

Forprosjekt

Biologisk driftskontroll i forbindelse
med kloakkrenseanlegg

Siv.ing. Tor S. Traaen og cand.real Magne Grande
Norsk institutt for vannforskning

NTNFs Utvalg for drift av renseanlegg



HPD-21/76

Blindern, januar 1979

Forord

Utslipp fra kommunale renselanlegg skal i dag kontrolleres av Fylkesmannen ved at det tas prøver et visst antall ganger pr. år for analyser av en del fysisk-kjemiske forureningsparametre (vanligvis suspendert stoff, organisk stoff og fosfor). Når det gjelder utslippene fra industrien til kommunale ledningsnett eller direkte til resipient, skal det foreligge et egenkontrollprogram som normalt er basert på fysiske eller kjemiske analyser av en del stoffer som en ønsker å hindre for stort utslipp av.

Bruk av biologiske metoder for kontinuerlig overvåking av kommunale og industrielle utslipp er omfattet med stor interesse i mange land, og det finnes en rikholdig litteratur om emnet. For å få en oversikt over dette feltet, med tanke på anvendelser også her i landet, fikk Norsk institutt for vannforskning i oppdrag å utføre et forprosjekt. Forprosjektet har ikke munnet ut i noe konkret forslag til videreføring, da det foreløpig er usikkert hvor og når det vil bli installert anlegg for kontinuerlig biologisk kontroll her i landet.

Bjarne Paulsrud
NTNFs Utvalg for drift av renselanlegg

Blindern, januar 1979

Innholdsfortegnelse

	Side:
FORORD	2
FIGURFORTEGNELSE	4
1. INNLEDNING	5
2. GENERELL ORIENTERING OM BIOLOGISK KONTROLL AV AVLØPSVANN	7
2.1 Beskyttelse av renseanlegg	7
2.1.1 Kontrollenheter ved renseanlegg	7
2.1.2 Kontrollenheter for enkeltutslipp	8
2.2 Beskyttelse av resipienter	8
2.2.1 Beskyttelse mot akutte giftutslipp	8
2.2.2 Avløpsvannets virkninger på organismesamfunnet i resipienter. Økologiske effekter	8
2.2.3 Beskyttelse av resipienter med nye biologiske rensemetoder	10
3. AKTUELLE METODER FOR KONTINUERLIG BIOLOGISK KONTROLL	11
3.1 Registrering av akutt gifthet	12
3.1.1 Fisk	12
3.1.2 Nedbryterorganismer (bakterier, sopp og protozoer)	19
3.2 Registrering av økologiske effekter	20
3.3 Kontinuerlig bakteriologisk karakterisering	22
3.4 Mobile biotestlaboratorier	22
3.5 Ny biologisk renseteknologi. Resirkulering	23
4. KONKLUSJON	24
5. LITTERATUR	26
5.1 Referanser for rapporten	26
5.2 Litteraturliste for biologisk kontroll med fisk	30

Figurfortegnelse

	Side:
Figur 1. Apparat for automatisk registrering av fiskens manglende evne til å motstå en vannstrøm. (BESCH et.al.1974)	13
Figur 2. Apparat for måling av dødelighet, aktivitet, gjellebevegelser og hjerteslag (fra W.F. MILLER, pers.medd.)	15
Figur 3. Skjematisk fremstilling av elektronikkdelen i WRC's biotestanlegg (W.F. MILLER, pers.medd.)	16
Figur 4. Ryaverkets biotestanlegg (STENSTRØM 1976).	18
Figur 5. Prinsippskisse av IVL's giftvarsler (SOLYOM 1977)	19

1. Innledning

Såvel kommunalt som industrielt avløpsvann inneholder som regel et vidt spektrum av uorganiske og organiske stoffer i oppløst og partikulær form. Renseanleggenes primærfunksjon er å beskytte resipienter mot uheldige virkninger av disse stoffene. Avløpsvannets komplekse og varierende sammensetning medfører at man selv med omfattende kjemiske analyser ikke er sikret registrering av stoffer som kan gi uheldige utslag i resipienten eller i selve renseanlegget. Det er illustrerende at det hvert år introduseres ca. 500 nye kjemikalier som før eller senere finner veien til renseanlegg og resipient (FURIA 1976). Dessuten vil ofte analyseresultatene foreligge lenge etter at skaden er skjedd.

For å sikre såvel renseanlegg som resipient mot akutte forstyrrelser er det derfor hensiktsmessig med en kontinuerlig kontroll. På den kjemiske siden er dette muliggjort fremfor alt ved utviklingen av ione- og gassspesifikke elektroder. Antall parametre er dog begrenset. Det er derfor i de siste årene blitt øket oppmerksomhet mot biologiske kontrollenheter som kan måle integrerte effekter av avløpsvannet.

Dette forprosjektet er delvis utført som litteratursøking, blant annet ved hjelp av Lockheed Information Systems via Biomedisinsk Bibliotek i Oslo. Fremfor å lage en mer kompoett litteraturgjennomgang har vi imidlertid innenfor de tilgjengelige midler prioritert besøk ved institusjoner som står sentralt i utviklingen og bruk av biologiske kontrollenheter, spesielt Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning (IVL) i Sverige og Water Research Centre (WRC) i Stevenage, England. Videre har vi hatt samtaler ved Svenska Vatten- och Avloppsverksförbundet og Ministry of Agriculture and Fisheries, England. For å undersøke praktiske erfaringer med biologisk kontroll, har vi avlagt besøk ved et renseanlegg (Ryaverket i Göteborg) og en industribedrift (EKA i Bohus).

Rapporten omhandler i det vesentlige kontinuerlige ("on-line") biologiske kontrollenheter. Den meget mer omfattende litteraturen om laboratoriebiodestere er således i liten grad berørt i denne rapporten. Arbeidet med rapporten ble avsluttet i mai 1978.

2. Generell orientering om biologisk kontroll av avløpsvann

Biologisk kontroll ved renseanlegg kan deles inn i 2 kategorier, basert på hensikten med kontrollen:

- Beskyttelse av renseanlegget
- Beskyttelse av resipienten.

2.1 Beskyttelse av renseanlegg

2.1.1 Kontrollenheter ved renseanlegg

Ved mange avløpsanlegg, spesielt der hvor man har industriavløp knyttet til avløpsnett, kan det sporadisk forekomme utslipp som er akutt giftige. Spesielt der hvor man har biologiske anlegg risikerer man at selv kortvarige utslipp kan sette anlegget ut av funksjon, og det kan ta flere uker før anlegget igjen er i full drift.

En kontinuerlig kontrollenhet plassert ved innløpet til renseanlegget kan gi et forhåndsvarsel slik at skadevirkninger kan reduseres eller helt unngås. For eksempel ved å lede vannet utenom rensanlegget, fortrinnsvis til en oppsamlingskum hvor det giftige vannet kan behandles separat eller senere doseres forsiktig inn i renseanlegget sammen med ikke-giftig avløpsvann. Hvis det ikke finnes muligheter for oppsamling, kan det tross alt være bedre å sende avløpsvannet direkte ut i resipienten for å sikre at renseanlegget kan komme raskt i gang igjen når giftutslippet opphører.

De mest pålitelige organismer i kontrollenheter til beskyttelse av biologiske renseanlegg innbefatter organismer som dominerer i selve renseprosessen, dvs. bakterier, sopp og protozoer.

2.1.2 Kontrollenheter for enkeltutslipp

Hvis et avløpsnett har tilknyttet utslipp fra industrier hvor man vet der er muligheter for giftutslipp, vil det være mange fordeler med å installere kontrollenheter direkte på industriens avløpsvann. Hvis uhell forekommer vil man kunne få et langt tidligere forvarsel om utslippet. Vannvolumene vil også som regel være betydelig mindre enn ved innløpet til det kommunale renseanlegget, slik at en oppsamling og behandling av det giftige avløpsvannet vil være betydelig enklere.

2.2 Beskyttelse av resipienter

Hensikten med biologiske kontrollenheter på innløpsvannet til renseanlegget er i hovedsaken en beskyttelse mot akutte giftutslipp. Når det gjelder biologiske kontrollenheter ved renseanleggets utløp for beskyttelse av resipienten, kan anvendelsesområdet bli betydelig utvidet.

2.2.1 Beskyttelse mot akutte giftutslipp

Ved biologiske anlegg har man i prinsippet innebygget et testsystem for akutt giftighet. Så lenge de aktive biologiske kulturene fungerer, vil avløpsvannet som regel ikke være akutt giftig. Man må dog ta visse forbehold fordi resipienten inneholder et videre spektrum av organismer enn renseanlegget. Ulike organismer reagerer forskjellig på en gitt konsentrasjon av et giftstoff. Det som er giftig for en organisme behøver ikke være giftig for en annen. Man kan derfor meget vel oppleve situasjoner hvor et stoff i den akutte konsentrasjon kan virke giftig i resipienten uten at renseanlegget reagerer negativt. Ved vedvarende giftutslipp kan man også få en tilpassing av mikroorganismene i renseanlegget uten at alle organismer i resipienten har evnen til den samme tilpassing. Selv ved biologiske anlegg kan det derfor være aktuelt med biologiske kontrollenheter på utløpsvannet. Aktuelle organismegrupper er fisk, evertebrater (hvirvelløse dyr) og alger.

Kjemiske renseanlegg har ikke noe innebygget biologisk testsystem mot giftutslipp. Biologiske kontrollenheter er derfor enda mer aktuelle der. Ved siden av gifter i innkommende avløpsvann er det også fare for kjemikalieutslipp fra selve renseprosessen. Man har eksempler på at utslipp av fellingskjemikalier har ført til massedød av fisk i resipienten.

2.2.2 Avløpsvannets virkninger på organismsamfunnet i resipienten.

Økologiske effekter

Hensikten med biologisk kontroll av akutt giftighet er å gardere seg mot uforutsette og forhåpentligvis sjeldne episoder. Det er imidlertid like stor grunn til å overvåke renseanleggets normal-situasjon. Et hvert renseanlegg vil bare fjerne visse typer og mengder av forurensninger i avløpsvannet. De resterende stoffene vil kunne gi betydelige negative effekter i resipienten, selv om avløpsvannet ikke kan betraktes som akutt giftig. Det kan være velkjente fenomener som saprobiering og eutrofiering, sporstoffer, giftstoffer, konsentrasjoner under dødelighetsgrensen, stoffer som akkumuleres i næringskjeder, endringer i saltinnhold og pH, hygieniske parametre etc.

Den samlede effekt av avløpsvannet vil ofte føre til endrede konkurranseforhold mellom organismene i resipienten, slik at de opprinnelige næringskjedene blir satt ut av funksjon. Dette medfører ofte betydelige ulemper for bruken av en vannforekomst.

Det er egentlig bare resipienten selv som kan gi et fullgodt svar på den sammensatte effekten av avløpsvannet. I praksis vil slike data være svært ressurskrevende å samle inn, slik at prøvetakingsfrekvensen nødvendigvis må bli lav. Eksperimentelle biologiske kontrollenheter kan da være nyttig hjelpemiddel for en kontinuerlig oppfølging.

Biologiske kontrollenheter som skal kunne fange inn sammensatte effekter bør være en form for mini-økosystemer med en bred sammensetning av organismer. Utformingen kan eksempelvis være akvarier eller rennesystemer. Slike systemer kan også benyttes som akkumuleringsanlegg, dvs. at man undersøker akkumulering i organismene av eksempelvis tungmetaller og tungt nedbrytbare organiske forbindelser. Ved siden av å være en integrert biologisk målemetode for renseanleggets virkningsgrad, kan slike systemer også danne grunnlag for beslutninger om endringer av renseprosesser.

2.2.3 Beskyttelse av resipienten med nye biologiske rensemetoder

Som nevnt har et konvensjonelt biologisk renseanlegg en innebygget biologisk kontroll av giftutslipp. En enda bedre kontroll vil man få ved mer omfattende systemer for biologisk rensing. Spesielt gjelder det systemer som utnytter det man med en fellesbetegnelse kaller "styrt eutrofiering", hvor man enten kan benytte komplette næringskjeder så som alger/bakterier → evertebrater (hvirvelløse dyr) → fisk, eller produksjon av høyere planter. Ved siden av øket renseseffekt vil også slike systemer virke avgiftende. Man kan også få fjernet tungmetaller og organiske forbindelser som ellers ville akkumuleres i resipienten. Man vil med andre ord søke å overføre resipientens problemer til kontrollerte enheter som både renser og produserer.

3. Aktuelle metoder for kontinuerlig biologisk kontroll

3.1 Registrering av akutt giftighet

De ideelle kravene til giftvarslingssystem er følgende:

- Systemet har stor følsomhet (kort responstid) for et bredt spektrum av giftstoffer
- Rimelig i anskaffelse
- Enkelt og lite tidkrevende å operere
- Systemet må ikke gi for mange falske alarmer

I praksis vil man nok måtte fire på en eller flere av disse kravene.

Den mest benyttede organismegruppe til giftighetstesting av avløpsvann er fisk. Grunnen til dette er at enkelte fiskearter er meget følsomme overfor giftstoffer. Det er dessuten enkelt å registrere at en fisk dør. Fisk er også forholdsvis enkel å holde i kultur, og er kommersielt tilgjengelig de fleste steder. En annen fordel er at fisk vel er den vannlevende organismegruppe som er omfattet med størst almen interesse, slik at resultatene derfor har stor gjennomslagskraft.

Det er også utviklet kontinuerlige ("on-line") systemer for testing av nedbryterorganismer, dvs. bakterier, sopp og protozoer. Systemer med alger og evertebrater (hvirvelløse dyr) befinner seg ennå stort sett på laboratoriestadiet.

3.1.1 Fisk

I løpet av de siste 5 år har en gjort store fremskritt i å utvikle metoder for biologisk kontroll av avløpsvann ved hjelp av fisk. European Inland Fisheries Advisory Commission, EIFAC (1975) har angitt retningslinjer for denne type toksisitetstester som blir klassifisert som "River monitoring tests". Hensikten med disse "testene" er å oppnå en kontinuerlig overvåking slik at tiltak straks kan settes i verk om vannet blir giftig for fisk. Slike tiltak kan f.eks. være å lede vannet til oppholdsbassenger, uttak av vannprøver for analyser eller avstengning av nedstrøms drikkevannsinntak, fiskeanlegg osv.

Utformingen av den apparatur som skal benyttes avhenger av hvilken respons hos fisken en har valgt å registrere. Det er ønskelig å velge en respons som gir et raskt og sikkert varsel om en skadelig endring i vannkvaliteten, men med et minimum av falske alarmer. Vannets oppholdstid i apparaturen bør være så liten som mulig for å redusere forsinkelse i den målte respons.

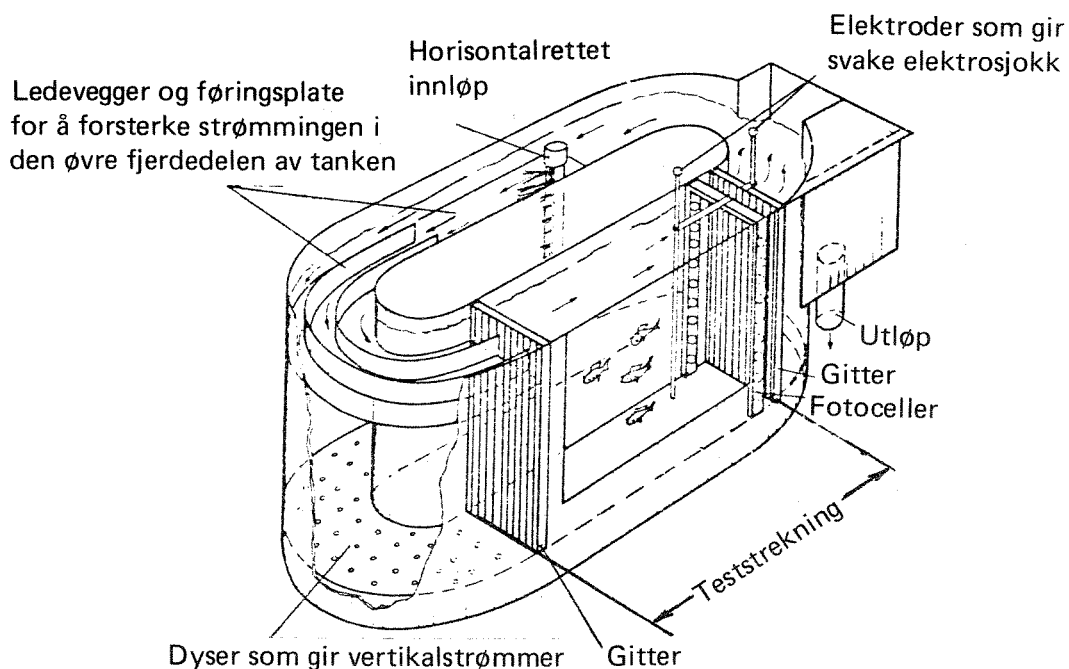
Av respons som er vanlig å måle i den apparatur som er utarbeidet, kan nevnes:

- Dødelighet
- Manglende evne til å motstå en vannstrøm
- Forandring i atferdsmønster og aktivitet
- Forandring i åndings- og hjertefrekvens
- Akkumulering av giftige mikroforurensninger i organismen.

Av de valgte responser synes kanskje dødelighet å være den minst aktuelle fordi den inntreffer for sent til å gi det ønskede tidlige varsel ved akutt toksisitet. Bare i meget høye konsentrasjoner vil eventuelle giftstoffer kunne resultere i dødelighet så fort at tiltak kan treffes i tide. Finnes det giftige mikroforurensninger som medfører kronisk forgiftning og eventuelt akkumulering i organismen, vil dødelighet kombinert med observasjon av eventuelle nesten dødelige effekter og måling av akkumulerte stoffer være verdifull. Måling av atferds- og aktivitetsendring samt forstyrrelser av åndings-

og hjertefrekvens er utvilsomt de responser som foreløpig er mest aktuelle når det gjelder varsling av akutt toksisitet. I det følgende skal det gis en kort beskrivelse og en vurdering av noen metoder for varsling av akutt og kronisk toksisitet som er tatt i bruk ved enkelte større renseanlegg for kloakk og industriavløpsvann i utlandet.

I Tyskland (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe) er det utviklet og tatt i bruk et kontrollsystem med fisk som baserer seg på fisks evne til å motstå en vannstrøm (BESCH et al. 1974, BESCH et al. 1977). Apparaturen består i prinsippet av en kanal hvor vannet ledes inn horisontalt og fra bunnen slik at en oppnår sterkest strøm i overflaten (se figur 1). Svekket fisk og



Figur 1. Apparatur for automatisk registrering av fiskens manglende evne til å motstå en vannstrøm.
(BESCH et. al. 1974)

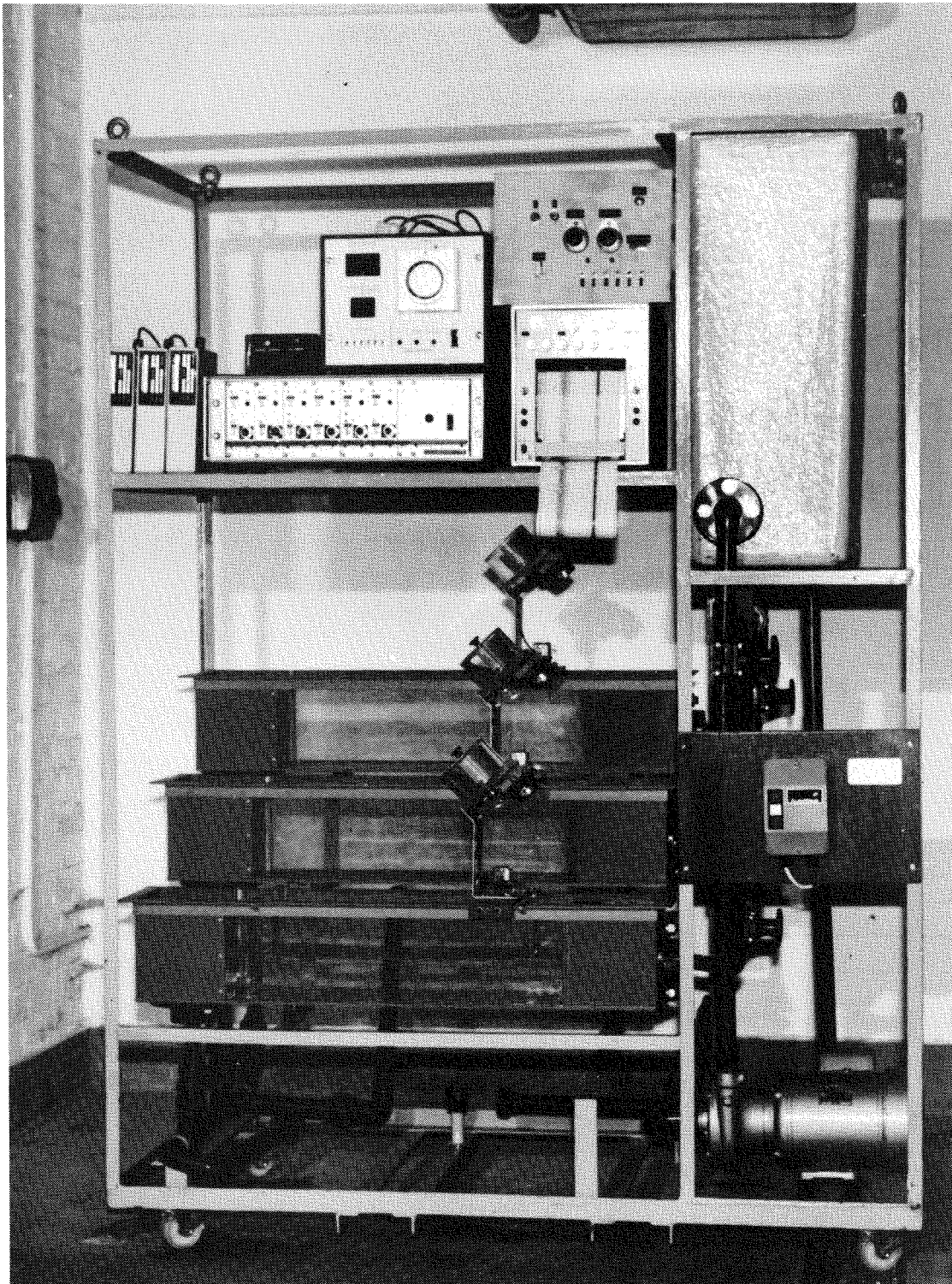
fisk som søker mot overflaten vil føres nedover mot utløpet. Her blir fiskens passering registrert ved hjelp av fotoceller og ved passeringen utløses elektriske pulser i vannet som gir fisken et lett elektrosjokk. Normale, ubeskadigede fisk vil etter få minutter lære å holde seg unna nedre del av kammeret. Ved hjelp av forskjellige teknikker kan passeringene registreres på en skriver og en alarm kan utløses når et visst antall overskrides slik at tiltak kan iverksettes. Som testfisk kan benyttes flere arter. I Tyskland har særlig gull-vederbuk (*Idus melanoides* Heck), gullfisk, karpe og regnbueaure vært anvendt. Det benyttes fisk i størrelsesorden 10-20 cm og i et antall av 10-12.

Apparaturen synes i prinsippet å være vel egnet til biologisk kontroll av avløpsvann. Det vil først og fremst bli registrert relativt høye konsentrasjoner som virker akutt giftig. Ved å regulere avløpsvannets fortykning i apparaturen til et passende nivå, skulle det imidlertid i de fleste tilfeller være mulig å få en varsling som er vel tilpasset den aktuelle situasjon. Ved å benytte ulike fiskearter har en også muligheter for å regulere apparaturens følsomhet. Metoden er såvidt enkel at ettersyn og drift etter en innkjøringsperiode skulle kunne utføres av alminnelig kvalifisert personale ved renseanlegg.

Metoden og mer eller mindre modifiserte utgaver av den er i dag i bruk ved flere anlegg i bl.a. Tyskland og Nederland (POELS 1975). En apparatur ferdig for montering produseres i Tyskland.

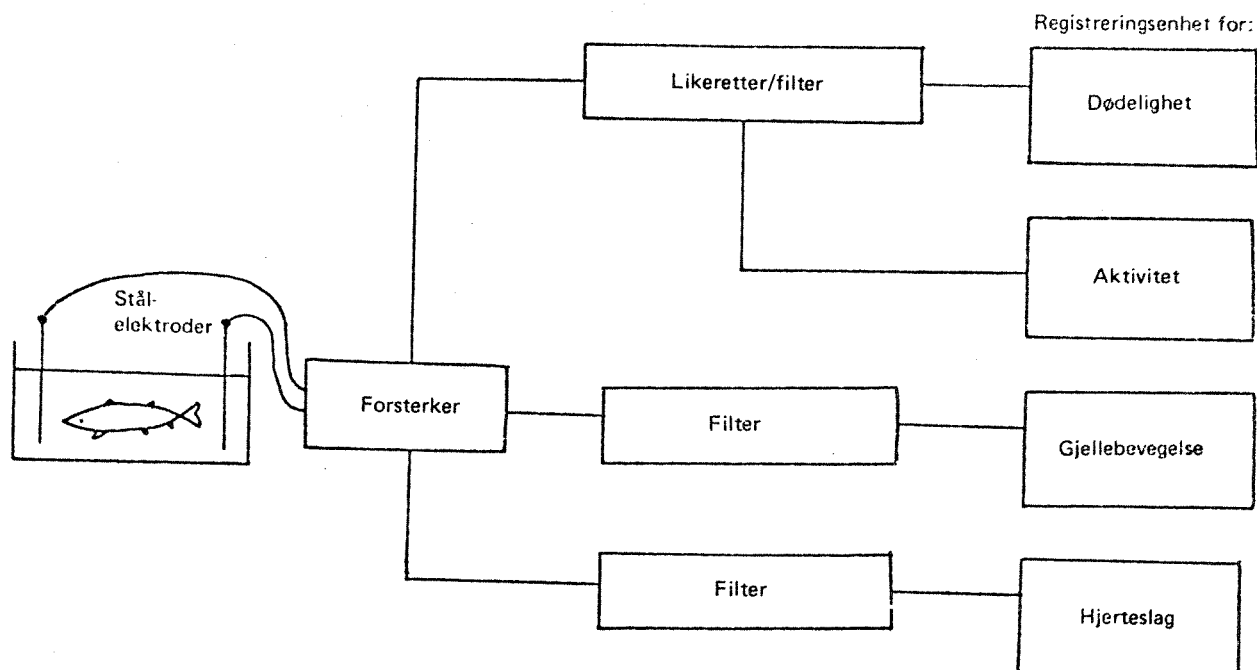
Ved Water Research Center (WRC) i England (W.F. MILLER pers. medd.) utvikles for tiden en metode som er basert på måling av fiskens aktivitet, hjertefrekvens, gjellebevegelser og eventuell død (figur 2 og 3). Systemet er basert på en teknikk utviklet av SPOOR (1971) og består av et kammer hvor fiskens aktivitet og gjellebevegelser kan registreres ved hjelp av elektroder som dykkes ned i for- og bakkant av kammeret.

I den apparatur som er utviklet ved WRC svømmer fisken i et kammer mellom rustfrie stålelektroder som er plassert over og under fisken slik at det vannvolum fisken beveger seg i er ca. 90 x 17 x 8 cm.



Figur 2. Apparat for måling av dødelighet, aktivitet, gjellebe-
vegelseser og hjerteslag (fra W.F. MILLER, pers.medd.).

Fotografiet viser hele apparaturen med tre registrerings-
enheter, automatisk foring, pumpe, overløpskar og elektronikk
med skriver.



Figur 3. Skjematisk fremstilling av elektronikkdelen i WRC's biotestanlegg (W. F. MILLER, pers.medd.).

Vannet strømmer horisonalt med en hastighet av 8 cm/s. Som testfisk benyttes en regnbuaure i størrelse ca. 15 cm. Signaler fra hjerteslag, gjellebevegelser og aktivitet kan oppfanges av elektrodene uavhengig av i hvilken posisjon fisken befinner seg. Elektrodene er via en skjermet toleder forbundet med en forsterker/filter-enhet som er spesielt tilpasset fiskens bioelektriske signaler som oppfanges av elektrodene. Ved hjelp av likeretting og filtrering kan en skjelne og registrere aktivitet, gjellebevegelser og hjerteslag og få forskjellige utskrifter for disse. Er impulsutslagene signifikant forskjellig fra det normale kan alarm utløses.

Metoden er følsom idet den baserer seg på responser som gjerne gir først utslag i et forgiftningstilfelle. Faren for mange falske alarmer kan derfor lett være til stede. For mest mulig å unngå dette, bruker en fisk i tre atskilte kammere.

Under driften fores fisken med tørrfor (pellets) fra en automatisk foringsenhet. Det har vist seg at fisken kan oppholde seg i lang tid i apparaturen uten tegn til svekkelse eller mistriivsel.

Denne metoden er tatt i bruk eller vil bli tatt i bruk i nær fremtid ved 7-8 forskjellige lokaliteter i England. Erfaringene herfra vil bety mye for metodens videre skjebne. Samtidig drives det for tiden ytterligere forskning ved WRC for å videreutvikle metoder.

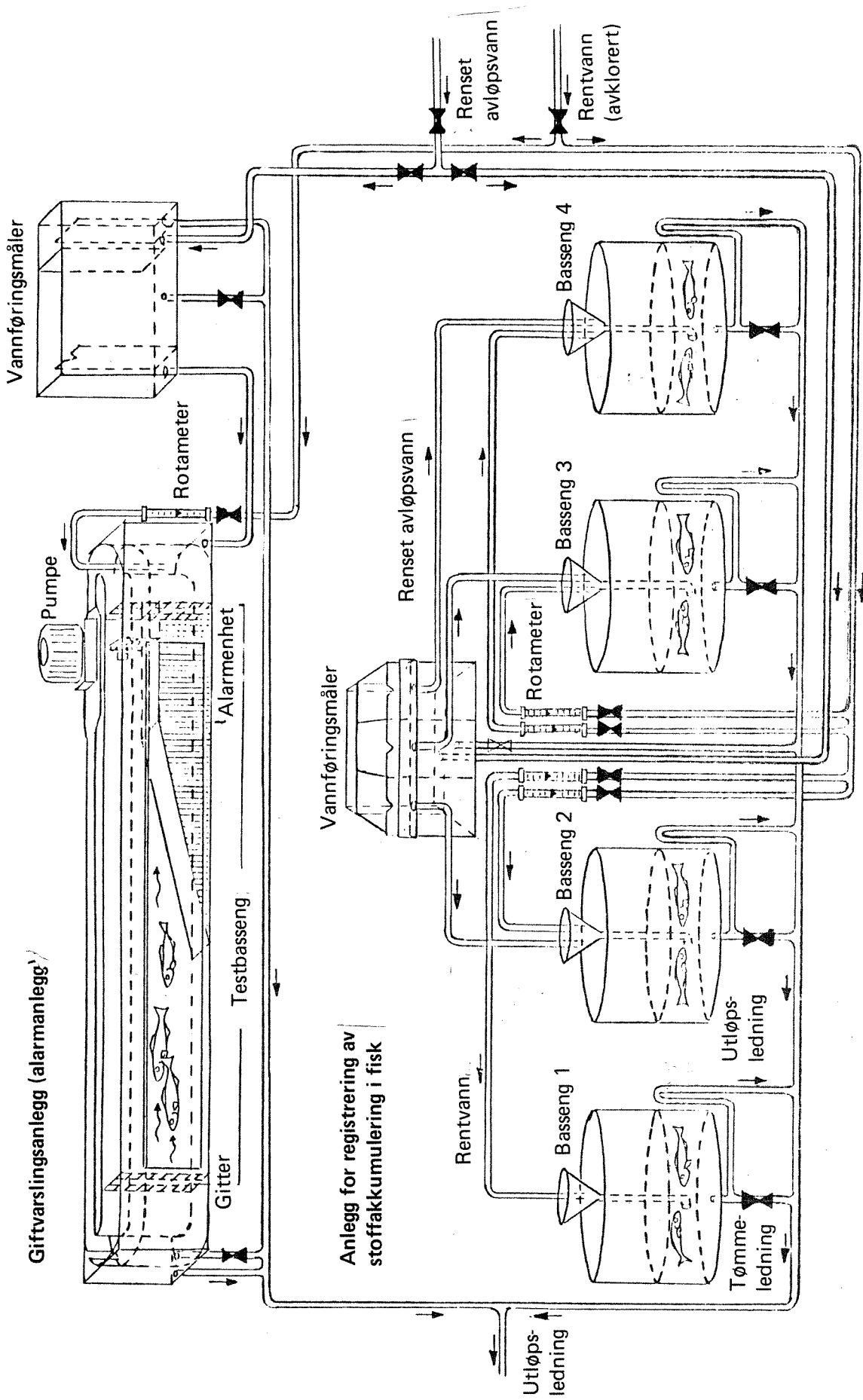
Apparaturen kan i dag leveres ferdig for montering og prisene ble oppgitt til anslagsvis 50 000 kr for et system med 3 registreringsenheter (kamre). Det ble opplyst at arbeidet med driften av anlegget vil kreve en person i ca. $\frac{1}{2}$ -dags arbeid pr. dag.

Fra Sverige skal nevnes en biotestapparat for fisk ved Ryaverket i Gøteborg. Ryaverket er et høyt belastet aktivslamanlegg med 620 000 personekvivalenter tilknyttet.

Apparaturen er her bygget i to enheter med forskjellig formål (se figur 4). Den ene delen er et varslingsanlegg som arbeider etter samme prinsipp som enheten til BËSCH (se side 13), og skal derfor ikke omtales nærmere. Den andre enheten er en såkalt "anrikningsanl gning". Hensikten med dette anlegget er å studere hvordan stoffer i det behandlede avløpsvannet kan akkumuleres i fisk. Først og fremst har en her analysert tungmetaller og klorerte hydrokarboner. Anlegget består av fire bassenger med ulik blanding av det rensede avløpsvannet. Hvert basseng har et volum på 100 liter og en vanngjennomstrømning på 6 l/min. I hvert av disse plasseres 10 regnbueaure eller bekkerøye. Bassengene mottar 0%, 17%, 33% og 50% avløpsvann. Fortynningsvannet er avklorert vann fra det kommunale vannledningsnett.

I en rapport for driften i 23 uker i 1976 (STENSTR M 1976) opplyses at fiske var mindre påvirket av avløpsvannet i sommerukene enn tidligere på året. I de tilfeller hvor det ble konstatert et dårligere behandlet avløpsvann, forårsaket dette som oftest effekter på fisken i form av varsling av nedsatt svømmedyktighet og fiskedød. Det synes særlig som om lavt oksygeninnhold, høyt innhold av suspenderte partikler og tungmetaller som sink og kadmium, og til en viss grad også kvikksølv, kobber og nikkel var utløsende årsaker til varsling og fiskedød i dette anlegget.

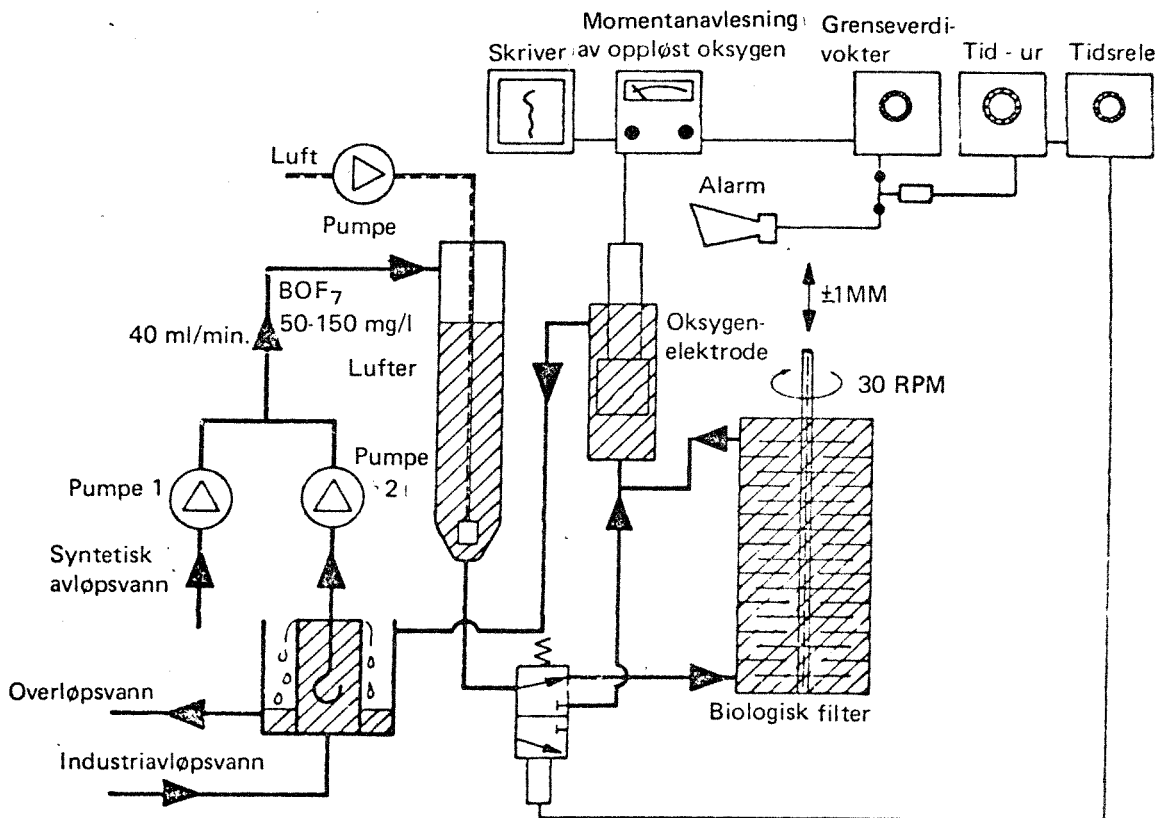
Ved Ryaverket er det ansatt en biolog som i tillegg til å utføre resipientundersøkelser, har ansvaret for drift av biotestanlegget.



Figur 4. Ryaverkets biotestanlegg (STENSTRØM 1976).

3.1.2 Nedbryterorganismer (bakterier, sopp og protozoer)

Det kanskje best utprøvede systemet for giftvarsling med heterotrofe mikroorganismer¹⁾ er et apparat utviklet ved Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning (KVL), Stockholm (SOLYOM 1976 og SOLYOM 1977). Systemet er basert på etablering av heterotrof begroing på faste, roterende overflater i et lukket kammer. Systemet tilføres kontinuerlig luft og kommunalt avløpsvann eller et syntetisk avløpsvann blandet med det avløpsvannet man skal overvåke. Vanligvis vil mikroorganismene i apparatet forbruke mesteparten av oksygenet i vannet. Ved tilsats av giftstoffer blir organismenes aktivitet nedsatt slik at oksygeninnholdet øker i det utgående vannet. Dette registreres ved en oksygenelektrode som kan tilkobles en alarm når en fastsatt grenseverdi overskrides. Systemet egner seg meget godt til overvåking av industrielt avløpsvann for beskyttelse av såvel biologiske renseanlegg som resipienter. Det har i praksis vist seg å være driftssikkert. Daglig tid for tilsyn og vedlikehold oppgis til ca. 30 minutter. En prinsippskisse av giftvarsleren er vist i figur 5.



Figur 5. Prinsippskisse av IVL's giftvarsler (SOLYOM 1977).

1) Heterotrofe mikroorganismer er de som trenger tilførsel av organisk stoff for å bygge opp eget cellemateriale, f.eks. sopp og de fleste bakterier.

Andre typer varslingssystemer basert på heterotrofe mikroorganismer er i prinsippet bygget som mini-utgaver av aktiv-slamlegg hvor også oksygenopptaket registreres (AXT 1973, CLARKE et al. 1977). Uten direkte å avskrive denne type anlegg, er det sannsynlig at det er vanskelig å holde enhetene stabile over lang tid. De vil trolig trenge mer stell enn systemet basert på begroing (fastsittende mikroorganismer).

Et annet system basert på tester med begroingsorganismer er i prinsippet et biologisk filter hvor en eventuell hemming av nitrifisering registreres (HOLLAND & GREEN 1975, STROUD & JONES 1975). Ammonium registreres kontinuerlig ved hjelp av en elektrode. Systemet har vist seg å reagere på et vidt spektrum av giftstoffer.

Ved Ferskvannslaboratoriet i Silkeborg er det under utvikling et system som er basert på at en film med mikroorganismer vokser på teflonmembranen på en oksygenelektrode. Når organismenes aktivitet synker (som følge av en giftvirkning), vil mer oksygen diffundere gjennom membranen. Oksygennivået i testelektroden måles i forhold til en elektrode med steril membran (OLE SORTKJÆR, pers. medd.).

3.2 Registrering av økologiske effekter

Bruk av selvetablerende bentiske¹⁾ organismsamfunn i renner (analogresipienter) har vist seg å gi gode holdepunkter for avløpsvannets totale innvirkning (EICHENBERGER 1972, SKARHEIM et. al. 1972, WUHRMANN & EICHENBERGER 1975, TRAAEN 1976). Slike bentiske organismsamfunn er følsomme for påvirkninger og gir et godt visuelt inntrykk av avløpsvannets virkninger. Systemet egner seg godt for fotografisk dokumentasjon. I tillegg til den forskningsmessige verdi slike anlegg har, kan de ha en stor pedagogisk verdi. Driftspersonalet ved renseanlegg vil få en mer direkte opplevelse av hva deres innsats betyr for resipienten. Dette kan medføre større årvåkenhet og interesse for arbeidet.

Ved bruk av analogresipienter må man være oppmerksom på at de biologiske utslag vil være avhengig av hvilket resipientvann man bruker. Bruk av vann fra renseanleggets resipient vil gi det mest pålitelige bilde av avløpsvannets virkninger. Hvis resipientvannet er lite påvirket vil man få en

1) Organismer som lever på eller i tilknytning til bunnen.

følsom analogresipient. Hvis resipientyannet er sterkt påvirket, f.eks. av utslipp oppstrøms i vassdraget, vil analogresipienten bli mindre følsom, slik at man ikke vil kunne observere de helt store forbedringer selv med den beste rensing av avløpsvannet. I selve resipienten vil man imidlertid kunne oppleve at et godt rensresultat vil medføre at den påvirkede sone blir redusert på grunn av samspillet mellom vassdragets selvrensningsevne og renseanlegget. I slike situasjoner kan det være mer pedagogisk å benytte et mindre forurenset resipientvann til analogresipientene for å få et mer korrekt bilde av renseanleggets virkningsgrad.

Tilsvarende analogresipienter er også benyttet for å studere effekter av avløpsvann i saltvann. Ved University of California har man med godt resultat benyttet et anlegg med 20 gjennomstrømningsakvarier, hvert på 4 m³, for å studere biologiske virkninger av rensed avløpsvann til San Francisco Bay (STONE et. al. 1973). Såvel bentiske som planktoniske organismsamfunn ble studert i dette systemet.

Gjennomstrømningsakvarier kan også benyttes til studier av akkumulering av giftstoffer i næringskjeden. Eksempelvis er skrubbeflyndre og blåskjell benyttet for å studere akkumulering av kadmium (KIRKERUD 1977). Slike akvariesystemer burde være velegnet til kontinuerlig ("on-line") kontroll ved større renseanlegg. Anlegget gir også en kontroll av akutt giftighet ved visuell observasjon.

Akkumuleringsstudier av giftstoffer ved hjelp av "on-line" akvarier med regnbueørret har vært i bruk i flere år ved Ryaverket i Gøteborg (Se side 17).

Dialysekulturer med alger er også benyttet til såvel vekstfysiologiske studier som akkumuleringsundersøkelser (JENSEN 1973). Teknikken er også benyttet "on-line" for testing av avløpsvann fra ulike typer renseanlegg (LAAKE 1976). Teknikken ser ut til å være velegnet for tidsbegrensede intensivundersøkelser. På det nåværende stadium fordrer metoden spesialutdannet personale.

3.3 Kontinuerlig bakteriologisk karakterisering

Antakelig det mest avanserte opplegg for kontinuerlig vannkvalitetstesting er under utvikling ved NASA romfartssenter i Houston, Texas. Automatiske kontrollenheter er bygget inn i en trailer som kan koples til et avløpsvann eller resipientvann over kortere eller lengre tid. Detektorene innbefatter 15 ulike måleinstrumenter for kjemisk/fysikalsk karakterisering og 3 enheter for mikrobiologisk testing. De sistnevnte innbefatter kontinuerlig måling av total bakteriebiomasse ved hjelp av kjemiluminescens, levende bakteriebiomasse (ATP), samt koliforme bakterier (totale eller fekale) ved hjelp av hydrogenregistrering under inkubering i et laktosemedium. Resultatene kan mates inn i en datamaskin og overføres via telefon til en mottakersentral. (JEFFERS & TAYLOR 1977, TAYLOR & JEFFERS 1977). Det er lite trolig at det vil bli behov for slike teknologisk avanserte systemer i Norge i den nærmeste fremtid.

3.4 Mobile biotestlaboratorier

Mobile biotestlaboratorier kan være et alternativ til permanente installasjoner. Det er utviklet systemer som kan kobles "on-line" til effluenter og resipienter i kortere eller lengre perioder. Et eksempel er allerede nevnt i forrige kapittel. Et kontinuerlig gjennomstrømnings-system med 26 stk. 1,5 l akvarier bygget inn i en trailer, er beskrevet i detalj av WUERTHELE et.al. 1973. Systemet kan benyttes for småfisk eller andre akvatiske dyr. Forfatterne hevder at systemet har vist seg egnet til testing av både industrielt og kommunalt avløpsvann. GERHOLD 1973 lister opp 14 mobile biotestlaboratorier som er i bruk i USA. Fordelen med slike opplegg er at det mobile laboratoriet kan bemannes med mer spesialisert personell enn man kan forvente vil bli tilfelle ved det enkelte renseanlegg eller bedrift. Man kan derfor redusere på kravet til enkle driftsrutiner, og kan i større utstrekning benytte biotester som allerede er innarbeidet for laboratorieforhold, spesielt gjennomstrømningsystemer som beskrevet av BRUNGS 1973.

Hvis man kan regne med at endringer i effluentens kvalitet kan fanges inn over en relativt kort periode, kan mobile biotestlaboratorier vise seg å være et økonomisk gunstig alternativ. En ulempe er at den pedagogiske verdi som ligger i en egenkontroll, faller bort. Man vil dessuten ha liten garanti for at man fanger inn sjeldne støtbelastninger som følge av driftsuhell.

3.5 Ny biologisk renseteknologi. Resirkulering

Dette er et raskt ekspanderende felt, og det ville falle utenfor rammen av denne utredningen å gå inn på de enkelte metoder som er under utprøving. Det kan bare påpekes at selve renseprosessene i seg selv vil innebære en effektiv biologisk kontroll av avløpsvannet. En god oversikt over metoder som er under utprøving vil man finne i boken "Biological Control of Water Pollution" utgitt på grunnlag av en internasjonal konferanse om "Biological Water Quality Improvement Alternatives" (TOURBIER & PIERSON, 1976). Videre henvises det til en utredning om resirkulering som er laget på NIVA (HAUGEN 1978).

4. Konklusjon

Det finnes neppe noen sikrere metode til å registrere yesentlige egenskaper ved et avløpsvann enn å bruke levende organismers reaksjoner. Kontinuerlige ("on-line") biologiske kontrollenheter har derfor fått øket oppmerksomhet de siste årene. De fleste testsystemene av denne type befinner seg ennå på utviklingsstadiet. Det er ofte forbundet med store praktiske problemer å overføre laboratorietester til kontinuerlige, lettbetjente enheter for testing av avløpsvann.

Testsystemer basert på fisk synes å være best utviklet. Som regel vil systemene kreve et forholdsvis kvalifisert personell. Det er nødvendig med biologisk kunnskap for å holde fisk i kultur over lengre tid og for å vurdere fiskens reaksjoner. Dette burde imidlertid ikke være til hinder for at større renseanlegg og industribedrifter burde kunne bruke fisk som testorganismer.

Av systemer basert på bruk av mikro-organismer, synes de mest stabile og lettdrevne systemene å være basert på fastsittende begroing (biologiske filtre, roterende skiver samt renner). Til giftvarsling synes begroings-enheten fra IVL å være den som har best dokumentert brukbarhet i praksis. Driften av denne enheten fordrer ikke spesialutdannet personale.

For økologiske vurderinger synes selvetablerende begroingssamfunn i renner å gi gode resultater. Selve driften bør kunne utføres av ikke-spesialister. Med en forholdsvis beskjeden opplæring vil også driftspersonalet ved et renseanlegg visuelt kunne registrere større biologiske utslag. Det vil dog være hensiktsmessig med en viss oppfølging av spesialutdannet personale.

Det er trolig at biologiske "on-line" kontrollenheter om noen år vil være en selvfølgelig komponent i større avløpsanlegg, såvel for kommunale som

industrielle ayløp. Foruten den utvilsomme verdien slike kontrollenheter har for beskyttelse av våre vassdrag, vil enhetene kunne tillegges stor pedagogisk betydning. Opplysninger om organismers reaksjoner vil for de fleste være mer meningsfylt enn opplysninger om konsentrasjoner av kjemiske forbindelser. Det har også vist seg at kjemikalielekkasjer i industrien kan oppdages raskere ved hjelp av biologiske kontrollenheter enn ved kjemiske analyser. Enhetene kan også være verdifulle for å dokumentere uskyld eller skyld for den enkelte bedrift når skadelige virkninger i resipienten registreres.

Selv om de fleste biologiske kontrollenhetene befinner seg på utviklingsstadiet, finnes det systemer som allerede i dag vil være egnet til praktisk utprøving i Norge. Det er bare en lengre tids utprøving ved ulike avløpsanlegg som kan vise hvorvidt et system er brukbart i praksis. Vi vil derfor anbefale at én eller flere av de beskrevne metodene testes ved utvalgte kommunale og industrielle avløpsanlegg. Vi vil også peke på at det er behov for nyutvikling på dette feltet. Spesielt når det gjelder å ta i bruk et bredere spektrum av organismer til giftvarsling, f.eks. evertebrater (hvirvelløse dyr) og fastsittende alger.

5. Litteratur

5.1 Referanseliste for rapporten

AXT, G., 1973. "Kontinuerliche Toxizitätsmessung mit Bakterien (Toximeter)."
- Gewässerschutz - Wasser-Abwasser, 10, pp. 297-306.

BESCH, W.K., A. KEMBALL, K. MEYER-WAARDEN and B. SCHARF, 1977.
"A biological monitoring system employing rheotaxis of fish."
In biological Monitoring of Water and Effluent Quality, ASTM STP 607,
pp. 56-74, American Society for Testing and Materials,
Philadelphia.

BESCH, W.K., H.G. LOSERIES, K. MEYER-WAARDEN, W. SCMITZ, 1974.
"Warntest zum Nachweis akut toxischer Konzentrationen von Wasserin-
haltsstoffen."
Arch. Hydrobiol. 74, pp. 551-565.

BRUNGS, W.A., 1973. "Continuous-Flow Bioassays with Aquatic Organisms:
Procedures and Applications."
In Biological Methods for the Assessment of Water Quality".
ASTM STP 528, pp. 117-126. American Society for Testing and
Materials. Philadelphia.

CLARKE, A.N., ECKENFELDER, W.W. Jr. & ROTH, J.A., 1977.
"The development of an influent monitor for biological treatment
systems."
Session 3, Paper 14. International workshop on instrumentation and
control for water and wastewater treatment and transport systems.
London and Stockholm, 16-21 May 1977.

EICHENBERGER, E., 1972. "Ökologische Untersuchungen an Modellfliessge-
wässern. IV. Auswirkung der Selbstreinigung auf die Biomassebildung
in eienem Abwassergradienten." Schweiz. Z. Hydrol. 34, pp. 173-189.

EIFAC, 1975. European Inland Fisheries Advisory Commission, Working
Party on Water Quality for European Freshwater Fish. Report on fish
toxicity testing procedures. FAO.

- FURIA, E.W., 1976. "Biological Alternatives in Perspective: More than Academic Curiosities." In Biological Control of Water Pollution. University of Pennsylvania Press. Philadelphia.
- GERHOLD, R.M., 1973. "Mobile Bioassay Laboratories", In Biological Methods for the Assessment of Water Quality, ASTM STP 528, pp. 242-256. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- HAUGEN, I., 1978. "Biologisk resirkulering i vann. Bruk av biologiske systemer for resirkulering av plantenæringsstoffer i avløpsvann - styrt eutrofiering." 0-28/76. NIVA, april 1978.
- HOLLAND, G.J. & GREEN, A., 1975. "Development of a gross pollution detector : Laboratory studies." Water Treatment and Examination, 24, pp. 81-99.
- JEFFERS, E. & TAYLOR, R.E., 1977. "NASA on-line microbiological detection systems for water/wastewater." Session 3, Paper 15. International workshop on instrumentation and control for water and wastewater treatment and transport systems. London and Stockholm, 16-21 May 1977.
- JENSEN, A., 1973. "Application of dialysis culture techniques to studies of water quality." In Algal Assays in Water Pollution Research. Publication 1973:2. NORDFORSK. Secretariat of Environmental Sciences, Helsingfors.
- KIRKERUD, L., 1977. "Skrubbeflyndre som hjelpemiddel i forurensningskontroll." NIVA's årbok, 1976.
- LAAKE, M., 1976. Monitoring the effects of chemical and biological waste water treatment in situ by dialysis cultures of freshwater algae. NIVA, 22/10-76.
- POELS, C.L.M., 1975. "Continuous automatic monitoring of surface water with fish." Wat.Treat.Exam. 24, pp. 46-56.
- SKARHEIM, H.P., GALLOWAY, T.R., SELLECK, R.E. & HORNE, A.J., 1972. "Assessment of biological effects of treated wastewater on the Truckee River". - Univ. of California, Sanitary Engineering Research Laboratory, Berkeley.

SOLYOM, P., 1976. "Kontinuerlig övervakning av akuttoxicitet i avloppsvatten." Vatten 2/76, pp. 192-199.

SOLYOM, P., 1977. "Industrial experiences with Toxiguard, a toxicity monitoring system." Session 4, paper 26. International workshop on instrumentation and control for water and wastewater treatment and transport systems. London and Stockholm, 16-21 May 1977.

SPOOR, W.A., T.W. NEIHEISEL and R.A. DRUMMOND, 1971.

"An electrode chamber for recording respiratory and other movements of free-swimming animals."

Trans.Amer.Fish.Soc. 101, pp. 22-28.

STENSTRØM, M., 1976. Biotestanläggning Ryaverket.

Göteborgregionens Ryaverksaktiebolag. Rapport 1976-03-15 og 1976-08-25.

STONE, R.W., KAUFMAN, W.J. & HORNE, A.J., 1973. "Long-Term Effects of Toxicants and Biostimulants on the Waters of Central San Francisco Bay." SERL Report 73-1. University of California, Berkely.

STROUD, K.C.G. & JONES, D.B., 1975. "Development of a gross pollution detector : field trials." Water Treatment and Examination, 24, pp. 100-119.

TAYLOR, R.E. & JEFFERS, E., 1977. "NASA water monitor for community applications." Session 3, Paper 16. International workshop on instrumentation and control for water and wastewater treatment and transport systems. London and Stockholm, 16-21 May 1977.

TOURBIER, J. & PIERSON, R.W. (ed.), 1976. Biological Control of Water Pollution. University of Pennsylvania Press, Inc. Philadelphia.

TRAAEN, T.S., 1976. Vassdragsbiologi. Virkninger av rensetekniske tiltak. PRA-brukerrapport 13, Prosjektkomiteen for rensing av avløpsvann, Oslo.

WUERTHELE, M., ZILLICH, J., NEWTON, M. & FETTEROLF, C., 1973.

"Description of a continuous-flow bioassay laboratory trailer and the Michigan diluter." In Bioassay Techniques and Environmental Chemistry. Ann Arbor Science Publishers Inc. Ann Arbor, Michigan, 1973.

WUHRMANN, K. & EICHENBERGER, E., 1975: "Experiments on the effects of inorganic enrichment of rivers on periphyton primary production." Verh. Internat. Verein Limnol. 19, pp. 2028-2034.

5.2 Litteraturliste for biologisk kontroll med fisk
(Utarbeidet ved Water Research Centre (WRC) av W.F. MILLER)

THE USE OF FISH IN BIOLOGICAL MONITORS. WORLDWIDE REFERENCES

Spoor, W. A., Neiheisel, T. W., and Drummond, R. A.
AN ELECTRODE CHAMBER FOR RECORDING RESPIRATORY AND OTHER MOVEMENTS OF
FREE-SWIMMING ANIMALS.
Transactions of the American Fisheries Society, 1971, 100, 22-28.

Drummond, R. A., Spoor, W. A., and Olson, G. F.
SOME SHORT-TERM INDICATORS OF SUBLETHAL EFFECTS OF COPPER ON BROOK TROUT,
SALVELINUS FONTINALIS
Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 1973, 30, 698-701.

Drummond, R. A., Olson, G. F., and Batterman, A. R.
COUGH RESPONSE AND UPTAKE OF MERCURY BY BROOK TROUT, SALVELINUS FONTINALIS,
EXPOSED TO MERCURIC COMPOUNDS AT DIFFERENT HYDROGEN-ION CONCENTRATIONS
Transactions of the American Fisheries Society, 1974, 103(2), 244-249.

Heath, A. G.
A CRITICAL COMPARISON OF METHODS FOR MEASURING FISH RESPIRATORY MOVEMENTS
Water Research, 1972, 6, 1-7.

Schirer, H. W., Cairns, J., and Waller, W. T.
A SIMPLE APPARATUS FOR MEASURING ACTIVITY PATTERNS IN FISH
Water Resources Bulletin, 1968, 4(3), 27-43.

Cairns, J., and Waller, W. T.
THE USE OF FISH MOVEMENT PATTERNS TO MONITOR ZINC
Water Research, 1972, 6, 257-269.

Cairns, J., Dickson, K. L., Sparks, R. E., and Waller, W. T.
A PRELIMINARY REPORT ON RAPID BIOLOGICAL INFORMATION SYSTEMS FOR WATER
POLLUTION CONTROL
Journal of the Water Pollution Control Federation, 1970, 42(5), 685-703.

Sparks, R. E., Cairns, J., and Heath, A. G.
THE USE OF BLUEGILL BREATHING RATES TO DETECT ZINC
Water Research 1972, 6, 895-911.

Cairns, J., Sparks, R. E., and Waller, W. T.
THE USE OF FISH AS SENSORS IN INDUSTRIAL WASTE LINES TO PREVENT FISH KILLS
Hydrobiologia, 41(2), 151-167.

Cairns, J., Hall, J. W., Morgan, E. L., Sparks, R. E., Waller, W. T., and
Westlake, G. F.
THE DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED BIOLOGICAL MONITORING SYSTEM FOR WATER QUALITY.
Bulletin 59, 1973, Biology Department and Center for Environmental Studies,
Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA.

Cairns, J., Dickson, K. L. and Westlake, G. F.
CONTINUOUS BIOLOGICAL MONITORING TO ESTABLISH PARAMETERS FOR WATER
POLLUTION CONTROL
Progress in Water Technology, 1975, 7(5/6), 829-841.

Cairns, J.
QUALITY CONTROL SYSTEMS
In: River Ecology, ed. B. A. Whitton, University of California Press
1975, Chapter 23, 588-611.

Westlake, G. F., van der Schalie, W. H., Cairns, J., Dickson, K. L.
THE USE OF FISH TO CONTINUOUSLY MONITOR AN INDUSTRIAL EFFLUENT
Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. 1976,
Annals No. 75 CH1004-1, 18-4, pp 1-3.

Hall, J. W.
STATISTICAL METHODS FOR THE DETECTION OF POLLUTION UTILISING FISH MOVEMENTS
PhD dissertation, 1972, Virginia Polytechnic Institute and State University,
Blacksburg, Virginia, USA.

Warner, R. E.
TOXICANT-INDUCED BEHAVIOURAL AND HISTOLOGICAL PATHOLOGY. A QUANTITATIVE STUDY
OF SUBLETHAL TOXICATION IN THE AQUATIC ENVIRONMENT
Final Report prepared by Engineering Science, Inc. for Division of Water
Supply and Pollution Control, US Public Health Service, August 1964.

Rommel, S. A.
A SIMPLE METHOD FOR RECORDING FISH HEART AND OPERCULUM BEATS WITHOUT THE USE
OF IMPLANTED ELECTRODES
Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 1973, 30, 693-694

O'Hara, J.
A CONTINUOUSLY MONITORED RESPIRATION CHAMBER FOR FISH
Water Research, 1971, 5, 143-145.

O'Hara, J.
ALTERATIONS IN OXYGEN CONSUMPTION BY BLUEGILLS EXPOSED TO SUBLETHAL
TREATMENT WITH COPPER
Water Research, 1971, 5, 321-327.

Cummings, W. C.
USING THE DOPPLER EFFECT TO DETECT MOVEMENTS IN CAPTIVE FISH IN
BEHAVIOUR STUDIES
Transactions of the American Fisheries Society, 1963, 92, 178-180.

Baslow, M. H.
AN AUTOMATED BIOASSAY TECHNIQUE USING ULTRASONIC STANDING WAVES TO
MONITOR EFFECTS OF POLLUTANTS, CHEMICALS AND OTHER ENVIRONMENTAL PARAMETERS
ON AQUATIC ORGANISMS.
1, 143-145.

Schaumberg, F. D., Howard, T. T., and Walden, C. C.
A METHOD TO EVALUATE THE EFFECTS OF WATER POLLUTANTS ON FISH RESPIRATION
Water Research, 1967, 1, 731-737.

Walden, C. C., Howard, T. E., and Froud, G. C.
A QUANTITATIVE ASSAY OF THE MINIMUM CONCENTRATIONS OF KRAFT MILL EFFLUENTS
WHICH AFFECT FISH RESPIRATION
Water Research, 1970, 4, 61-68.

Sprague, J. B.
AVOIDANCE OF COPPER-ZINC SOLUTIONS BY YOUNG SALMON IN THE LABORATORY
Journal of the Water Pollution Control Federation, 1964, 36, 990.

Scherer, E., and Nowak, S.
APPARATUS FOR RECORDING AVOIDANCE MOVEMENTS OF FISH
Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 1973, 30, 1594-1596.

Scherer, E.

AVOIDANCE OF FENITROTHION BY GOLDFISH (CARASSIUS AURATUS)

Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 1975, 13(4), 492-496.

Morgan, W. S. G., and Kuhn, P. C.

A METHOD TO MONITOR THE EFFECTS OF TOXICANTS UPON BREATHING RATE OF LARGEMOUTH BASS (MICROPTERUS SALMOIDES LACÉPÈDE)

Water Research, 1974, 8, 67-77.

Morgan, W. S. G.

MONITORING PESTICIDES BY MEANS OF CHANGES IN ELECTRIC POTENTIAL CAUSED BY FISH OPERCULAR RHYTHMS.

Progress in Water Technology, 1975, 7(2), 33-40.

Morgan, W. S. G.

FISHING FOR TOXICITY : BIOLOGICAL AUTOMONITOR FOR CONTINUOUS WATER QUALITY CONTROL

Effluent and Water Treatment Journal, 1976, Sept. 471-475.

Meffert, P.

ULTRASONIC RECORDER FOR LOCOMOTOR ACTIVITY STUDIES

Transactions of the American Fisheries Society, 1968, 97, 12-17.

Poels, C. L. M.

CONTINUOUS AUTOMATIC MONITORING OF SURFACE WATER WITH FISH

Water Treatment and Examination, 1974, 24(1), 46-56.

* Van Rhijn, J. J. M.

A BIOLOGICAL TEST SYSTEM FOR AUTOMATIC DETECTION OF ACUTE TOXICITY OF WATER H₂O, 1974, 7(11), 217-220 (in Dutch).

Vivier, A.

MONITORING WATER POLLUTION - THE OBSERVATION POST AT BORAN-SUR-OISE

Advances in Water Pollution Research 1972, 799-807.

Hallopeau, J. and Vallée, B.

EAU DE RIVIERE ET EAU POTABLE - Les postes de contrôle automatique des rivières et les usines de traitement dans un ensemble intégré de production d'eau potable.

TSM - L'Eau, 1974, No. 6, 266-272.

UK Department of Industry

MONITORING OF POLLUTANTS

Technology and the Environment - Reports from scientific counsellors overseas, 1975, No. 8.

Hasselrot, T. B.

BIOASSAY METHODS USED BY THE RESEARCH LABORATORY OF THE NATIONAL SWEDISH ENVIRONMENT PROTECTION BOARD

Second FAO/SIDA training course on marine pollution in relation to protection of living resources, 1973, FIR/TPIR/73/22.

Lindahl, P. E., and Schwanbom, E.

A METHOD FOR THE DETECTION AND QUANTITATIVE ESTIMATION OF SUBLETHAL POISONING IN LIVING FISH

Oikos, 1971, 22(2), 210-214.

Bengtsson, B. E.

THE EFFECT OF ZINC ON THE ABILITY OF THE MINNOW, PHOXINUS PHOXINUS TO COMPENSATE FOR TORQUE IN A ROTATING WATER-CURRENT
Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 1974, 12(6)
654-658.

Besch, W. K., and Juhnke, H.

UN NOUVEL APPAREIL D'ETUDE TOXICOLOGIQUE UTILISANT DES CARPILLIONS
Annales de Limnologie, 1971, 7(1), 1-6.

Ermisch, von R., und Juhnke, I.

AUTOMATISCHE NACHWEISVORRICHTUNG FÜR AKUT TOXISCHE EINWIRKUNGEN AUF FISCHE IM STROMUNGSTEST
Gewässer und Abwasser, 1973, 52, 16-23.

- * Besch, W. K., Loseries, H. G., Meyer-Waarden, und K., Schmitz, W.
EINE AUTOMATISCHE WARNANLAGE ZUM NACHWEIS VON GIFTEN IN AKUT TOXISCHEN KONSENTRATIONEN DURCH FISCHE
GWf Wasser/Abwasser, 1974, 115, 501-503.

* Jung, K. D.

EXTREM FISCHTOXISCHE SUBSTANZEN UND IHRE BEDEUTUNG FÜR EIN FISCHTEST - WARNSYSTEM
GWf Wasser/Abwasser, 1973, 114, 232-234.

Zahner, R.

UBER DIE WIRKUNG VON TEIBSTOFFEN UND OLEN AUF REGENBOGENFORELLEN
Vom Wasser, 1962, 29, 142-177.

Water Research Centre

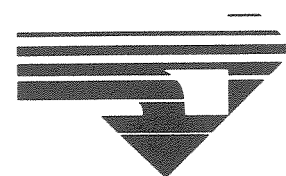
BIOLOGICAL MONITORING AND SURVEILLANCE OF RIVERS
WRC, Note on Water Research, 1976, No. 3.

Water Research Centre

INSTRUMENTAL METHODS OF MONITORING WATER QUALITY
WRC, Note on Water Research, 1976, No. 7.

*Translation held by WRC

NTNF's UTVALG FOR DRIFT AV RENSEANLEGG



Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

B-nr. 1521.5969	Forsk.inst. navn NTNFs Utvalg for drift av renseanlegg P.b. 333, Blindern, Oslo 3	NTNF-gruppe 15	Åpen/Foreløpig konfidensiell/Konfidensiell Åpen
Tittel BIOLOGISK DRIFTSKONTROLL I FORBINDELSE MED KLOAKKRENSANLEGG Forprosjekt			
Internt rapp.nr. HPD-21/76			
Forfatter(e) Siv.ing. Tor S. Traaen og cand.real. Magne Grande			Antall sider 33
			Dato Januar 1979
Oppdragsgiver NTNFs Utvalg for drift av renseanlegg			

Referat, maks. 40 ord

Orientering om biologisk kontroll både av avløpsvann som slippes inn på kloakkrenseanlegg (spesielt industriavløp) og av rensset avløpsvann som ledes til resipienten. Oversikt over ulike metoder for kontinuerlig biologisk kontroll av avløpsvann.

4 Emneord a maks. 23 karakterer

Kloakkrenseanlegg
Driftskontroll
Biologisk kontroll