

# Renseteknisk forskning ved Institutt for vassbygging, NTH

Av Hallvard Ødegaard.

Hallvard Ødegaard er dosent ved Institutt for vassbygging, NTH. Han er siv.ing., NTH 1969 og dr.ing., NTH 1975.

*Innlegg holdt på møte i Norsk Vannforening 5. november 1980.*

## INNLEDNING

Renseteknikk ble innført som eget særkursfag ved Institutt for vassbygging, NTH i 1974. Fra den tid har gjennomsnittlig 25—25 studenter pr. år fått spesialundervisning innen fagområdet Rensing av avløpsvann og behandling av drikkevann. Også før 1974 ble renseteknisk undervisning gitt, men da som en del av det generelle Vann- og avløpsfaget. Gjennomsnittlig har ca. 15 studenter pr. år utført Hovedoppgaven innen fagområdet. I de senere år har det vært en markert økning i interessen for å gjennomføre et dr.ing.-studium innen fagområdet Renseteknikk, og for tiden er seks dr.ing.-studenter i arbeid med sitt dr.ing.-studium innen dette fagområdet.

Denne undervisningsaktiviteten har medført et økende renseteknisk forskningsengasjement ved instituttet. Forskningen foregår i nært samarbeid med andre institusjoner som arbeider med rensetekniske spørsmål, f.eks. SINTEF's avdeling for kjemiteknikk, NIVA's teknisk avdeling og Styringsutvalget for jordforskning ved NLH.

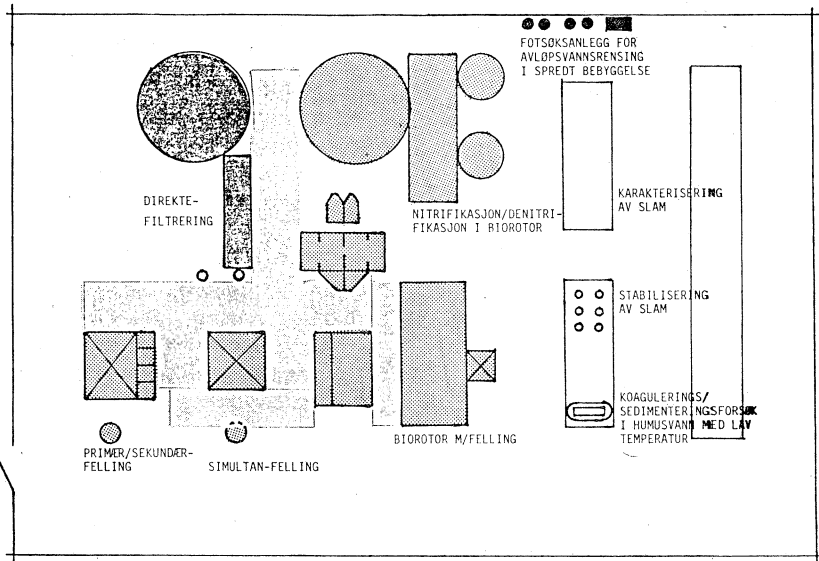
Avgjørende for forskningsaktiviteten de senere år har vært etableringen av instituttets forsøkshall for renseteknikk som ligger i nær tilknytning til instituttets kjemiske laboratorium.

Forsøkshallen, som er på ca. 200 m<sup>2</sup> inneholder pilot-anlegg både for avløpsvann og drikkevann. Avløpsvann blir pumpet til hallen fra et nærliggende boligområde, mens råvann for drikkevannbehandling blir tilkjørt og tilberedt på stedet. Hallen inkluderer pilotanlegg for de fleste enhetsoperasjoner for avløpsvannrensning (aktivslam, biorotor, biofilter, kjemisk felling osv.) og drikkevannsbehandling (koagulering, flokkulering, filtrering osv.). Fig. 1 viser en planskisse av hallen.

I tillegg til prosjekter i forsøkshallen, har det blitt gjennomført en rekke driftsstudieprosjekter på eksisterende renselanlegg både for drikkevann (Aukra, Ørlandet) og avløpsvann (Røros, Ler, Lundamo, Jevnaker, Rissa og Tana).

I det følgende skal kort omtales pågående forskningsprosjekter samt enkelte avsluttede prosjekter som har relevans til de pågående prosjekter.

Vi har prøvet å gruppere prosjektene om noen få hovedemner og benytter både diplomarbeider, dr.ing.-arbeider og opp-



Figur 1. Planskisse av forsøksball for renseteknikk ved Institutt for vassbygging, NTH

drag over flere år for å fordype oss i disse hovedemnene.

Vi har konsentrert oss om følgende hovedemner:

- Fjerning av humus fra drikkevann
- Biofilmprosesser for rensing av avløpsvann
- Rensing av avløp fra spredt bebyggelse
- Separasjonsprosesser.

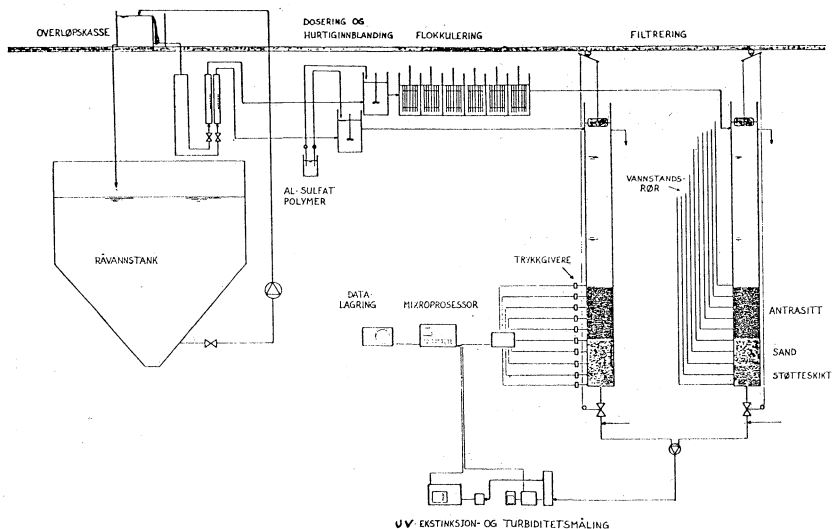
### Fjerning av humus i drikkevann.

Målsettingen med vår aktivitet innen dette emneområdet, har vært å analysere alternative humusfjerningsmetoder spesielt med tanke på små vannverk sett i lys av den situasjon vi har her i landet (klima, driftsforhold, organisatoriske forhold osv.). Den konvensjonelle metoden for fjerning av humus er koagulering/flokkulering/sedimentering/flotasjon/filtrering. Den me-

toden er imidlertid både investerings- og driftskostbar.

En forenkling kan oppnås ved såkalt direktefiltrering som er en prosessløsning hvor man utelukker grovseparasjonstrinnet (sedimentering eller flotasjon) og fjerner de ufeltede humusforbindelsene etter koagulering direkte på filter. Metoden ble først utprøvet gjennom en hovedoppgave hvor direktefiltrering i et oppstrømsfiltreringsanlegg ble utprøvet i ganske stor skala./1/

Vi er nå igang med et prosjekt (i form av et dring-arbeid) bygget opp omkring to direktefiltreringsenheter hvor både trykkutvikling i filteret samt effluent-kvaliteten (turbiditet og UV-ekstinksjon) registreres kontinuerlig, skrives ut og lagres på tape for senere bearbeiding i datamaskin. Flyteskjema for anlegget er vist i fig. 2.



Figur 2. Prinsipiell oppbygging av forsøksanlegg for direktefiltrering ved Institutt for Vassbygging, NTH.

Gjennom forsøkene håper man å få svar på:

- Effektiviteten av oppstrøms kontra nedstrøms filtrering
- Effektiviteten av av flermediafiltre kontra en-mediafiltre
- Verdien av flokkulering før filtrering
- Trykktapsutvikling og effluentkvalitetsutvikling ved de ulike filtertyper.

Parallelt med direktefiltreringsprosjektet går et prosjekt hvor haloformdannelsen ved klorering av ubehandlet og behandlet (direktefiltrert) humusvann studeres. Prosjektet utføres i form av et dr.ing.-arbeid og et typisk samarbeidsprosjekt, der dr.ing.-studenten er tilknyttet Kjemiske institutt ved Norges Lærerhøgskole, hjelpeleærer er tilknyttet Sentralinstituttet for Industriell Forskning og hovedfaglærer (undertegnede) er tilknyttet vårt institutt.

Målsettingen med prosjektet er:

- Bestemmelse av haloformdannelse som funksjon av pH, temperatur, klorose, humuskonsentrasjon og kontaktid.
- Bestemmelse av haloform dannelse før og etter direktefiltrering med bruk av enmedia og tomedia filter samt ved bruk av aktivt kull som filtermedia.
- Bestemmelse av haloformdannelse ved ulike molekylvekter på humus-molekylene.

Når det gjelder koagulering av humus, pågår dessuten nå et prosjekt hvor sedimenterbarheten av humusfnokker ved lave temperaturer, koagulert med ulike aluminiumsforbindelser, studeres. Dette er en oppfølging av arbeid som ble satt i gang i fjor. Det arbeidet hadde et meget praktisk utgangspunkt idet vi ble kontaktet for å prøve å være med å løse driftspro-

blemer ved Ørland vannverk. Problemene hadde sammenheng med kaldt vann, og de artet seg som separasjonsproblemer av humusfnokkene.

Vi studerte bruken av polymeriserte aluminiumsforbindelser (optimale prosessbetingelser, pH, dosering osv.), for å bedre fnokkoppbyggingen og sammenliknet effekten av disse ved lave temperaturer. /2/, /3/, /4/

Vi er nå igang med fortsettelsen av disse forsøkene nå med sedimenterbarheten av fnokkene ved lave temperaturer, koagulert med de ulike koagulantene, i fokus. Totalt håper vi å komme ut med rekommendasjoner med hensyn på hva som vil være optimale prosessbetingelser ved koagulering av humus.

Koagulering er den desidert mest anvendte metode for fjerning av humus, men vi har ved instituttet arbeidet med to alternative metoder, nemlig omvendt osmose og ionebytting.

Arbeidet med omvendt osmose ble gjort i form av et dr.ing.-arbeid ved vårt institutt og i nært samarbeid med SINTEF avd. 21 som stilte tre omvendt-osmose-enheter til disposisjon. Tankegangen bak prosjektet var at siden humus består av meget store organiske molekyler, skulle det være mulig å benytte relativt åpne membraner ved omvendt osmose noe som skulle muliggjøre relativt høye kapasiteter ved relativt lave trykk slik at metoden, som ellers er kostbar, skulle kunne gi vannproduksjonskostnader som var konkurrerbare med den konvensjonelle metoden (koagulering). Arbeidet er rapportert /5/, /6/, og det vil føre for langt å komme inn på konklusjonene her. Vi kan bare slå fast at omvendt osmose kan benyttes for humusfjerning, og at det finnes utstyr og membraner på markedet som kan brukes til formålet. Vi trenger imid-

lertid nå en praktisk utprøving i noe større skala for å vurdere metodens anvendbarhet og økonomi.

Arbeidet med ionebytting for fjerning av humus er i første fase utført som en hovedoppgave /7/. Vi demonstrerte der at bruk av anioniske, makroporøse ionebyttere er et meget interessant alternativ for humusfjerning, spesielt for vann typer med lav turbiditet og moderat fargetall (30—50 mgPt/l). En økonomisk analyse viste at metoden kan komme til å vise seg meget fordelaktig ut fra et økonomisk synspunkt.

Arbeidet med ionebytting skal fortsette, i form av et dr.ing.-arbeid i 1981, og her som målsetting å fremskaffe grensebetingelsene for anvendelse av metoden samt dimensjoneringsgrunnlag og driftsdata for optimalisering.

### **Biofilmprosesser for rensing av avløpsvann.**

Vårt arbeid med biofilmprosesser har stort sett tatt utgangspunkt i biorotoren som enhetsprosess. Årsaken til dette er for det første at biorotoren er enkel å arbeide med, og for det andre at biorotoren har funnet stadig større anvendelse her i landet.

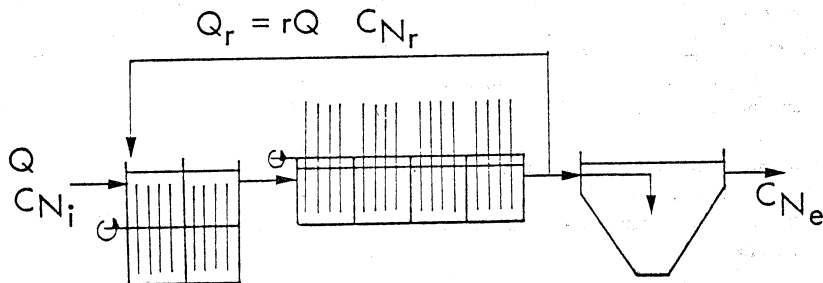
Målsettingen med biorotorforsøkene har konsentrert seg om næringsstoffjerning (fosfor og nitrogen) i forbindelse med biorotor.

Arbeidet ble innledet med forsøk i pilot-skala ute i felten i form av en hovedoppgave, hvor simultanfelling med jern + kalk som fellingsmiddel ble studert /8/. Vi fant så ut at vi måtte ha bedre kontroll over det vi foretok oss, og bygde to mindre lab-skala anlegg hvor kjemisk simultanfelling og etterfelling ble studert i

det ene/9/, og nitrifikasjon/denitrifikasjon ble studert i det andre./10/

Arbeidet med nitrifikasjon/denitrifikasjon ble videreført ved at en spesiell prosessutforming (NTH-prosessen) ble utprøvet. Hovedpoenget med denne prosessen er at man ved å plassere denitrifika-

sjonssteget før nitrifikasjonssteget og resirkulere det nitrifiserte vannet (se fig. 3), kan benytte det organiske stoffet i råkloakken som substratkilde ved denitrifikasjon i stedet for tilsats av metanol som ellers brukes.



Figur 3. Flyteskjema for NTH-prosessen for fjerning av nitrogen fra avløpsvann.

Vi demonstrerte ved disse forsøkene /11/ at prosessen ut fra en rekke synspunkter var svært interessant, og arbeidet med prosessen blir nå videreført i form av et dr.ing.-arbeid hvor et mer kontrollert opplegg vil gi oss sikrere data om nedbrytningshastigheter, begrensende faktorer og temperatureffekter. Dette vil danne grunnlag for å legge fram dimensjoneringsretningslinjer for prosessen.

Vi har også satt i gang et forsøk i noe større skala (ca. 1 m<sup>3</sup>/h) hvor vi ønsker å sammenligne en prosess med biorotor med simultanfelling med tradisjonell simultanfelling og med primær/sekundær-felling m.h.t. renseeffekt (org. stoff, fosfor og susp. stoff), slamproduksjon, slammfortykkings- og -avvanningssegenskaper og stabiliseringssegenskaper ved ulike belastninger. Prosjektet drives i form av tre hovedoppgaver. Inkludert i dette prosjek-

tet er også en analyse av bruk av mikrosl i stedet for sedimentering for separasjon av biorotorslammet.

På nyåret skal vi sette igang et prosjekt for å analysere verdien av eget flokkuleringsbasseng i anlegg med biorotor med simultanfelling.

### Rensing av avløp fra spredt bebyggelse.

Arbeidet på denne sektoren har foregått i nært samarbeid med Statens Forurensningstilsyn og Styringsutvalget for jordforskning ved NLH.

Vi deltok først på et forprosjekt sammen med SINTEF avd. 21 hvor de alternative utforminger av minirensanlegg basert på konvensjonelle renseprinsipper ble analysert./12/

Senere har vi engasjert oss i arbeidet med alternative utforminger av sandfilteranlegg. Det pågår nå forsøk for å vurdere nytten av forbehandlingsenheter (biofilter, for-sandfilter) for å redusere belastningen og øke levetiden på hovedfilteret. Vi arbeider med vertikale filtre og vertikal strømningsretning for å omgå de hydrauliske fordelingsproblemer som oppleves i konvensjonelle sandfilteranlegg. Både kontinuerlig og satsvis (intermittent) belastning av filteranlegget blir analysert. Arbeidet utføres i tilknytning til et dr.ing-arbeid.

Parallelt med disse forsøkene pågår forsøk med bruk av aktivert aluminiumoksyd i kolonner for fjerning av fosfor i anlegg for spredt bebyggelse. Vi forestiller oss et system med utskiftbare (og regenererbare) filterpatroner. Kjemisk felling for spredt bebyggelse vil være uaktuelt p.g.a. de store slammengder som produseres.

### Separasjonsprosesser

Det har tidligere blitt arbeidet med flokkuleringsprosessen ved instituttet/13/. I form av et dr.ing-arbeid skal nå hydrauliske forhold i flokkuleringsbassenger studeres. Målsettingen er å fremkomme med klarere retningslinjer for hvordan

tilsiktete omrøringsintensiteter kan etableres.

Filtreringsforsøkene er tidligere omtalt, likeledes forsøkene med bruk av mikroskop for separasjon av biofilmslam.

Vi har bygget opp en lab-apparatur for å teste filtrerbarhet og er i gang med et mindre prosjekt hvor en spesiell sandtypes filtreringsegenskaper skal vurderes opp mot andre, mer brukte sandtyper.

I form av en hovedoppgave, og i samarbeid med en utstyrsleverandør, er vi videre i ferd med å gjennomføre et prosjekt med filtrering av sjøvann, hvor målsettingen er å produsere vann som kan brukes som injeksjonsvann i bunnsedimentene i Nordsjøen for å dirigere oljeforekomstene dit de lettest kan taes ut.

### Sammendrag.

Det fremgår av det foregående at instituttet har en rekke prosjekter på gang innen feltet vannrensing. Vi har integrert vår forskning i undervisningen ved at hovedoppgave-studenter og dr.ing-studenter trekkes inn i prosjektene. Erfaringene med dette er overveiende positive. Opplegget har gunstig innflytelse både på forskning og undervisning og ikke minst på miljøet ved instituttet.

## LITTERATUR

- /1/ *Skræmstad, Terje*: «Direktfiltrering — En studie i pilot- og laboratorieskala». Hovedoppgave D-1-1978-23. Institutt for vassbygging, NTH, 1978.
- /2/ *Lauvvang, Tor Egil*: «Polymerisert aluminiumklorid som koaguleringsmiddel for humus». Hovedoppgave D-1-1979-12. Institutt for vassbygging, NTH, 1979.
- /3/ *Svendsen, Ove*: «Temperaturens innflytelse på koagulering av drikkevann». Hovedoppgave D-1-79-21. Institutt for vassbygging, NTH, 1979.

- /4/ *Ødegaard, Hallvard*: «Coagulation of humus-water at low temperatures». Paper presented at Group discussion 3: Coagulation and Flocculation — New Developments and Operational Experiences, 13<sup>th</sup> International Water Supply Congress, Paris, sept. 1980.
- /5/ *Koottatep Supporn*: «Removal of humic substances from natural waters by reverse osmosis». Dr.ing.-avhandling. Institutt for vassbygging, 1979.
- /6/ *Ødegaard, Hallvard og Koottatep, Supporn*: «Removal of humic substances by reverse osmosis». Paper presented at Special Report 5: New Developments in Removal of Organics. International Water Supply Association, Paris Congress, sept. 1980.
- /7/ *Halle, Ola*: «Ionebytting for fjerning av humus fra drikkevann». Hovedoppgave D-1-79-7, Institutt for vassbygging, NTH, 1979.
- /8/ *Høgstedt, Arne og Møklebust, Kjell A.*: «Biorotoranlegg i kombinasjon med jern-sulfatfelling». Hovedoppgave, Institutt for vassbygging, NTH, 1977.
- /9/ *Rusten, Bjørn*: «En analyse av biorotorprosessen med og uten kjemisk felling». Hovedoppgave D-1-1979-20, Institutt for vassbygging, NTH, 1978.
- /10/ *Rusten, Ove*: «En analyse av nitrifikasjon og denitrifikasjon med biorotor». Hovedoppgave D-1-1978-21, Institutt for vassbygging, NTH, 1978.
- /11/ *Ødegaard, Hallvard og Rusten, Bjørn*: «Nitrogenfjerning i et anaerobt/aerobt biorotorsystem». VANN nr. 1, 1980.
- /12/ *Byskov, Poul og Ødegaard, Hallvard*: «Renseanlegg for spredt bebyggelse». SINTEF-rapport STF 21 F 80039, 1980.
- /13/ *Ødegaard, Hallvard*: «Flocculation of phosphate precipitates in wastewater treatment». Dr.ing.-avhandling, Institutt for vassbygging, NTH, 1975.