrep som "early warning" er det viktig å ha en presis oppfatning av hva som menes.

Stadig gjentatte undersøkelser gir lange observasjonsserier og data som bør egne seg for statistisk bearbeidelse i flere retninger. En sidevirkning av overvåking er økt innsikt i naturlige sesong- og årsvariasjoner, langperiodiske vekslinger og mulige sammenheng mellom forskjellige variable. Jo bedre denne innsikt blir, dess bedre vil overvåkingen oppfylle sine formål.

3. IGANGVÆRENDE OG PLANLAGT OVERVÅKING I NORDEN

Med den vide karakteristikk av overvåking gitt i kap. 2 er det mange kategorier av undersøkelser som kommer inn under begrepet. Nedenfor er det bare tatt sikte på å gi en summarisk oversikt for de enkelte land, og stort sett begrenset til hva man kan kalle det nasjonale nivå.

Felles for alle landene er at de har utbygde stasjonsnett for måling av nedbør, vannstand og vannføring, og i varierende grad også for temperatur, avdunsting, snømengde, etc.

3.1 Danmark

I de fleste amtskommuner er det foretatt kjemisk og biologisk bestemmelse av forurensingsgraden i elver med 2-3 års mellomrom fra 1970.

Danmarks Geologiske Undersøgelse har et arkiv for analyse av grunnvannskvalitet fra 1930 (10-15.000 analyser).

Badevannskvalitet er gjenstand for regelmessig overvåking (*E. coli*) på vel 1000 stasjoner i både ferskvann og saltvann.

Innenfor EF's miljøhandlingsprogram planlegges målinger vedrørende forskjellig bruk av vann. Bl.a. vil det bli stilt krav til regelmessige kvalitetsovervåking av overflatevann til drikkevannsforsyning. Programmet er delvis påbegynt allerede (6 innsjøer), og omfatter månedlige observasjoner av for det meste fysisk/kjemiske målevariable foruten telling av planteplankton.

Siden 1961 er det 2 ganger pr. år foretatt målinger av radioaktivitet (Sr 90, Ce 137) på et antall grunnvannsstasjoner, elver og innsjøer.

Klorerte hydrokarboner i konsumfisk har vært undersøkt i 1969-71 og igjen i 1973-75.

I tillegg kan nevnes en del større prosjekter av regional karakter (Fyns Amtskommunes overvåking av vannkvalitet og næringssalttransport siden 1976, Sund- og Beltprosjektet fra 1974).

3.2 Finland

Det vesentlige av overvåkingsvirksomheten utøves av Vattenstyrelsen og dens distriktsavdelinger.

Kvaliteten av regnvann registreres på ca. 50 stasjoner.

Overflatevannkvalitet (kjemiske hovedkomponenter BOF_7 og indikatorer på fækal forurensning) overvåkes i munningsområdet av ca. 190 elver og på dypeste punkt i ca. 160 innsjøer. Disse programmene har gått siden henholdsvis 1961 (elver) og 1965, med noe økende omfang etter hvert. Prøvetakingsfrekvenser er 4 ganger pr. år i elvene og 2 ganger pr. år (i slutten av mars og i august) i innsjøene.

Markvann og grunnvann undersøkes med hensyn til mengde og kvalitet på ca. 50 stasjoner. Prosjektet har gått siden 1974 og omfatter grunnvannsbassenger i forskjellige typer av områder.

Observasjoner utføres ved kysten (10 områder) og en gang pr. vinter ved 25 faste havstasjoner. Havforskningsinstituttets virksomhet gjelder primært havområdene og den isfrie perioden.

Kontroll av utslipp og avløp fra renseanlegg, samt resipientkontroll finner sted enten ved konsesjonsinnehaver eller Vattendistriktene etter instruks fra Vattenstyrelsen.

Analysedata samles i et sentralt vannkvalitetsregister.

Hvert 3-5 år inventeres primærproduksjonen i innsjøer over 10 km^2 .

Dypfrosne vannprøver (hittil 50.000) lagres med henblikk på fremtidig bedømmelse av vannkvalitetsforandringer.

Av mer begrensede undersøkelser kan nevnes overvåkingen i vassdrag som er felles med naboland, og registreringen av vannkvalitet i et 30-talls små avrenningsområder.

Kvalitetsovervåking ved automatisk registrerende instrumenter er tatt i bruk på en del stasjoner.

3.3 Norge

Det er foreløpig ingen samordnet, landsomfattende overvåking av vannkvalitet, men forskjellige institusjoner driver til dels omfattende virksomhet av overvåkingskarakter.

Større vannverk er pålagt kontroll av bakterieinnhold og analyse på ca. 15 kjemiske hovedkomponenter. Data lagres sentralt av helsemyndighetene. På en del vannverk er det også daglig driftskontroll ved filtrering av vann og oppbevaring av sestonfiltere.

Forskjellige institusjoner har regelmessige observasjoner av grunnvannskvalitet for ulike formål. Særlig Norges Geologiske Undersøkelse har en del data fra lang tids observasjon av faste stasjoner.

Innen rammen av Oslo-konvensjonen er det utført baseline studier i Nordsjøen og det Nordøstre Atlanterhav av bl.a. metaller og organiske miljøgifter i fisk og skalldyr. Havforskningsinstituttet har også 5 faste snittmed registrering av bl.a. primærproduksjon, fiskeegg, larver, oljeklumper, oppløste hydrokarboner o.a.

Prosjektet Sur Nedbørs virkninger på Skog og Fisk har gjennom noen år hatt faste stasjoner for registrering av nedbørskvalitet. Dessuten er det foretatt gjentatte inventeringer med hensyn til overflatevannkvalitet og den kjemiske sammensetningen av snø.

I en del elver, innsjøer og fjorder er vannkvalitet, organismsamfunn, forekomst av miljøgifter og hygieniske forhold gjenstand for overvåkingsundersøkelser av vekslende omfang.

På enkelte sterkt belastede lokaliteter har metaller og organiske miljøgifter i fisk vært undersøkt gjennom flere år.

Pilotprosjekter er i gang innen det planlagte nasjonale overvåkingsprogram for ferskvann og fjorder. Fylkeslaboratorier er under oppbygging, og kontroll av vannanalyserende laboratoriers kompetanse skjer ved interkalibreringsrutiner.

Norges Geologiske Undersøkelse og samarbeidende institusjoner planlegger å opprette et landsomfattende nett for observasjon av grunnvannsmengde og -kvalitet. Opplegget vil stort sett bli som det tilsvarende i Sverige.

I forbindelse med oljeutvinningen i Nordsjøen er det under oppstarting et forsknings- og overvåkingsprogram vedrørende havforurensninger.

En normgivende driftsinstruks for renseanlegg er under utarbeidelse, omfattende bl.a. retningslinjer for utslippskontroll.

3.4 Sverige

En lang rekke utslippsbelastede vannforekomster underkastes regelmessig resipientkontroll i følge Miljöskyddlagen. Det samme gjelder forurensede utslipp. Eksempler er undersøkelsene i kystvann berørt av varmekraftverk, Naturvårdsverkets RR-undersøkning og øvrige, ofte regionale resipientkontrollstudier langs kysten og i ferskvann.

Sveriges geologiska undersökning har fra slutten av 1960-årene hatt i gang vannkvalitetsstudier på et nett av grunnvannsstasjoner.

Det har i noen år vært i drift et vannkjemisk observasjonsnett for innsamling av grunnlagdata fra viktigere vassdrag.

I samarbeid med kystvakten er det innen rammen av forskningsprosjekter foretatt observasjoner av hydrografi (og oksygen og fosforinnhold) på vel 20 stasjoner. Langsiktige forskningsprosjekter drives i samarbeid med Finland og Danmark i Østersjøen og Kattegat.

Miljøgifter i vann og akvatiske organismer har vært studert ved flere større undersøkelser, til dels av overvåkingskarakter.

Under overoppsyn av lensstyrelsene drives en omfattende egenkontroll av utslipp og renseanleggs effektivitet.

For tiden er det under planlegging et integrert program for overvåking av miljøkvalitet, omfattende luft, vann og jord. På vannsiden foreslås bl.a. et 50-talls grunnvannsstasjoner, 50-100 elvestasjoner, overvåking av flere stasjoner i de fire største innsjøene og et utvalg på 10 middelstore og vel 50 små innsjøer. Dertil foreslås årlig inventering av ca. 200 innsjøer. Hovedvekten er på vannkjemí, men i innsjøene foreslås også observasjoner av klorofyll og planteplankton.

4. PRINSIPPIELLE VURDERINGER

Programmer for overvåkingen av vannressurser bør ta utgangspunkt i analyse av informasjonsbehovet hos ulike brukere av resultatene og almen-heten. Overvåkingen skal tjene forskjellige formål (kfr. kap. 2), og det er nødvendig at disse kan tilgodeses innen samme program.

Dette krever høy grad av koordinering mellom ulike etater og institusjoner som enten deltar i gjennomføringen av overvåkingsprogrammet eller forestår innsamling av basisdata som behøves for å bedømme resultatene. Viktige eksempler på slike basisdata er nedbørmengder og vannføring, samt beskrivelser av naturforhold og aktiviteter i de aktuelle nedbørfelter. Helsemyndighetenes kontroll av råvann til vannverk kan også nevnes.

Vannressursenes tilstand henger på mange vis sammen med prosesser i luft og jord. Slik sett er det ønskelig med delvis samordning også med disse sider av miljøovervåking.

Overvåkingen vil skje på lokalt, regionalt, nasjonalt og internasjonalt nivå. Forvaltningsmyndighetene på de ulike plan vil som oftest være interessert i samme type av informasjoner (forurensningsbudsjetter, utviklingstendenser). Programmene vil derfor inneholde i prinsippet de samme elementer på alle nivåer. Det statlige overvåkingsprogram bør derfor til en viss grad være retningsgivende for regionale og lokale programmer og samordnes med disse for å unngå dobbeltarbeid.

Eksempelvis ville det være meningsløst om man på fylkeskommunenivå (läns-, amtsnivå) utførte kartlegging av forurensningstilførsler på en måte som ikke var sammenlignbar med statlige organers beregninger. Likeledes kan en kommune være primært interessert i å overvåke tilstanden i den delen av en stor innsjø som brukes til drikkevannsforsyning. Staten kan på sin side være interessert i hele innsjøens tilstand fordi den representerer en nasjonal ressurs. Skal de to overvåkingsprogrammer gi sammenlignbare resultater og gjensidig befrukte hverandre, må det benyttes samme målevariable og helst identiske metoder.

Ideelt sett burde data fra overvåkingsundersøkelsene bli rapportert på noe forskjellig vis, avhengig av interesserte parter informasjonsbehov og kompetanse. De mangeartede behov gjør dette bare i begrenset grad mulig. Men det bør være et minstekrav at det skapes et system hvor rådata er lett tilgjengelig for bearbeidelse i ønsket retning.

Det som er sagt i det foregående, tyder sterkt i retning av at man får et statlig, sentralisert opplegg. Frem for alt må sentralmyndighetene sørge for at statlige institusjoners virksomhet blir samordnet. Ikke mindre viktig er det at man på landsbasis sørger for at det blir benyttet i det minste sammenlignbare, og helst ensartede metoder. Nasjonale overvåkingsprogrammer må få karakter av tilbud til lokalmyndighetene, og lokale overvåkingsprogrammer må kunne kobles på det statlige opplegget. Sentrale, regionale og eventuelle lokale vanndataarkiver bør bygges opp etter en felles standard. Det vil være mye å spare ved at standardformatene i systemet for lagring og presentasjon av data utvikles og vedlikeholdes av en sentral instans.

Informasjonsbehov, koordineringsmuligheter og datasystemer er nøkkelord i et problemkompleks der systemanalytikere muligens burde ha en overordnet funksjon ved utarbeidelsen av overvåkingsprogrammene på ulike plan.

Det antas at de nordiske land i hovedsaken må bygge opp sin egen struktur og egne systemer. På den annen side vil det være gevinster å hente ved avtaler om i hvert fall en viss grad av nordisk standardisering. Til dels skjer dette allerede gjennom samarbeidet innenfor internasjonale konvensjoner (eksempelvis Oslo-konvensjonen mot dumping) eller gjennom egne avtaler for overvåkingen av vassdrag som renner gjennom to naboland. Mer generelt nordisk samarbeid er allerede i gang på flere felter. Utenom det som fremgår av kap.5.1 kan nevnes spørsmålet om etablering av en nordisk miljøprøvebank (kap.8).

5. FOU-OPPGAVER

I det alt vesentlige er metodene som brukes ved overvåkingsstudier et utvalg av slike som ellers benyttes ved undersøkelser i vann. Relativt få problemer er spesifikke for overvåkingsundersøkelser. For en del overvåkingsformål kan det være tilstrekkelig med mindre krav til nøyaktighet. Det vil da kunne være aktuelt med bruk av særskilt metodikk i overvåkingsøyemed. Dette er imidlertid spesialtilfeller, og den følgende gjennomgåelse er derfor ikke innskrenket til FOU-oppgaver som utelukkende eller hovedsakelig har relevans for overvåking.

Som nevnt er de tre overordnede målsettingene med overvåking følgende:

- Beskrivelse av utviklingstendenser eller forandringer over tid.
- Data for beregning av forurensningstransport.
- Referansedata ("bakgrunnsverdier") for sammenligningsformål.

I alle tilfeller dreier det seg om virksomhet med statistisk karakter. Observasjonsprogrammene bør derfor legges opp på grunnlag av statistiske vurderinger av variasjonsområdet og variasjonsmønsteret for de målevariable. I praksis har antall stasjoner, tidspunkter og observasjonshyppighet ofte vært bestemt skjønnsmessig eller ut fra praktiske begrensninger (økonomi, kapasitet). Her foreligger et åpenbart FOU-behov.

Kunnskapene om naturlig betingede variasjoner bør følgelig forbedres for at overvåkingen skal oppfylle sin hensikt. Det gjelder såvel sesongvariasjoner som variasjoner fra år til år og langperiodiske svingninger. For en og samme egenskap kan det også være vesentlige ulikheter i variasjonsmønsteret fra sted til sted. Likevel ville det være av stor verdi om man gjennom statistisk analyse av publiserte data kunne komme frem til anbefalte retningslinjer for observasjonsfrekvens for visse nøkkelparametere i nedbør og ulike typer av elver, innsjøer og fjorder. (Problemet er antagelig noe mindre for grunnvann.) For tiden synes det som nevnt usikkert om statistiske kunnskaper blir tatt tilstrekkelig hensyn til i praksis. Blant målevariable som slike analyser bør gjøres for, kan nevnes:

Klorofyll, organisk stoff, totalfosfor, totalnitrogen, oksygen, siktedyp, utbredte og særlig skadelige metaller (kvikksølv, kadmium, bly, kobber, sink, evt. andre), pH, alkalitet, sulfat. (Det kunne selvsagt nevnes flere, men i første omgang er det viktigst å få dette utredet for tradisjonelle parametre som vil bli benyttet i trend-og transportstudier. Det stiller seg annerledes hvis det blir lagt en hovedvekt på å fremskaffe data om naturlig vannkvalitet (referanseverdier).)

For å takle problemet med statistisk signifikans av data vedrørende kvalitet er det viktig å få i stand en samordning av kvalitetsovervåkingen med de kvantitative undersøkelser som har foregått på omfattende stasjonsnett gjennom lang tid (nedbør, snømengde, vannføring, grunnvannstand, innsjøvannstand, temperatur).

5.1 Igangværende innen NORDFORSK

(ved Bjørn Federley)

Symposier

De nordiske symposiene om vannforskning har vært arrangert siden 1965. Ifølge beslutning av NORDFORSKs nämnd för miljövårdsteknik og komitéen för vattenvård ved et fellesmøte 2/9 1977, bør man forsøke å innordne kommende symposier under temaet overvåking.

Komitéen för vattenvård har i prinsippet besluttet at det 14. symposiet skal behandle toxicitetstester.

Vannanalyse

Samarbeidet om vannanalyse innen NORDFORSK har pågått siden 1968. Arbeidet har resultert i 11 NORDFORSK-rapporter som omfatter interkalibreringer av ulike metoder for analyse av vannparametre, sediment og slam. De metodeforslag som interkalibreringene ledet til, har også ligget til grunn for det nordiske standardiseringsarbeidet.

NORDFORSKs forsøk på å konsentrere sine ressurser på større prosjekter har ført til at man har undersøkt mulighetene for å overføre dette samarbeidet til en annen hovedinstans. En frigjøring fra NORDFORSK er imidlertid utsatt i påvente av en eventuell tilpassing av prosjektet innen et overvåkingsprogram.

Eutrofieringsforskning

Den hovedsakelige oppgaven innen prosjektet har vært koordineringen av den nordiske innsatsen i OECD-prosjektet "Monitoring of Inland Waters". Dette prosjektet avsluttes i hovedsaken i 1977. Ved siden av dette har man arbeidet med algetester og interkalibrering av klorofyllmålingsmetoder samt bragt frem materiale om kommunal resipientkontroll og dokumentering av rensetekniske tiltaks effekter på resipienter.

De sistnevnte aktiviteter synes å være vel egnede utgangspunkter for en eutrofieringsforskningsdel innen et kommende nordisk overvåkingsprogram.

Vannkvalitetsmodeller

En utredning om mulighetene for et NORDFORSK-prosjekt om vannkvalitetsmodeller er blitt utført av VKI (Vandkvalitetsinstituttet). Denne utredningen tyder på at det foreligger interesse for nordisk samarbeide, spesielt om eutrofieringsmodeller. Det er imidlertid konstatert at et NORDFORSK-prosjekt ifølge AC^x-modellen vanskelig kan etableres.

Modellvirksomheten er imidlertid en viktig del av overvåknings- og kontrollvirksomheten, og de forslag til samarbeide innen NORDFORSK som gjøres i utredningen, kan kanskje realiseres i et overvåkingsprogram.

Toxicitetstester

Et initieringsprosjekt om toxicitetstester er påbegynt innen NORDFORSK. En planleggingsgruppe er nedsatt, og medlemmene i den utgjør samtidig nasjonale koordinatører med oppgaven å kartlegge toxicitetstestforskningen i de respektive land. Dette tema kan kanskje lede til et separat AC-prosjekt, som imidlertid ikke hindrer at prosjektet trekkes inn i et overvåkingsprogram.

^x AC = Action concerté

5.2 Oppgaver knyttet til forskjellige kategorier av vannforekomster

En del problemer er mer eller mindre spesifikke for de forskjellige former vann opptrer i. Det gjelder bl.a. observasjonenes representativitet i rom og tid, dessuten arten av nødvendige tilleggsinformasjoner for å vurdere overvåkingsprogrammets resultater.

5.2.1 Grunnlagsdata

Med dette menes informasjoner som ikke selv gir uttrykk for vannkvalitet eller forurensningsgrad, men som er nødvendige for å kunne vurdere overvåkingsundersøkelsenes resultater.

Eksempler på dette kan være:

- Geologi, plantedekke, arealutnyttelse og virksomhet i et nedbørfelt.
- Klimatiske og meteorologiske forhold (vind, luft- og vanntemperatur, nedbørmengde, tilrenning, lys, vekstperiodens lengde).
- Fysiske, fysikalske og kjemiske faktorer (vannføring, vannstand, tidevannsamplitude, strøm, temperatur, saltinnhold, lagdeling, sirkulasjonsperioder, is, suspendert materiale, lysintensitet, ioneballanse, oksygeninnhold, redokspotensial, chelaterende substanser).
- Morfometriske og dermed sammenhengende forhold (overflateareal, maksimaldyp, middeldyp, terskeldyp (fjord), oppdeling i atskilte bassenger, tilrenning, teoretisk oppholdstid (innsjøer), frekvens og omfang av dypvannsutskifting (fjord), oppholdstiden til det eufotiske laget).

Langt fra alt dette er det aktuelt å ha opplysninger om i alle tilfeller. Videre berører en her generelle og dyptgripende problemer som i det vesentlige må bearbeides uavhengig av overvåking. Det er imidlertid viktig å gjøre brukerne av overvåkingsresultater oppmerksomme på den begrensning som ligger i mangelfull viten om grunnleggende faktorer. Overvåkingen har til oppgave å isolere effektene av sivilisatorisk påvirkning fra naturbetingede forhold, deriblant slike som nevnt ovenfor, sesongvekslinger, årsvariasjoner og svingninger med lengre periode.

I alminnelighet vil den relative betydning av naturbetingede forhold være størst ved liten sivilisatorisk påvirkning. Det vil si at vanskelighetene i relasjon til overvåking særlig spiller inn i forbindelse med referansedatafunksjonen og tidlig varsling av uønskede utviklingstendenser i forholdsvis uberørte vannressurser. Overvåkingsprogrammet kan gi interesseløse resultater hvis man ikke har tilstrekkelig kunnskaper om naturgitte årsaksforhold.

Hvilke og hvor omfattende basisdata som trenges må bedømmes ut fra de enkelte overvåkingsobjekter og de spørsmål overvåkingsprogrammet skal belyse. Her kan man tenke seg mange lokale, forskningsbetonede undersøkelser, hvor resultatene vil være mer eller mindre overførbare til andre steder. Vanskeligere er det å formulere utrednings- eller forskningsoppgaver av åpenbar almengyldig interesse.

Det er mulig at det ville være formålstjenelig å utrede retningslinjer for innsamling (og evt. presentasjon) av basisdata for ulike kategorier av vannforskoster (nedbør, grunnvannsreservoarer, elver, innsjøer, fjorder og underkategorier av disse). Formålet ville være å sikre at overvåkingsundersøkelser ble foretatt innenfor en definert referanseramme, og at dette grunnlaget var noenlunde enhetlig for hver av de nevnte typer av undersøkelsesobjekter. Dette har vel likevel størst interesse innenfor den enkelte nasjonale eller lokale forvaltningsinstans.

5.2.2 Nedbør og tørravsetninger

Nedbør og tørravsetninger overvåkes primært på grunn av mistanke om forurensning, dernest ut fra muligheten for fjerntransport av metaller og organiske miljøgifter. Innholdet av gjødselstoffer (fosfor- og nitrogenforbindelser kan muligens også ha betydning.

Å få representative nedbør- og tørravsetningsdata er forbundet med betydelige tekniske og praktiske vanskeligheter. Det gjelder særlig den kjemiske sammensetningen, men for tørravsetninger også mengden.

Dels dreier problemet seg om prøveinnsamlingsteknikk, dels om representativiteten av stasjonsdata for større arealer. Sistnevnte problem kan

muligens belyses gjennom analyse av eksisterende nedbør- og tørravsetningsdata. Målet vil være å finne det optimale antall og plasseringen av stasjoner for representativ dekning av et område. Fortrinnsvis kan slikt gjøres for spesielt interessante områder (forurensningsutsatte og/eller ømfintlige). Det antas at dette også bør kunne lede til et samarbeide om nedbørstasjoner mellom i hvert fall Finland, Sverige og Norge. En metode for å finne representativiteten er å innlede regional overvåking med et relativt tett observasjonsnett. Etter et par år vil enkeltstasjoners representativitet for større områder kunne bedømmes, og innskrenkinger foretas i stasjonsnettet.

Kjemiske undersøkelser av smeltet snø gir et bilde av nedbørens egenskaper og belastningen over et tidsrom. Det er likevel noe usikkert i hvilken grad den kjemiske karakteren til smeltevannet avhenger av snøens forhistorie; f.eks. perioder med mildvær og regn, som kan tenkes å frakte forurensninger nedover i snøprofilen, og eventueltvekk på undersiden av snøen.

Nedbørdata må vurderes i relasjon til storstilte variasjoner i luftmassenes bevegelser. Det vil være en viktig forsknings- og utviklingsoppgave å få et statistisk grunnlag for å trekke ut variasjoner som skyldes slike forhold.

5.2.3 Markvann og grunnvann

Markvannets kvalitet spiller en noe omdiskutert rolle i forbindelse med effektene av forsurening. Om våren vil avrenningsvannets surhetsgrad bl.a. avhenge av graden av kontakt med vegetasjon og løsavsetninger.

Liten kontakt mellom vann og mark, manglende nøytralisering, og resulterende sjokkbelastning med surt vann har vært fremmet som forklaring på fiskedød. Videre forskning på markvannets karakter, særlig under smelteperioder, er derfor ønskelig i relasjon til å kunne detaljere årsakssammenhenger ved påvisning av reduserte fiskebestander.

Grunnvannets naturlige egenskaper er i vesentlig grad knyttet til grunnens beskaffenhet (type fjell eller løsavsetninger), dessuten til klimatiske forhold. Vannkvalitetens variasjon eller stabilitet vil henge

sammen med reservoarets størrelse og kontakten med overflatevann. Ved overvåkingsundersøkelser vil det være en viktig oppgave å klassifisere reservoartypene og sikre representasjon av de viktigste blant dem.

Prøvetakingsfrekvensen vil i første rekke bero på grunnvannets omsetningstid. Frekvensen kan være lavere i store magasiner med lang oppholdstid (stabil kvalitet). Forhold som dette bør utredes for de ulike reservoarkategorier.

For overvåkingsøyemed vil det være viktigst å følge med i grunnvannsreservoarer som

- er viktige eller potensielle vannforsyningskilder.
- spiller en betydelig rolle for kvaliteten av vann i vassdrag som overvåkes.
- er spesielt utsatt og/eller ømfintlig for sivilisatorisk påvirkning.

I en viss grad må man imidlertid også sikre bakgrunnsverdier fra representative reservoartyper.

I reservoarer med lang oppholdstid må man som nevnt vente stabil kjemisk sammensetning. Analyse av korrelasjonen mellom ulike målevariable vil kunne belyse muligheten av å forenkle analyseopplegget.

5.2.4 Elver

Overvåkingen i elver er spesielt vanskelig fordi vannkvaliteten av naturlige grunner er underkastet betydelige og til dels hurtige variasjoner. Mønsteret i disse variasjoner vil være individuelle. Et flertall elver bør likevel kunne tilordnes et begrenset antall kategorier med noenlunde likeartet variasjonsmønster. Her foreligger det en utredningsoppgave som i hvert fall til dels måtte kunne utføres på grunnlag av eksisterende informasjon om nedbørforhold, vannføringsvariasjoner, grunnvannstilsig, naturforhold og virksomhet i nedbørfeltet; eventuelt også vannhygieniske data.

Som forskningstema er dette bl.a. under bearbeidelse innenfor det Internasjonale Hydrologiske Program (for små avrenningsområders vedkommende).

En slik klassifisering av elver vil være det første skritt i en utvikling av modeller for beskrivelse av vannkvalitet som funksjon av naturlige forhold og menneskelig aktivitet.

Programmer for elveovervåking vil i større grad enn for andre vannforekomster være avhengig av hvilken av overvåkingsprogrammets delfunksjoner det legges mest vekt på. Hvis man f.eks. primært er interessert i transport av forurensende stoffer, må prøvetakingshyppigheten økes under flomperioder. Er man derimot mest ute etter å overvåke konsentrasjoner, vil forholdene ved lavvannføring ofte være mest kritisk. Dette er således ytterligere eksempler på behovet for å utrede (forske på) optimal prøvetakingsfrekvens i vassdrag av forskjellig type og i relasjon til forskjellige formål.

Trendstudier er enklest gjennomførbare i de deler av et vassdrag der det ventes vesentlige forandringer i forurensningsbelastningen eller i områder som primært påvirkes av diffuse kilder (fjerntransport). Sur nedbør (og man må anta metallnedfall) vil først påvirke høylandsdelene av vassdrag. Årsaken er at det generelt blir mindre av løsavsetninger og vegetasjon jo høyere man kommer. På den annen side kan de viktigste fiske- og andre rekreasjonsintereser være knyttet til de nedre delene. Man kan videre mistenke at det vil kreve høyere observasjonsfrekvens i lavtliggende elveavsnitt for å kunne få pålitelige forsureningstrender. Dette er i så fall også et forsknings- og/eller utredningstema.

Også for biologiske studieobjekter trengs statistiske analyser av observasjonstidspunktene representativitet. Mens sesongvariasjonene for forekomsten av f.eks. insektlarver i vassdrag er rimelig godt kjent, er ikke dette tilfellet i samme grad når det gjelder en annen viktig indikatorgruppe: begroingsalger (perifyton). Selv om det sikkert er et forskningsbehov for å få klarlagt algenes sesongvariasjon, bør verdifulle retningslinjer kunne resultere av en utredning basert på eksisterende litteratur.

Sjokkvirkningen av sur nedbør er knyttet til regnskyll eller snøsmelting; dessuten mest utpreget i vassdrag og innsjøer der man har kombinasjonen av sur nedbør og hard, kalkfattig berggrunn sammen med skrint jordsmonn og lite vegetasjon. I overvåkingsøyemed har det stor interesse

å fange opp slike sjokkeffekter. I den grad det ikke allerede er klart, bør det utredes/utforskes hvilke områder som er mest ømfintlige/utsatt, dertil innen hvilke tidsrom (smelteperioder) som det er mest aktuelt å konsentrere observasjonene.

Ved tradisjonelle belastningsberegninger uttrykkes forurensningen med lett nedbrytbart organisk stoff ved biokjemisk oksygenforbruk (BOF). Det er ikke kjent i hvilken grad BOF i naturlig elvevann er undersøkt i Norden, men muligens er det her en forskningsoppgave som bør ses nærmere på i forbindelse med belastningsbudsjetter for innsjøer og fjorder.

5.2.5 Innsjøer

Ulike innsjøer har vidt forskjellig teoretisk oppholdstid for vannet. Likeledes må andre naturlige forhold tas i betraktning ved fastleggelse av observasjoner i rom og tid (kfr. pkt. 5.2.1). Til en viss grad gjelder det samme for bestemmelse av målevariable. F.eks. vil endringer med hensyn til vannets surhetsgrad og bufferegenskaper i regelen vanskeligere kunne skje i store lavlandssjøer enn i høytliggende innsjøer med små nedbørfelter.

Stasjonenes representativitet i rommet vil bl.a. bero på innsjøbassengets utforming, strømningsmønster og andre stedegne forhold, herunder punktkilder for forurensning.

Imidlertid lar innsjøer seg gruppere i en del typer som er tilnærmet likeartet i en eller flere henseende (lavlandssjøer, skogsjøer, fjellsjøer, myrsjøer, kystsjøer, innlandssjøer; etter oppholdstid, middeldyp, sirkulasjonsperiodens varighet, graden av humuspåvirkning, næringssaltinnhold, vannets bufferegenskaper o.a.). Det er om å gjøre at et overvåkingsprogram innbefatter alle hovedkategoriene. Store innsjøer vil i hovedsaken og fra naturens side ligne mer på hverandre enn på små innsjøer, der den innbyrdes forskjell også er mer utpreget.

Man kan si at både prøvetakingstidspunkter, frekvens, prøvedyp (og til en viss grad parametervalg) influeres av hvilken innsjøkategori man står overfor. I noen grad er det således et alminnelig behov for innsjøklassifisering. En rasjonaliseringsgevinst skulle eventuelt ta form av alment (innen vedkommende innsjøkategori) anvendelige retningslinjer for over-

våkingsobservasjoner. (Retningslinjene vil givetvis variere med overvåkingsens siktemål, som derfor måtte presiseres).

En angrepsmåte for å nå frem til slike retningslinjer ville det være å analysere hvor mye informasjon man fikk ved ulike overvåkingsopplegg. Eksempelvis kunne man for oksygeninnholdets vedkommende jevnføre det å ha observasjoner fra slutten av vinterstagnasjonen med å ha data fra begge stagnasjonsperiodene. På samme måte kunne næringssaltinnholdet karakteriseres ved eksempelvis observasjoner etter vårsirkulasjonen versus 4-6 observasjonsserier som dekket både stagnasjons- og sirkulasjonsperiodene.

Tilsvarende undersøkelser (eller utredninger basert på eksisterende data) er aktuelle for andre målevariabale.

I praksis er situasjonen den at en rekke forskjellige opplegg kan tenkes for å beskrive samme fenomen. Så lenge det er et skjønsspørsmål hva som vil være mest formålstjenelig, er den viktigste begrunnelsen for enhetlige undersøkelser at dette letter jevnføringen mellom ulike innsjølokaliteter og muliggjør en standardisert bearbeidelse og rapportering.

I de siste år er det tatt i bruk forskjellige modeller for å beskrive innsjøens eutrofieringsgrad. Den mest kjente er Vollenweiders diagram, der den årlige fosforbelastningen pr. m² er plottet på log/log skala mot forholdet mellom middeldyp og midlere teoretisk oppholdstid. Dette er en erfaringsmodell som i hovedsaken er basert på observerte tilstander i relativt store innsjøer. I en senere modell (Dillon) er det også tatt hensyn til den årlige uttransport av fosfor.

Det er et stort behov for:

- utprøving av ovennevnte modeller, især på små innsjøer eller innsjøer med høy gjennomstrømning.
- utvikling av modeller der eutrofieringsgraden blir kvantitativt beskrevet ved en eller flere størrelser (primærproduksjon, klorofyllinnhold, oksygenforhold, siktedyp, etc.) og satt i sammenheng med belastningen og andre styringsvariable (Disse dynamiske modeller har også vært under utvikling i de nordiske land i de senere år; jfr. NORDFORSKs utredning om modeller.)

Det kan også tenkes utvikling av tilsvarende modeller som Vollenweiders, men der det brukes alternative kriterier for ømfintlighet enn middeldyp/teoretisk totaloppholdstid (eksempelvis oppholdstiden av det produktive laget).

Blant andre aktuelle FOU-oppgaver kan nevnes:

- Sammenhengen mellom vindforhold under vekstsesongen og innsjøtilstand beskrevet ved f.eks. klorofyllinnhold, primærproduksjon, siktedyp.
- Vanntemperaturens innflytelse på forekomst og intensitet av vannblomst av ulike planteplanktonarter og for forskjellige innsjøkategorier.
- Sammenhengen mellom mengden av ferskvannstilførsel (overflatevannets oppholdstid) og forskjellige tilstandvariable.
- Undersøkelser av kortperiodiske variasjoner i planteplanktonmengde (klorofyllinnhold) med henblikk på retningslinjer for optimal prøvetakingsfrekvens.

5.2.6 Estuarer, fjorder og kystfarvann

I likhet med de tidligere kategoriene av vannforekomster er alle typer av representativitetsstudier og -analyser aktuelle for brakkvanns- og saltvannslokaliteter. I særlig grad må det pekes på dette behovet i relasjon til saltholdighet og oksygeninnhold.

Saltholdighetsvariasjonene er avgjørende for sammensetningen av plante- og dyresamfunn. I praksis er det en tilbakevendende vanskelighet å skille resultatene av saltholdighetsstress fra virkningene av andre påkjenninger. Eksempelvis gir både et ugunstig osmotisk miljø og en rekke sivilisatoriske påvirkninger hver for seg en generell reduksjon i antall arter av større planter og dyr. Samtidig skjer en forskyvning mot relativ dominans av oportunistiske arter (med vid toleranse overfor de viktigste miljøfaktorer). Et spesialtilfelle er den skinneutrofiering som ofte kan observeres på brakkvannslokaliteter, i form av sterk begroing med et mindre antall arter av fastsittende alger i fjæra og på grunt vann. Hovedårsaken er antagelig disse algearters høye toleranse overfor lav eller sterkt vekslende saltholdighet, kombinert med at de fleste beitedyrene ikke er like tilpasningsdyktige.

Av dette følger at kunnskaper om brakkvannsarters saltholdighetstoleranse er ubetinget nødvendig for å kunne benytte biologiske kriterier ved overvåkingsstudier i estuarer og fjorder. Slike kunnskaper er fremdeles mangelfulle. Selv om dette ikke er et spesifikt overvåkingsproblem, er det særdeles relevant for overvåkingsundersøkelser. Det er derfor ønskelig med en kraftinnsats. I form av litteraturredusjoner bør det gis en oppsummering av hva man vet om de aktuelle artenes saltholdighetstoleranse. Det må antas at det fra slike rapporter vil utkrystallisere seg flere viktige forskningsoppgaver.

En del terskelfjorder har periodisk eller permanent råttent dypvann av overveiende naturlige årsaker (morfometrisk betinget dårlig vannutskifting). I andre slike fjorder skyldes de dårlige oksygenforholdene en kombinasjon av naturgitte forhold og sterk belastning med organisk materiale og/eller næringsalter. Man er i dag langt fra å kunne kvantifisere den relative betydning av de to hovedårsaker. Utvikling av oksygenbudsjetter for terskelfjorder er derfor en meget aktuell forskningsoppgave.

Enkelt uttrykt er man ute etter en slags "Vollenweidermodell" for delvis avstengte fjordbassenger, der tilstanden er karakterisert ved oksygenforholdene i dypvannet. Modellen må åpenbart ta hensyn til en rekke forhold som er særegne for den enkelte fjord (ferskvannstilførsel, lagdelingsmønster, terskeldyp, hyppighet og omfang av dypvannsutskifting, belastning etc.). Det er således en risiko for at det ikke lar seg utvikle noen almengyldig modell som er tilstrekkelig enkel for anvendelse i praksis. En slik konklusjon ville imidlertid være et viktig resultat i seg selv.

Fremstilling av oksygenbudsjetter rører ved totalomsetningen av stoff og energi i fjorder. Det er f.eks. mulig at man som et nødvendig skritt på veien må utvikle næringssaltbudsjetter.

Innen de ovennevnte problemområder har det foregått et større utviklingsarbeide i de nordiske land (dynamiske modeller for eutrofierings- og oksygenforhold). Dette arbeidet kan man bygge videre på.

På grunn av ulike løselighetsforhold vil metaller i sjøvann og fjordsedimenter opptre i noe forskjellig konsentrasjon og tilstandsform i oksiske versus anoksiske miljøer. Kjennskap til naturlige bakgrunnsverdier er viktig i overvåkingsammenheng. Særlig i naturlig anoksiske bassenger har man liten viten om variasjonsområdet for bakgrunnsverdier av metaller. Dette vil være en faglig anstøtsten ved vurderingen av eksisterende belastningsnivåer og utviklingstendenser i metallbelastede fjorder.

Vanskeligheten vil bli spesielt tydelig hvis man samtidig kan forvente bedre oksygenforhold som resultat av redusert tilførsel av organisk stoff og næringssalter.

Bunnvannskvaliteten i terskelfjorder er i avgjørende grad beroende på hyppigheten og omfanget av dypvannsutskiftning. Brå og markerte forandringer finner sted for en rekke miljøvariable ved terskeloverskylling og dypvannsfornyelse. For påvisning av utviklingstendenser er det derfor maktpåliggende å forstå mekanismene som regulerer utskiftningen. I hvert fall for øst- og sørnorske fjorder er det indikasjoner på sammenheng med storstilte meteorologiske og hydrografiske forhold i Østersjøen, Kattegat og Skagerrak. En nærmere utforskning av disse forhold vil egne seg for et fellesnordisk prosjekt.

I sammenheng med dette må det nevnes at det er et alminnelig behov for statistisk analyse og forskning med hensyn til variasjonsmønsteret for prosesser som er avgjørende for vannbevegelse (ferskvannstilførsel, vind, lufttrykk, vannstandsveksling). Slike analyser utgjør grunnlaget for å vurdere nødvendig observasjonslengde og -hyppighet for å få representative data om strøm og transport. Til dels kan forholdet belyses gjennom utredningsoppgaver (gjennomgang av eksisterende data), men i hovedsaken dreier det seg om forskningsorienterte oppgaver. Problemet har bl.a stor relevans ved vurderingen av behovet for bruk av automatisk registrerende instrumenter (for temperatur, saltholdighet, oksygen og strøm).

Det er en alminnelig erfaring at artsutvalget av fastsittende alger avtar innover i en fjord. Samtidig minsker nedre dybdegrense for sammenhengende vegetasjon. Flere forhold ligger til grunn for dette (lavere og mer vekslende saltholdighet, generelt dårligere vannutveksling, nedslamming, ugunstigere lysforhold). Nedre grense for algevekst er til dels forsøkt brukt som forurensningskriterium, særlig i forbindelse med eutrofiering. Til grunn for dette ligger en antagelse om at de gjennomsnittelige lysforhold spiller en avgjørende rolle for nedergrensen (og det forhold at overgjødning vanligvis gir redusert lys på grunn av tettere planteplanktonbestander). Det er likevel mange usikkerhetsfaktorer (bl.a. substratforhold og beiting). Spørsmålet om nedre grense for algevekst er brukbar som indikator kan neppe besvares uten eksperimentelle feltundersøkelser.

Forekomsten av bl.a. matnyttige fisk og skalldyr er avhengig av fjordvannets oksygeninnhold. Imidlertid et det relativt spinkelt med eksakte kunnskaper om viktige arters (bl.a. rekens) krav til oksygenmiljøet. Slik viten er sterkt ønskelig i forbindelse med ofte forekommende spekulasjoner over årsakene til tilbakegang i fiske. Det er mulig at det her foreligger et til dels undervurdert forskningsfelt.

Fullt tilfredsstillende indikatorer på fækal forurensning av sjøvann er hittil ikke funnet. Coliforme bakterier benyttes av praktiske grunner selv om man vet at de dør relativt hurtig i salt vann, særlig i solrikt og varmt vær. Den anaerobe sporedannende bakterie *Clostridium perfringens* er for så vidt egnet til kartlegging av både nylig og eldre fækal forurensning (sporene gjenfinnes i sedimentene), men det er et forskningsbehov for å skille denne arten ut fra andre anaerobe sporedannere som reduserer sulfitt.

Erfaringene med bruk av colifage (virus på coliforme bakterier) som indikatorer bør utredes, eventuelt gjøres til gjenstand for fortsatt forskning.

Som utredningsarbeide er det aktuelt å beskrive de funksjoner som kystvaktflåten har (eller kan få) i overvåkingsundersøkelser.

Spekulasjoner over økt hyppighet av parasitter og sårdannelse på fisk og skalldyr dukker stadig opp, og har vært satt i sammenheng med en generell forringelse av det marine miljø. Foreløpig har man lite av eksakte kunnskaper om årsaksforholdene. Omfattende og grundige undersøkelser rundt ulike typer av utslipp må til for å belyse slike problemer. Arbeidet må i tilfellet konsentreres om et utvalg av stasjonære fiskearter og skalldyr.

Når det gjelder undersøkelser av akkumulerende miljøgifter, er sjøfuglinventeringer av betydelig interesse; dessuten kjemiske analyser av fugler og egg. Regelmessige sjøfuglinventeringer er også aktuelle i områder som er særlig utsatt for oljeforurensning (havneområder, farvann omkring raffinerier og ilandføringsterminaler).

5.3 Kontroll av utslipp og renseanlegg

Ved kontroll av renseanlegg bør en generelt ta sikte på å få frem et regnskapsopplegg for de ulike komponenter (organisk stoff, fosfor- og nitrogenforbindelser, evt. miljøgifter og andre sporstoffer). For husholdningsavløpsvann kan et slikt opplegg inneholde poster f.eks. som nedenstående forslag:

Regnskap for fosfor for A-stad:

Beregnet generert fosformengde,

$$10000 \text{ p} \times 2,5 \text{ g/p.d.} \times 365 = 9000 \text{ kg P}$$

Avskillet i septiktanker

$$(2000 \text{ p tilknyttet, antatt 15\% fjerning av P}) = 270 \text{ kg P}$$

Målt fosformengde ved innløp til renseanlegg,

$$Q_{\text{middel}} = 15000 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$C_{\text{middel}} = 3 \text{ g/m}^3$$

$$\underline{5475 \text{ kg P}}$$

Ukjent differanse i tilførselsdelen til
renseanlegget

$$3255 \text{ kg P}$$

Målt fosformengde i utløp fra renseanlegg =

$$= \text{tilført resipienten } Q_{\text{middel}} 5000 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$C_{\text{middel}} 0,80 \text{ g/m}^3$$

$$\underline{1460 \text{ kg P}}$$

Fjernet i renseanlegg

$$1765 \text{ kg P}$$

Borttransportert slam $360 \text{ m}^3/\text{år}$ m/18% TS,

P-innhold 2,7% av TS

$$\underline{1750 \text{ kg P}}$$

Differanse i renseanlegg

$$15 \text{ kg P}$$

Et "forurensningsregnskap" bør også inneholde kildene, slik at tap av forurensninger i transportsystemet blir klarlagt. (Tap i transportsystemet vil ofte nå resipienten - overløp, feilkoblede ledninger). Fordelene med regnskapssystemet er at en får en sjekk på tallene og får impulser til å undersøke nærmere når differansen opptrer.

Hvorvidt slike "forurensningsregnskap" er praktisk gjennomførbare, burde utprøves.

Utløpene fra renseanlegg varierer i sammensetning fra time til time og fra dag til dag. Med de kontrollsystemer vi i dag bruker, vet vi lite om disse variasjoner. Det er ønskelig med noen form for kontinuerlig registrerende overvåking. Det finnes enkelte instrumenter, f.eks. turbiditetsmålere, som synes å ha brukbar driftssikkerhet. Det burde utprøves hvor vidt en kontinuerlig overvåking med enkle instrumenter kan gi relevant informasjon om variasjoner i effektiviteten til renseanlegg

Ved den overvåking som nå brukes, benytter man enkle, uspesifikke parametre som BOF, KOF, total fosfor og suspendert stoff. Det er helt innlysende at ett kg. organisk stoff fra et biologisk renseanlegg ikke er det samme som ett kg. organisk stoff fra et kjemisk anlegg. Hva det er vi slipper ut fra våre renseanlegg, vet vi meget lite om. Med tanke på de store kvantiteter som årlig slippes ut (størrelsesorden 200 000 tonn organisk stoff med avløpsvann fra befolkning i Norden, hvis alt er renset), burde det undersøkes nærmere hva det er for stoffer som vi tilfører våre resipienter.

Forurensningsregnskaper av den ovennevnte type kan i prinsippet også tillempes på industriutslipp. Kunnskapene om sammensetningen av industriutslipp er ellers varierende fra bransje til bransje og fra bedrift til bedrift. Ofte er kunnskapene svært mangelfulle. Grunnen er delvis at man mer har observert målevariable som enkelt har latt seg analysere enn de egenskapene ved avløpsvannet som har vært av størst interesse. Delvis kan det ha vært manglende viten om den kvalitative sammensetningen og spesielt hvilke komponenter som har hatt interesse ut fra resipientensyn. Ofte har det vært stilt for små krav til observasjonshyppighet. I forbindelse med av pålitelig kartlegging av forurensningstilførsler er det viktig å få utarbeidet retningslinjer for prøvetaking og analyse av industrielt avløpsvann. Til dels bør dette skje bransjevis, men i noen grad vil det være nødvendig med anvisninger for enkeltprosesser. Forskning kan bli aktuelt dersom eksisterende erfaringsmateriale er for spinkelt som grunnlag for utarbeidelse av retningslinjer.

For overholdelse av konsesjonsbetingelser vil det være økende behov for automatisk registrerende instrumenter. Det er sannsynlig at industriavløp delvis vil fordre spesielle tilpasninger av både automatiske prøvetakere og automatiske analyseinstrumenter (ioneselektive elektroder for løste metaller, cyanid, ammonium, klorid, sulfat, nitrat og arsenforbindelser er kanskje særlig aktuelle).

5.4 Kartlegging av forurensningstilførsler

En slik kartlegging må ofte skje helt eller delvis på grunnlag av spesifikke erfaringstall. Det kan dreie seg om mengde pr. person og døgn med lett nedbrytbart organisk materiale (BOF) og gjødselstoffene fosfor (P) og nitrogen (N); personekvivalenter av BOF, P og N pr. produsert enhet innen ulike industriprosesser; eller avrenning av fosfor- og nitrogenforbindelser fra forskjellige areal typer.

Kartleggingens nøyaktighet er viktig. Av resultatene vil de ulike kilders mengdemessige betydning fremgå, og beslutninger om tiltak vil bl.a. bli tatt på dette grunnlag. Videre må man kunne lite på belastningsanslagene for å kunne bedømme årsak og virkning.

Særlig for tilførsel av gjødselstoffer med overflateavrenning hersker usikkerhet. Forskjellige koeffisienter er i bruk for samme areal typer. Forskning er i gang på dette felt, og et bedre beregningsgrunnlag kan ventes. Det er likevel et spørsmål om innsatsen er tilstrekkelig. Oppgaven kan formuleres slik: Tilveiebringelse av koeffisienter for tilførsel av fosfor- og nitrogenforbindelser fra et antall representative typer av arealer. (Det dreier seg her om å få tall for kilder som ikke kan beregnes ut fra målinger i vassdrag eller utslipp). Et slikt arbeide kan også gå videre mot utvikling av modeller for sammenheng mellom nedbørfeltaktiviteter og avrenningssammensetning.

En vesentlig sak som egner seg for utredning, i hvert fall på nasjonal basis, er å få frem en oppskrift for kartlegging. Enhetlige retningslinjer er nødvendige for å frembringe sammenlignbare data. Siden forurensningsbelastningen er den ene side av betraktninger over årsak/virkning, er dette også av største betydning for aquatisk forurensningsbiologi.

Innen rammen av en kartleggingsoppskrift må det formuleres et system for innsamling og behandling av data. Dette innbefatter utformingen av ett eller flere registreringsskjemaer, og utarbeidelse av EDB-programmer for beregningsarbeidet. Endelig må det sørges for en lagrings- og presentasjonsform som gjør det enkelt å få ajourført opplysninger, f.eks. i form av kurver som viser belastningstrender.

Det ovennevnte er svære oppgaver som ikke må undervurderes. Beregning av forurensningstilførsler har vært utført på ufullkomment vis gjennom en årrekke. Forutsetningene er nå til stede for et gjennombrudd, men man

må da være villig til å satse i hvert fall et par årsverk på en slik utredningsoppgave. (Fremdeles vil det selvsagt være behov for å bedre beregningsgrunnlaget gjennom feltstudier).

Forurensningsbudsjetter for innsjøer betinger ofte transportmålinger i vassdrag. Prøvetakingstidspunkter og -frekvens er avgjørende for å få pålitelige tall. Optimal prøvetaking vil variere fra vassdrag til vassdrag, særlig fordi variasjonen i vannføringen gjennom året er forskjellig. For større nedbørfelter lar det seg sannsynligvis angi generelle retningslinjer for prøvetaking i ulike kategorier av vassdrag. I den grad det allerede finnes grundige studier av disse forhold, vil dette være en utredningsoppgave. Imidlertid antas det også å være behov for forskning på området.

Blant øvrige aktuelle FOU-oppgaver nevnes:

- Avrenning fra deponier for fast avfall,
- Belastning med lett nedbrytbart organisk stoff fra husdyrgjødsel.
- Bakgrunnsverdier for lett nedbrytbart organisk stoff i naturlig vann fra ulike arealer.
- Gjødselstofftilførsel via direkte nedbør (kan ha betydning for næringsstoffbudsjettene til enkelte innsjøer).

Et spesielt problem gjelder hvilken enhet det er mest hensiktsmessig å bruke for organisk materiale (BOF, KOF, KMnO_4 -forbruk, TOC, løst organisk karbon). Korrelasjoner mellom disse er også et utilstrekkelig belyst tema, likeledes hvilke forbindelser som de uspesifikke analyseparametrene innbefatter.

5.5 Automatisk prøvetaking og analyse

I forbindelse med bruk av automatiske prøvetakere og automatisk registrerende instrumenter er det særlig viktig med en behovsvurdering. De nødvendige instrumenter er ofte dyre både i anskaffelse og drift (på grunn av krav til ettersyn og vedlikehold). Likeledes er det risiko for å samle inn overflødige datamengder, med unødige bearbeidelsesomkostninger til følge.

Blant de målevariable som det i dag finnes relativt pålitelige automatiske analyseenheter for kan nevnes salinitet/konduktivitet, pH, klorid,

turbiditet (transparens), klorofyll, temperatur, oksygeninnhold og strøm. I hvert fall en del oksygenregistrerende instrumenter er ømfintlige overfor hydrogensulfidholdig vann og derfor av begrenset anvendelighet i resipientovervåking. Det samme gjelder i noen grad salinitetssonder.

I ovennevnte liste mangler en rekke variable som er av vesentlig interesse i overvåkingsøyemed; eksempelvis næringssalter, nedbrytbart organisk materiale og metaller (foruten selvfølgelig organiske miljøgifter). I teorien finnes det også en del tilbud på automatiske analyseinstrumenter for slike komponenter, delvis i form av ioneselektive elektroder, men også instrumenter som baserer seg på konvensjonelle analyseprinsipper som fordrer tilsetning av kjemikalier før deteksjon. Problemet er driftssikkerheten, og ioneselektive elektroder er ofte ustabile. Før automatisk registrerende apparatur kan få noen fremtredende rolle i overvåking av vannkvalitet i naturen, trengs stor innsats både på forskning og teknisk utviklingsarbeide. Hvis et slikt arbeide skulle starte i NORDFORSK-regi, bør det innledes med en prioritering mellom variable som det var særlig ønskelig å få slikt utstyr for. Statusrapporter over erfaringer som var gjort med hittil anvendte analyseprinsipper og instrumenter ville være et naturlig utgangspunkt for arbeidet.

Det bør også nevnes at man arbeider med automatiske hydrokarbondetektorer, og at de allerede er under utprøving i nasjonale og internasjonale havforurensningsstudier.

Data fra automatiske analyser kan enten lagres i tilknytning til analyseenheten eller overføres på forskjellig vis direkte til en mottagerstasjon eller sentralt datalager. Stort sett kan man vel si at det teoretiske, og til dels også det tekniske grunnlaget for slik dataoverføring, allerede er til stede. Det gjenstår likevel mange utviklingsoppgaver på det praktiske plan.

Automatisk prøvetaking vil finne vid anvendelse uavhengig av om analysene kan foretas samtidig. I en rekke sammenhenger vil vesentlige faglige problemer finne sin løsning ved at man får innsamlet tettere prøver over et tidsrom enn det ville være mulig å gjøre ved konvensjonell prøvetaking. Ofte vil det være akseptabelt med blandprøver, og dermed fås

innsparing både på feltarbeide og analyseomkostninger. Flere typer av automatiske prøvetakere er allerede prøvet med godt resultat. Det gjelder f.eks. kontinuerlige ekstraktorer for organiske miljøgifter. Likevel gjenstår det sannsynligvis mange utviklingsoppgaver av teknisk karakter. Dette antas særlig å gjelde de tilfellene da prøvene fordrer en behandling, f.eks. konservering av vann til næringssaltanalyser o.l.

Automatiserte analysemetoder for bakteriologisk og biologisk materiale er et vanskelig felt, som det så vidt vites er gjort relativt lite med. Analyse av slike prøver er svært tidkrevende, og innsparingsmulighetene i teorien tilsvarende. Det burde eksempelvis være mulig å konstruere detektorer som kunne telle coliforme bakterier på membranfilter, eller registrere et utvalg av arter i kvantitative planteplanktonprøver. Det er kjent at automatisk identifikasjon av diatoméer, basert på laserteknikk, har vært forsøkt i USA.

5.6 Fjernanalyse

Sammen med automatisk registrerende in situ instrumenter er fjernanalyse (fjernmåling, fjernregistrering) sannsynligvis det som vil bety mest for å muliggjøre omfattende overvåking. Årsakene til dette er:

- Innsamling av store informasjonsmengder på kort tid.
- Nærmest synoptisk dekning av omfattende arealer.
- Muligheter for samtidig registrering av ulike ressurstyper, arealer og fenomener (vann, dyrket mark, naturlig vegetasjon, is, snødekke, luft, utslipp etc.).
- Bedret adgang til registrering av vanskelig tilgjengelige områder.
- Forening av dokumentasjon og datalagring.
- Bedre presentasjons- og populariseringsmuligheter.

Teknikken bygger på registrering og analyse av reflekterte elektromagnetiske bølger av forskjellig type og bølgelengde. Registreringsobjektene har en refleksjonssignatur gitt ved en karakteristisk spektralsammensetning og intensitet. Målingene skjer som oftest fra satellitter eller fly. I hvert fall på kort sikt synes flyregistrering å innebære de største mulighetene i relasjon til vannressursforvaltning.

Blant FOU-oppgaver som gjelder registrering av fysisk/kjemiske egenskaper kan bl.a. nevnes:

- Overflatetemperatur og -saltholdighet. Endel arbeide er allerede gjort, men det gjenstår å forbedre ømfintlighet og særlig nøyaktigheten i forhold til sanne verdier. (Den relative oppløselighet er tilfredsstillende, mens informasjonen om absoluttverdiene er utilstrekkelig). Eks. på anvendelse: endring i temperatur og saltholdighet i fjorders overflatevann som følge av vassdragsregulering.
- Overvåking av ulike typer av utslipp når disse er karakterisert ved en eller flere dominerende egenskaper (temperatur, suspendert materiale (turbiditet), farge, bestemte kjemiske forbindelser). Eks.: Kartlegging av okerutfelling i vassdrag som mottar svovelsyre og jernholdige utslipp fra gruvedrift.
- Transport av suspendert stoff i elver og estuarer. Registrering ved multispektral scanner (sveipefotometer) skal muliggjøre kvantitativ bestemmelse av sedimenttransport.
- Kartlegging (inventering) av erosjonsforløp.
- Deteksjon av olje og totalinnholdet av organisk stoff ved registrering av reflektert fluorescens etter utsendelse av laserstråle av blått eller ultrafiolett lys.
- Oljedeteksjon ved radar, idet en oljefilm interfererer med refleksjonen av mikrobølger fra en vannoverflate.

Blant biologiske overvåkingsobjekter er fjernregistreringsteknikken kommet langt for kartlegging og identifikasjon av høyere vegetasjon. Dette gjelder også vannplanter.

I sistnevnte tilfelle nyttes særlig flyfotografering med falskfargefilm ømfintlig for infrarød stråling. Under gunstige omstendigheter kan man registrere undervannsvegetasjon ned til 2-3 meters dyp. Sammenligning av markdata med fotografier har gjort det mulig å identifisere bestander av enkeltarter og utarbeide nøkler for tolking av fotosignaturene.

(Nøkkelene bygger på bestandens og koloniens form, fargeintensitet og strukturen, dvs. karakteristiske trekk ved fargemønsteret som gjenfinnes

på bildene.) Metodikken er utviklet så langt at den har vært brukt med stort utbytte i praksis, bl.a. for å følge gjengroingsforløp, virkningene av regulering og endret vannkvalitet. Det gjenstår imidlertid en del for å gjøre teknikken fullt anvendelig i rutinstudier. Særlig er det behov for videre utvikling av signaturnøkler som er lettere tilgjengelig enn de nåværende.

På samme måte som for landvegetasjon og høyere vannplanter, er infrarød falskfargefilm blitt benyttet til kartlegging av fastsittende alger, men foreløpig i mindre utstrekning. Arts- og bestandssignaturer er heller ikke så kjent. Det er imidlertid liten tvil om at disse vanskeligheter lar seg overvinne med tilstrekkelig innsats på feltet. Man vil da få et fremragende verktøy både for ressurskartlegging og overvåking.

Det er her forutsatt manuelle analysemetoder. Disse vil nødvendigvis være tidkrevende. Etter prinsipiell løsning av identifikasjonsproblemet, og innkjøring manuelt, vil det ligge store muligheter i utvikling av automatisert tolkning.

Innsjøer med fytoplanktonoppblomstringer fremtrer klart både på IR-fotografier og bilder som er laget på basis av multispektralscanners opptak (også satelittregistreringer). Metoden er for så vidt operasjonell for synoptiske, kvalitative innsjøstudier. Problemer med artsbestemmelse og kvantifisering er ikke løst, og det er også et spørsmål hvorvidt dette er mulig.

Registrering av reflektert fluorescens etter laserutsendelse av blått eller ultraviolet lys (fra båt eller fly) kan romme muligheter for sondring mellom i første omgang grupper av planteplankton, senere muligens også arter. Prinsippet er under utprøving i Norge.

5.7 Biologiske metoder

Vanskelighetene med tilgjengelige biologiske metoder i overvåkingssammenheng er dels at de er tidkrevende, dels at kunnskapene om naturlige variasjoner er for dårlige. I prinsippet burde forskning og utvikling med henblikk på overvåking derfor være rettet mot forenkling og representativitet. Det ofte åpenbare motsetningsforhold mellom disse to målsettinger er illustrerende for vanskelighetsgraden. Eksemplene som er nevnt under

fjernanalyse viser likevel at de to formål kan la seg forene. En annen angrepsvinkel er bruken av indikatorarter og indikatorsamfunn (kap. 5.7.3). I det følgende nevnes også en del metodeforskning av relevans såvel for biologiske undersøkelser generelt som for overvåking.

5.7.1 Metoder basert på fotografering

Hovedfordelene ved bruk av fotografering er:

- Teknikken forener observasjon, dokumentasjon og datalagring.
- Undersøkelsene kan gjøres med minimal forstyrrelse av studieobjektene.
- Metoden er tidsbesparende eller muliggjør dekning av et større område på samme tid.

For så vidt står man overfor et spesialtilfelle av fjernregistrering. Begrensningene blir til dels de samme, men verifisering med vanlige metoder kan foregå parallelt.

Stereofotografering av faste, oppmerkede prøveflater er allerede tatt i bruk, særlig for registrering av dyresamfunn på marin hardbunn, men også for plantesosiologiske studier i ferskvann. For trenede iakttagere er det mulig å identifisere arter på få millimeters størrelse fra fotografiene. Det foreløpige erfaringsmaterialet er imidlertid spinkelt, og det er sterkt ønskelig at metoden tas i bruk flere steder og innen forskjellige problemstillinger.

Det samme fotoutstyret kan brukes for "fotosveip" av profiler fra fjæra og nedover til ca. 30 m (praktisk arbeidsgrense for dykking). I motsetning til metoden med faste prøveflater er man ikke avhengig av nær loddrette fjell (saltvann), eller plan bunn (ferskvannsvegetasjon). Man får også bedre dekning av variasjoner lokalt og med dypet.

Fototeknikken kan delvis også tenkes tillempet for studier av perifyton i strømmende vann. Her anvendes bl.a. dekningsgrad som semikvantitativ metode, men som regel fastsatt ut fra et skjønn. Fotografier vil gjøre bruken av dekningsgradangivelsen mer objektiv, og f.eks. eliminere risikoen for underestimering av spredt forekomst i forhold til klumpvis

og mer iøyenfallende opptreden. Det er mulig at man ved bruk at IR falskfargefilm kan få signaturer for karakteristiske begroingsalger (grupper), og slik muliggjøre raskere inventering av elvestrekninger.

5.7.2 Eksperimentelle angrepsmåter

Undersøkelser av fysiske og kjemiske forhold tar i stor grad sikte på å få et grunnlag for å vurdere vann som levested for planter og dyr. Ofte lar spørsmål som dette seg mer direkte besvare ved eksperimenter i felt og laboratorium. Det samme gjelder virkninger av forurenset avløpsvann. Biotester har også vært benyttet i mange sammenhenger, bl.a. til utslippsovervåking. Den svenske R.R.-undersökningen med rutinemessige algester med avløpsvann fra renseanlegg er eksempel på et omfattende og systematisert opplegg. Det er imidlertid mye ugjort på feltet, og nedenfor er det nevnt noen aktuelle temaer.

Utslippstillatelser kan baseres på effekten av angitte avløpsvannfortyninger overfor et bestemt utvalg av testorganismer. Det måtte utvikles så enkle testopplegg med for eksempelvis bakterier, planteplankton, protozoer, krepsdyr, fisk) at den kontinuerlige testvirksomheten kunne inngå i større bedrifters egenkontroll.

I prinsippet kunne samme fremgangsmåte anvendes ved resipientovervåking, - regelmessige observasjoner av resipientvannets virkning på organismer man ønsket skulle ha levevilkår på stedet. I denne forbindelse kommer også "burstudier" inn; dvs. alle mulige former for utsetting av organismer i innhegninger som ble inspisert.

Et mer konkret eksempel er videre utprøving av teknikken med å sette ut stasjonære organismer med kjente akkumuleringsegenskaper i relasjon til metaller og persistente organiske forbindelser (kfr. kap. 5.8).

Dialysekulturer av planteplankton in situ er en metodikk som allerede er langt utviklet. Planktonalgene (en eller flere arter) dyrkes innenfor et volum avgrenset mot resipientvannet ved en semipermeabel membran. Algenes veksthastighet kan bestemmes ved gitte temperatur-, lys- og næringsforhold. Dette sammenlignes med veksthastigheten som oppnås i belastede,

men ellers tilsvarende miljøer. Likeledes kan man få mål for effekten av rikeligere næringssalttilgang. Det er ønskelig med systematisk utprøving av metodikken - under forskjellige betingelser og for ulike formål.

Man må sies å ha kommet rimelig langt med en-arts tester, og til dels med flere planteplanktonarter sammen. Imidlertid er det forsøk med små, men forholdsmessig fullstendige økosystemer, som virkelig ville bety et stort fremskritt i anvendeligheten av biotester. Grunnen er den vesentlige større utsagnskraft i resultatene fra forsøk som innbefatter arter fra ulike grupper og forskjellige trofiske nivåer.

Modelløkosystemer kan tenkes brukt både ved utslippskontroll (lab. tester) og resipientovervåking (in situ eller i hvert fall felteksperimenter). Antagelig vil det være en hovedvanskelighet at det i praksis ofte tar tid å få etablert forholdsvis balanserte flerartssamfunn.

Begroingsstudier i renner har vært i omfattende bruk ved undersøkelser over virkningen av belastning med lett nedbrytbart organisk materiale og gjødselstoffer i elver. Metoden lar seg tilpasse både for utslippskontroll og vassdragsovervåking. I sistnevnte tilfelle tenker man seg å sammenligne begroingen i:

- a) selve vassdraget.
- b) renner montert ute i elven, eventuelt på annet kunstig substrat.
- c) renner montert på land.

Erfaringsmessig gir selv etablerte samfunn i renner gode holdpunkter for å bedømme vannkvalitet. En særlig fordel er at observasjonene kan skje under mer definerbare fysiske forhold enn i naturlige elveleier. Manglende kunnskaper om strømforholdenes betydning for begroingssamfunnenes struktur er en tilbakevendende hodepine ved vannkvalitetsbedømmelsen. Systematisk anvendelse av renneforsøk åpner for muligheten av å etablere et nett av biologiske referansestasjoner i viktige vassdrag.

5.7.3 Indikatorarter og indikatorsamfunn - biologiske indekser

Hele filosofien bak begrepet "forurensningsbiologi" munner logisk ut i bestrebelsene på å finne frem til indikatorarter og -samfunn, og der-

etter raffinere dette videre til tallindekser for å gi kvantitativt uttrykk for ulike grader av belastning. Til tross for at det har vært nedlagt et omfattende arbeid, er det begrensede resultater som er oppnådd.

Vassdrag med overveiende organisk belastning lar seg relativt godt beskrive ved hjelp av indekser bygget på mer eller mindre modifiserte utgaver av saprobiesystemet. For eutrofierende innsjøer har det vist seg vanskeligere å skalere tilstanden med tilsvarende indikatorindekser. For andre typer av lokaliteter har det vært relativt fåtallige forsøk på å etablere indekser basert på indikatorer. Isteden er det benyttet forskjellige typer av indekser for samfunnenes diversitet (mangfold), modenhet eller stabilitet. Teorien har vært at under ellers like forhold vil en forurensningsbelastning resultere i redusert mangfold og mindre stabile samfunn.

Svakhetene viser seg regelmessig ved manglende evne til å differensiere mellom moderate påvirkningsgrader. Dertil er indeksene ofte konstruert ut fra en begrenset erfaringsbasis, eller funnet anvendelige på et utvalg av lokaliteter som bare representerer et lite utsnitt av naturbetingede faktorerers variasjonsbredde.

Videre arbeide med biologiske indekser er viktig fordi det neppe er noen annen måte som resultatene av biologisk overvåking kan kvantifiseres på (når målet er beskrivelse av tids- og avstandsgradienter). Talluttrykte resultater setter en også i stand til lettfattelig rapportering og presentasjon av stoffet. (På den annen side er det utpreget fare for tallmagiske konsekvenser, dvs. uberettiget tiltro fordi resultatene preten-derer høyere grad av nøyaktighet enn det er egentlig dekning for.)

Samnsynligvis har effekten av moderate forurensningsbelastninger hittil vært overvurdert i forhold til betydningen av den enkelte lokalitets naturgitte særegenhet. Forbedring av indikatorindekser for overvåking forutsetter:

- mer forskning på potensielle indikatorarters krav til omgivelsene.
- erkjennelse av at det må utvikles flere indikatorsystemer tilpasset nærmere karakteriserte kategorier av elver, innsjøer og estuarer/fjorder.

Man må med andre ord først beskrive et antall lokalitetskategorier så presist som mulig med hensyn til naturlige fysiske og kjemiske forhold, og deretter utvikle indikatorindekser for hver av gruppene. (Slikt arbeide kan til en viss grad sies å være startet innenfor det europeiske fellesskap, ved utprøving og sammenligning av Trentsystemet og andre indikatorindekser tilpasset elvelokaliteter. Dette er likevel en noe annen angrepsmåte en det er tenkt på her).

Sannsynligvis vil det på nordisk basis være mest naturlig å starte et forsknings- og utviklingsarbeide av denne art med henblikk på indikatorsystemer for innsjøer, men også for elver og delvis for saltvannslokaliteter har landene overlappende interesser.

Organismesamfunn er ofte karakterisert ved at spesielle arter spiller en nøkkelrolle. Det kan eksempelvis være ved å prege substratet, være spesielt konkurransedyktige med hensyn til å okkupere plass, dominerende rovformer, etc. Samfunnenes hele karakter preges av om disse arter trives eller ikke. Det er særlig slike arters økologi man må kjenne eller utforske dersom biologien skal kunne anvendes med fullt utbytte i overvåkingssammenheng.

5.7.4 Regelmessige inventeringer

Selv om det er virkningene på livet i vann som er overvåkingens sentrale tema, er det ikke praktisk mulig å ha en direkte og stadig overvåking som dekker mer enn en liten del av de biologiske ressurser. Regelmessig inventering av bestandene kan i en viss monn bøte på dette. I denne forbindelse kan man peke på to behov for forsknings- og utviklingsarbeide:

- Basalstudier med henblikk på å kartlegge populasjonens naturlige svingninger (og årsakene til disse).
- Utvikling av raskere metoder til å få data om bestandenes størrelse. (Foruten det som er nevnt foran under kapitlet om fjernanalyse, kan man eksempelvis tenke på systematisk flyfotografering av ender og sjøfugl og ekkoregistrering av fisk).

Inventeringer med lengre tids mellomrom (5-10 år) egner seg ellers best for samfunn knyttet til naturlig stabile miljøer, f.eks. bløtbunnsfauna i aerobe innsjøer og fjorder.

5.8 Biokjemiske og kjemiske indikatorer

Med indikatorer menes her både fysiologiske symptomer og spesielle arter som egner seg for overvåking ved at deres innhold av metaller eller organiske miljøgifter gir viktige opplysninger om det ytre miljø. Presumptivt sårbare arter er også potensielt gode indikatorer.

Et eksempel på overvåking ved observasjon av fysiologiske symptomer har man i studier av forholdstall mellom nitrogen og karbon, fosfor og karbon, N/ATP, P/ATP, etc. hos planteplankton. Slike forholdstall har vært brukt til å vurdere vekstbetingelsene for algeplanktonbestander, spesielt spørsmålet om minimumsfaktorer. Metoden har i utpreget grad relevans for estuarer og fjorder, men bør også kunne finne anvendelse i innsjøer. Foreløpig er det i eutrofieringssammenheng gjennomført relativt få slike undersøkelser. Det ville derfor være av verdi å få data fra lokaliteter som representerer et vidt spektrum av forhold hva angår tilgang på næringssalter.

I flere år har man i marine undersøkelser benyttet metallkonsentrasjonen i fastsittende, flerårige alger som indikator på vannets midlere metallinnhold. Feltundersøkelser og forsøk har bekreftet nytteverdien av slike analyser for overvåkingsformål. For flere arter, spesielt blant tang i fjærebeltet, foreligger det temmelig nøyaktige opplysninger om konsentrasjonsfaktorer, dvs. forhold mellom metallkonsentrasjon i algene og metallkonsentrasjonen i vannet.

Metoden kan uten videre benyttes for å karakterisere effekten av markerte belastninger og for å følge utviklingen etter større utslippsreduksjoner. Det gjenstår imidlertid mer forskning for å gjøre teknikken like operasjonell for lavere påvirkningsgrader. Som eksempel på et

slikt problem kan nevnes de langsiktige virkningene av diffus metallbelastning via nedfall, havstrømmer og forurensede elver. For slike formål trengs fortsatte studier over betydningen av metallenes tilstandsform, tangens alder, sesongvariasjoner, o.a. (Det er allerede betydelig aktivitet på dette feltet).

I ferskvann burde det undersøkes om enkelte utbredte moser kunne egne seg som metallindikatorer.

Også stasjonære dyr har vært tatt i bruk for samme formål. Særlig mye data om opptak og akkumulering av metaller, hydrokarboner og andre organiske miljøgifter foreligger for muslinger, til dels også snegl. Mens algene synes å ha et passivt og nærmest proporsjonalt opptak av en rekke metaller over et vidt konsentrasjonsintervall, er forholdene mer komplisert når det gjelder dyrs inntak og utskillelse av forskjellige substanser. (Inntak via vann/føde/sedimenter; utskillelse over gjellene, gjennom ekskrementer eller kjønnceller; lagring til forskjellig grad i ulike vevstyper og organer). Hva undersøkelsesresultatene egentlig innebærer, er tilsvarende vanskelig å vurdere, hvis det ikke samtidig foreligger manifesterede skader hos vedkommende arter.

Innsikt på dette området er av betydning for å kunne identifisere transportveier og varsle om inntrufne eller sannsynlige skadelige virkninger av mikroforurensninger. Det trengs ikke bare forurensningsorienterte studier, men like mye basal økologisk forskning. En side av problemet er å finne frem til arter der opptaks-, omsetnings- og utskillellesprosessene er så godt kjent at innholdet av de aktuelle elementer/stoffer gjenspeiler vannkvaliteten på en pålitelig måte. I varslingsøyemed når det gjelder akkumulerende miljøgifter, vil det sannsynligvis være riktigst å konsentrere innsatsen om utvalgte toppkarnivore (sjøfugl, rovfugl, sel) og forøvrig matnyttige fisk og skalldyr.

Analysene av organiske miljøgifter er ofte arbeidskrevende, kompliserte og dyre. I forbindelse med overvåking må det antas at behovet for slike analyser vil bli betydelig større enn den nåværende kapasitet. Av denne grunn bør det legges ned et betydelig FOU-arbeid med henblikk på å forenkle og om mulig automatisere analyseprosedyrene. Blant de foreløpig mest aktuelle stoffgrupper nevnes polyklorerte bifenyler, halogenerte

hydrokarboner, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), halogenerte fenoler og benzofuraner.

Like viktig som å finne frem til enklere og billigere analyseteknikk, vil det være om man kunne begrense analysene til et mindre antall indikatorstoffer. Benzo(a)pyrene er eksempel på en forbindelse som har vært brukt som indikator på en hel gruppe av nær beslektede stoffer (PAH). Det bør undersøkes i hvilken grad forekomsten av forskjellige tenkbare indikatorstoffer kan være representative for totalkonsentrasjonen av hele stoffgrupper, likeledes om det er mulig å komme frem til karakteristiske "profiler" for slike grupper, dvs. om det er relativt konstante mengdeforhold mellom forbindelser innen en gruppe. At dette er tilfelle for ulike punktkilder synes sannsynlig, men det bør også undersøkes om det i noen grad gjelder for diffus påvirkning.

5.9 Seston

Vannets innhold av seston (levende og døde partikler) kan filtreres fra, og filtrene deretter gjøres til gjenstand for ulike former for analyse:

- Tørrstoff og gløderest.
- Mikroskopiering med identifikasjon av partikkeltyper og organismer (særlig skallbærende former til art, andre til gruppe).
- Elementanalyse ved røntgenbestråling og registrering av refleksjonsspektra.
- Kjemiske analyser.

Hovedfordeler med sestonprøver er den enkle innsamlingsteknikken og at prøvene kan oppbevares i form av tørkede filtre (lite plasskrevende). Analysene kan gjøres etter behov.

Sestonobservasjoner er bl.a. egnet til å følge svingninger i mengden av planteplankton og partikkeltransporten i vassdrag. I så henseende foreligger det allerede en del erfaringer. I vesentlig mindre grad er dette tilfellet for de muligheter den fysikalske elementæranalysen byr på, f.eks.:

- Sporing av partikkelholdige utslipp.

- Sondring mellom suspendert materiale fra elvevannstransport og avfall/avløp fra f.eks. gruveoppredningsverk.

6. VURDERINGSGRUNNLAG OG KVALITETSKRITERIER

Overvåkingens viktigste faglige mål er å fange opp tidsgradienter, dvs. utviklingstendenser eller eventuelle sprangvise endringer. Begrunnelsen er å få et mål på virkningen av iverksatte tiltak og å varsle om forhold som krever reaksjon. Hittil iverksatte tiltak har kommet i stand som resultat av en mer eller mindre bevisst målsetting for vannforekomstens kvalitet og bruk. På samme måte kan reaksjoner på utviklingstendenser knyttes til bestemte grenseverdier som ikke ønskes under- eller overskredet. Slik sett kan overvåkingfunksjonen sies å henge sammen med utarbeidelse eller bruk av kvalitetskriterier.

Bruken av kvalitetkriterier har vært omdiskutert på grunn av flere prinsipielle og praktiske vanskeligheter:

- Mange av vannets egenskaper viser stor naturbetinget variasjon (gjennom året, fra ett år til et annet eller fra sted til sted).
- Hvis målsettingen med kriteriene er best mulig i bevarelse av naturtilstanden, må de være delvis forskjellige for de enkelte vannforekomster (eller for visse definerte kategorier).
- Ulike interesser kan se seg tjent med noe forskjellige krav til vannkvalitet.
- For enkelte kjemiske komponenter er tilstandsformen av like stor betydning som totalinnholdet (særlig en del metaller, men også f.eks. fosforforbindelser).
- Ved lovfestede eller forskriftsmessige kriterier (normer, standarder), kan disse brukes som forsvar for belastning opp til et nivå som i enkelte vannforekomster betyr en uvesentlig økning i tilførslene av en komponent, i andre en meget betydelig økning.
- Nødvendigheten av stadige revisjoner på grunn av ny erkjennelse eller endret målsetting.

Anvendt som retningslinjer og som grunnlag for skjønn, må det antas at kvalitetskriterier vil være et hensiktsmessig redskap for vannressursforvaltningen. Almenhet og politiske myndigheter vil bli gitt bedre muligheter både for å forstå overvåkingens funksjon og følge med i dens resultater. I tilfelle må det utarbeides ulike kriterier knyttet til hovedkategoriene av brukerinteressser, sannsynligvis også slik at det ble flere kvalitetsklasser. Om det var mulig å komme frem til alment anerkjente vannkvalitetsklasser, basert på kriterier (inkludert biologiske indekser), ville dette ha stor betydning for fremstillingen av resultatene fra overvåkingsstudier. Oppgaven har mer karakter av utredningsarbeide enn FOU.

7. STANDARDISERING

Fordelene ved standardisering av felt- og laboratoriemetoder er åpenbare, idet resultatenes sammenlignbarhet økes vesentlig. Ved de delene av overvåkingsundersøkelser som tilsikter å fremskaffe referansedata (bakgrunnsverdier) og tall for transport av forurensninger (forurensningsbudsjetter), bør ensartede metoder være et krav. Det samme gjelder interkalibrering eller annen form for jevnføring ved overgang til ny metodikk. (Også for tidsgradientstudier på forskjellige steder, men innen samme overvåkingsprogram, er standard fremgangsmåter en fordel. Som tidligere nevnt er det ofte slik at de ulike overvåkningsformål overlapper).

En ulempe ved standardisering er at det bygges inn en treghet i systemet. Skifte til forbedret metodikk kompliseres. Det kan derfor tenkes forskjellige kompromisser mellom rigid standardisering og omfattende bruk av interkalibreringsrutiner. Det antas at man ved internasjonalt koordinert overvåking må satse mye på interkalibrering.

Standardisering og interkalibreringsstudier har hittil vært mest utbredt innen prøvetaking, lagring, konservering og analyse av kjemiske målevariable. Behovet er neppe mindre innen biologiske studier, fra toksisitetstester til feltmetodikk. Imidlertid står man her overfor en vanskeligere og mer tidkrevende oppgave. Vanskeligere, fordi det som regel ikke finnes noen objektiv verdiskala (tilsvarende en vannprøve med et kjent innhold av den målevariable). Man må følgelig ha begrensede forvent-

ninger og i tilfelle være omhyggelig med valget av de målevariable som det tilsiktes å få standardisert metodikk for. Det vil f.eks. være ulike lettere å interkalibrere/standardisere metodikk for måling av klorofyllinnhold eller primærproduksjon enn for registrering av perifyton (begroing).

Internordisk standardisering av overvåkingsmetoder vil representere en automatisk og vedvarende stimulans av kontakten og samarbeidet mellom nordiske vannforskere. De kommende år må antas å bli preget av at alle landene vil etablere eller styrke sine nasjonale overvåkingsprogrammer.

8. NORDISK MILJØPRØVEBANK

I en utredning fra Nordisk Ministerråds sekretariat foreslås opprettet en felles Nordisk miljøprøvebank. Banken skal være et hjelpemiddel ved igangværende og fremtidig overvåking og miljøforskning.

Bakgrunnen for forslaget er bl.a. at miljøskader ofte oppdages først etter at belastningen har vart en tid, og at det oppstår behov for referansemateriale å analysere på. Nye virksomheter, uforutsette problemer, utvidet erkjennelse, forbedret analyseteknikk, etc. vil resultere i ønsker om forskjellige retrospektive analyser.

Etableringen av en miljøprøvebank vil medføre at man får en sentral oversikt over hvilke institusjoner som har hva slags prøver, og at det innen rammen av nasjonale overvåkingsprogrammer gjøres systematisk innsamling av referanseprøver. Det reiser seg i denne forbindelse en rekke spørsmål vedrørende prøvetakingsobjekter, observasjonssteder, innsamlingsmetoder, oppbevaring, EDB-teknikk, etc. I det fremsatte forslag anbefales i første omgang opprettelse av et register over eksisterende samlinger. Som neste skritt foreslås et sammordisk utredningsprosjekt med henblikk på kriterier for oppbygging av en biologisk prøvebank.

9. ORGANISASJONSMESSIGE OPPGAVER

Et overvåkingssystem kan lages på mange forskjellige måter, ambisjonsmessig og administrativt. Det må antas at de nordiske land har mange likhetspunkter med hensyn til faglige problemer og organisasjonsstruktur for vannressursforvaltningen. De vil i samme grad ha overlappende interesser og behov på planleggingssiden, og i det hele på det organisatoriske plan. Den enhetlighet som eventuelt kan oppnås, vil også ha faglig og praktisk betydning ved utveksling av data.

Man kan bl.a tenke seg følgende utredningsoppgaver:

- Systemopplegg for overvåking med vekt på hurtig og lett forståelig rapportering (med sikte på orientering av politikere og almenhet på lokalt, regionalt, nasjonalt og internasjonalt plan).
- Prinsippiell begrunnelse for og arbeidsoppgavene til nasjonale referanselaboratorier innen kjemiske vannanalyser.

10. FORSLAG TIL MULIGE FORPROSJEKTTEMAER

For en egentlig, faglig konkretisering av FOU-oppgaver trengs spesialkompetanse innen vedkommende fagområde. Det følgende må betraktes som temaoverskrifter og representerer et utvalg av de antatt mest aktuelle emner. Rekkefølgen innebærer ingen prioritering.

I. Overvåking er virksomhet av typisk statistisk karakter. De innsamlede datas representativitet i rom og tid er av avgjørende betydning. Blant en rekke oppgaver fremheves følgende:

- Få frem anbefalte retningslinjer for observasjonshyppighet for viktige målevariable (kfr. kap. 5) i nærmere definerte kategorier av elver og innsjøer (basert på studier av inn- og uttransport med elver).
- Romlig representativitet av stasjoner for innsamling av nedbør og tørravsetningsprøver (kap. 5.2.2).

II. Innen problemområdet eutrofiering av innsjøer og fjorder er det fremdeles utilstrekkelige kunnskaper om forholdet mellom belastning og effekt. Det vil være av interesse både å videreutvikle og teste eksisterende innsjømodeller (Vollenweiders o.a.), samt å søke utviklet andre typer av modeller der eutrofieringsgraden er uttrykt ved ett eller flere hovedsymptomer (primærproduksjon, klorofyllinnhold o.a., kfr. kap. 5.2.5) og satt i kvantitativ sammenheng med belastningen.

Oksygenbudsjetter for dypvannet i terskelfjorder er et nærmest jomfrulig forskningsområde. Utvikling av modeller må ta utgangspunkt såvel i belastning med organisk stoff og næringssalter som i sentrale naturgitte faktorer: Bassengform og -størrelse, ferskvannstilførsel, lagdeling, utskiftingsfrekvens o.a.

III. I estuarer og sterkt ferskvannspregede kystfarvann kan det være vanskelig å skille forurensningseffekter fra virkningene av generelt lav, men også sterkt vekslende saltholdighet. Viktige arters saltholdighetstoleranse kan gjøres til gjenstand for både utrednings- og forskningsvirksomhet (kap. 5.2.6 og 5.7.3). Med viktige arter menes slike som øver en avgjørende innflytelse på samfunnenes struktur (dominerende rovformer, konkurransedyktige med hensyn til å oppta plass, etc.).

IV. Pålitelig kartlegging av forurensningstilførsler (kap. 5.6) er ubetinget nødvendig for overvåkingen. Under dette hovedtema er det flere sentrale forsknings- eller utredningsoppgaver.

- Tilveiebringelse av koeffisienter for tilførsel av fosfor- og nitrogenforbindelser fra representative typer av arealer (kap. 5.4).
- Forurensningsregnskap for renseanlegg (primært husholdningsavløpsvann, men også karakteristiske industriavløp, kap. 5.3).
- Utarbeidelse av retningslinjer for kartlegging (med henblikk på betydningen av sammenlignbare data).

V. Automatisering av prøvetaking og analyse vil bli viktig (kap. 5.5). For flere av de mest forurensningsrelevante målevariable (næringssalter, organisk stoff og metaller) er det ikke utviklet automatisk registreringsutstyr som er tilstrekkelig driftsikkert og ømfintlig ved resipientovervåking.

VI. Sammen med registrerende in situ instrumenter er fjernanalyse (kap. 5.6) og utvidet bruk av fototeknikker (kap. 5.7.1) det som i metodisk henseende kan bli dominerende innenfor overvåking. For fjernanalyse kan følgende FOU-oppgaver fremheves:

- Kartlegging av høyere planter og fastsittende alger. Utarbeidelse eller videreutvikling av signaturnøkler for flyfotografier med infrarød falskfargefilm.
- Videreutvikling av metodikk for registrering av saltinnhold og temperatur, transport av suspendert stoff i elver og sporing av karakteristiske utslipp.
- Identifikasjon av planteplanktongrupper (evt. også utvalgte arter) ved fluorescensspektra etter laserutsending av ultrafiolett eller blått lys.

Innen mer konvensjonelle fototeknikk nevnes:

- Stereofotografering av fast avmerkede prøveflater (overvåking av marin hardbunnsfauna eller undervannsvegetasjon på bløtbunn).
- Semikvantitative perifytonstudier ved fotografering, eventuelt også identifikasjon av grupper/arter basert på bildesignaturer (IR falskfargefilm).

VII. Eksperimentelle opplegg (kap. 5.7.2) kan rasjonalisere overvåkingsarbeidet, begrense feilkilder og være mer rett på sak enn vanlige feltmetoder:

- Utvikling av et sett enkle tester med representative arter, tenkt anvendt for bedrifters egenkontroll av utslipp.
- Dialysekulturer av planktonalger med henblikk på å gi en direkte karakteristik av ulike resipienter som vekstmedium (kfr. også kap. 5.8).
- Biologiske referansestasjoner langs vassdrag ved å følge selvetablerte organismesamfunn i renner som dels står ute i elven, dels kjøres med samme vannkvalitet på land, men da under mer definerte betingelser (særlig med hensyn til strøm).

VIII. Utvikling av biologiske kvalitetsindekser for nærmere beskrevne kategorier av elve- og innsjølokaliteter (kap. 5.7.3).

IX. Vanns egenskaper som vekstmedium for planktonalger kan karakteriseres gjennom fysiologiske symptomer. Variasjoner i forhold som N:C, P:C, N:ATP, P:ATP, etc., har vist seg å kunne belyse spørsmålet om begrensede næringsemne. Metoden er utprøvet med saltvannsarter, men bør være like aktuell for ferskvann. Før eventuell rutinemessig bruk innen overvåking, er det behov for et bredere erfaringsmateriale, dvs. med flere arter og fra lokaliteter som representerer ulike forhold hva angår næringssalttilgang (kap. 5.8).

X. For flere arter av fastsittende alger er akkumuleringsegenskapene versus metaller godt kjent. For å kunne bruke algene som indikatorer på moderate og små belastninger trengs det ytterligere forskning (kap. 5.8).

Forskningsbehovet er likevel vesentlig større når det gjelder å karakterisere akkumuleringsegenskapene hos indikatorer (primært i relasjon til organiske miljøgifter, men også for metaller). Økte kunnskaper på dette området er ønskelig for å fylle overvåkingens varslingsfunksjon (kap.5.8).

Utvalgte arter av ferskvannsmoser bør testes med hensyn på sine egenskaper som metallindikatorer.

XI. Seston på filter (kap. 5.9) representerer en lovende metode fordi både innsamling og oppbevaring av prøver er meget enkel. Elementanalyse ved røntgenbestråling av sestonfiltere og registrering av refleksjonsspektra er en hurtig analyse som bør kunne utvikles for mange overvåkingsformål.

XII. Utviklings- og utredningsarbeide innen feltene kvalitetskriterier (kap. 6) og standardisering (kap. 7) vil bety mye for presentasjonen av overvåkingens resultater og for sammenlignbarheten av data. En slik virksomhet vil ha relativt langsiktig karakter og utgjøre en vedvarende stimulans av nordisk kontakt og samarbeide.

XIII. I forbindelse med mulig etablering av en nordisk miljøprøvebank (kap. 8) er det bl.a. ønskelig å få utredet prinsipper og retningslinjer for prøvesteder, organismetyper, innsamlings- og oppbevaringsmetoder.