

# FoU i vannrensegruppa på NTNU/SINTEF

Av Hallvard Ødegaard

Hallvard Ødegaard er professor ved Institutt for Vassbygg, NTNU.

## NTNU og SINTEF

Norges teknisk naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim er Norges eneste polytekniske universitet, opprettet i 1910. SINTEF, en forskningsstiftelse, ble i 1950 dannet av professorer fra NTNU for å organisere oppdragsforskningen. De to institusjoner har siden hatt et nært samarbeid. NTNU har i dag, i tillegg til de teknologiske fakulteter, også andre fakulteter (medisinsk, sosialvitenskapelig, humanistisk osv) og er med sine ca 18000 studenter (hvorav ca 50 % teknologistudenter) det nest største i Norge. SINTEF har i dag ca 2500 forskere hvorav ca 2000 i Trondheim. Sammen med ca 2000 forskere innen teknologi ved NTNU, representerer derfor Trondheim et av de største tekniske FoU-sentrene i Nord-Europa.

## Vannrensegruppa NTNU/SINTEF

Vannrensegruppen, NTNU/SINTEF er en forskningsgruppe som arbeider med rensing av vann og avløpsvann av alle kvaliteter. Gruppen er sammensatt av forskere fra Institutt for vassbygging, Fakultet for Bygg- og miljøteknikk ved NTNU og forskere fra Avdeling for Vannrensing og VA, SINTEF Kjemi. Totalt består forskningsgruppen i dag av 20 forskere - 11 fra NTNU (hvorav 8 dr.ing.-stipendiater) og 9 fra SINTEF. Gruppen ledes av professor Hallvard Ødegaard ved NTNU og forskningssjef Bjørnar Eikebrokk ved SINTEF.

Figuren under viser hvordan man innen gruppen drar nytte av hverandre. Den anvendte forskningen, som er organisert gjennom SINTEF, gir ideer, inspirasjon og finansiering til dr.grads-forskning innen NTNU. Den faste NTNU-staben virker som rådgivere til SINTEF på den anvendte forskning og ideer som oppstår i dr.grads-forskningen kanaliseres dermed til nye prosjekter i den anvendte forskningen.

NTNU	SINTEF
Fakultet for Bygg- og miljøteknikk	Forskningsinstitutt for kjemi
Institutt for vassbygging	Avdeling for vannrensing og VA
Vannrensegruppen	

Vi opplever at denne måten å organisere forskningen på ved et universitet er svært vellykket. Studentene i det ordinære studium kommer tidlig i kontakt med den industrielle, anvendte forskning og utvikling gjennom oppdragene som gruppen påtar seg, og den praktiske erfaringen som erverves gjennom slike oppdrag, kanaliseres tilbake gjennom undervisningen.

Gruppen har fått anerkjennelse i NTNU/SINTEF-miljøet ved at den de siste år har vært utnevnt som styrkeområde (strong-point center) av NTNU/SINTEF.

## Om undervisningen

Studenter som spesialiserer seg innen vannrensing kan ha ulike utgangspunkt. De fleste vil komme via Studieretning for vann- og miljøteknikk som ligger innenfor Fakultet for bygg- og miljøteknikk. Andre kommer fra Fakultet for kjemi og biologi (fra Studieretning for kjemisk prosess teknologi eller Bioteknologi) eller fra Fakultet for Geofag og petroleumsteknologi (Studieretning for miljø og gjenvinningsteknikk). Siv.-ing.-studiet er på 5 år hvorav de 2,5 siste år skjer innenfor studieretningen. Søkningen til studiene innen vannrensing og VA-teknikk (som også innen andre retninger ved Bygg- og miljøteknikk) har dessverre i de senere år vært for liten i forhold til hva markedet ønsker seg. Derfor drives det i dag en stor rekrutteringsinnsats fra Fakultet for Bygg- og miljøteknikk og Institutt for vassbygging.

Vi har en ganske stor tilgang på studenter fra utlandet, spesielt fra Europa men også fra andre deler av

verden. I det siste kullet var ca 30 % av studentene utenlandske. Det gjelder også dr.ing.-studentene. Av de 8 som arbeider innen Vannrensegruppen, er det 3 ”utlendinger” – en kineser, en russer og en tysker.

## Om forskningen

Gruppen arbeider innen en rekke forskningsområder, men kan sies å være særlig aktiv innen:

- Partikkelseparasjon
- Biofilmprosesser (spesielt moving bed prosessen)
- Membranprosesser
- Fjerning av næringsstoffer i avløpsvann
- Små renseanlegg for avløpsvann
- Fjerning av humus i drikkevann
- Korrosjonskontroll
- Vannbehandling i akvakultur

Det vil være riktig å si at gruppen er mer ”reaktororientert” enn ”prossessorientert”. Det betyr at vi er mer glade i å finne tekniske løsninger på de prosessutfordringer vi står ovenfor enn å grave oss ned i dypet i prosessene. Dette medfører at vi er svært eksperimentelt orientert. Det å drive eksperimentell virksomhet gir både teoretisk og praktisk forståelse av hvordan renseprosessene virker og dermed ideer til hvordan prosessutfordringene kan løses. Heldigvis arbeider vi et land som har liten tradisjon innen det rensetekniske området. Liten tradisjon gir liten motstand mot å prøve nye ting og gruppen karakteriseres nettopp ved at vi har vært tidlig ute med forslag om nye renseprosesser.

Vi er også internasjonalt orientert. Det betyr bl.a. at vi ikke bare arbeider med

problemstillinger som er relevante for Norge, men fra hele verden. Vi har da også en betydelig del av våre oppdrag (ca 1/3) fra utenlandske oppdragsgi-vere. Resten av oppdragene er (ca 1/3) fra norsk industri og fra det offentlige (ca 1/3) inkludert forskningsråd.

Vi er aktive deltagere på inter- nasjonale konferanser. Vi har selv arrangert tre internasjonale IWA-kon- feranser med utgangspunkt i vår gruppe og vi er ett av universitetene som står bak Gøteborgsymposiet. Vi tror på strekt internasjonalt engasje- ment og inviterer gjerne forskere fra andre land til å oppholde seg hos oss.

## **Spesialområder innen forskningen**

Vi skal i det følgende gjennomgå de forskningsområdene som er nevnt over og vise til noen av de problem- stillingene vi arbeider med.

### Partikkelseparasjon

Det er flere i gruppen som har sine dr.- grader innenfor partikkelseparasjon (koagulering, flokkulering, sedi- mentering, flotasjon, dybdefiltrering, membranfiltrering) og dette har vært et emneområde som har holdt gruppen godt sammen. Vi er av den oppfatning at vann- og avløpsrensing i veldig stor utstrekning er et spørsmål om par- tikkelseparasjon og at det ikke hjelper hvor gode de kjemiske og biologiske prosessene oppstrøms er dersom par- tikkel-separasjonen ikke er god.

Som eksempler på noen av de pågående aktiviteter på dette området, kan vi nevne at en av våre dr.ing.-studenter arbeider med filtrering som primær-

rensemetode for avløpsvann. Det dreier seg her ikke om sandfiltrering men fil- trering gjennom en kollonne fylt med plastlegemer. Vi har vist at men man ved vanlig primærrensning (sedimentering) kan oppnå ca 50 % SS-fjerning, så kan vi ved slike filterløsninger oppnå ca 80 % SS-fjerning uten bruk av koagulant og > 90 % ved bruk av kationiske poly- merer som koagulant, ved filter- hastigheter så høye som 20 m/h. Vi tror at denne type reaktorer vil bli interes- sante i fremtiden.

Et eksempel fra drikkevannsidan kan være prosjekt en annen dr.ing.-student arbeider med, der han bruker et norsk- utviklet filtermateriale (Filtralite) i en "Mono-multi"-media filterseng, dvs at man i ett og samme filtermateriale har kunnet manipulere med filterme- diets tetthet slik at man oppnår en grov til fin porøsitet vi filtreringsret- ningen i nedstrømsfiltre.

Innenfor partikkelfjerning har vi arbei- det mye med utvikling og utprøving av nye koagulanter. Vi var aktivt med i utprøvingen og utforskning av de pre- polymeriserte koagulantene (PAX) og vi arbeider nå svært mye med kationiske polymerer både syntetiske (polyacry- lamid, poly DADMAC, polyamin) og biopolymerer (kitosan, alginat).

### Membran-prosesser

En spesialitet innenfor separasjon- sområdet er membranfiltrering. Gruppens medlemmer begynte så tidlig som på midten av 70'tallet å arbeide med membranfiltrering (nano/ultra-filtrering) for humus- fjerning. Dette har dannet grunnlag for det faktum at det i Norge i dag

finnes ca 75 anlegg for humusfjerning basert på membranfiltrering. Dette er mer enn i noe annet land i verden. Den ”norske løsningen” har vist seg å være teknisk/økonomisk fordelaktig – i alle fall i bløte vanntyper, slik vi ofte opplever det i norske humusvann.

Nå arbeider vi med også med ultra/mikro-membranfiltrering for separasjon av partikler. En av dr.ing.-studentene studerer koagulering med biopolymeren kitosan i kombinasjon med ”hollow-fibre” ultrafiltrering. En annen arbeider med svært åpne mikrofiltreringsmembraner for separasjon av biofilmpartikler, mens en tredje arbeider med gass-separasjon i membraner.

### Biofilm-prosesser

Gruppen har i hele sin eksistens vært mer interessert i biofilm-prosesser enn aktivslam-prosesser. Dette har sannsynligvis sammenheng med at biofilm-prosesser og koagulerings-prosesser passer sammen som ”hånd i hanske”.

De siste 15 år har vår interesse for biofilm-prosesser vært konsentrert om ”moving bed”-prosessen (eller Kaldnes-prosessen). Denne ble ”oppfunnet” og utviklet i vår gruppe og vi er stolt av at en prosesside som ble lansert av oss i 1987, nå er grunnlaget for en bedrift (Kaldnes Miljøteknologi AS) som har solgt prosessen til ca 150 anlegg over hele verden.

Prosessen bygger på at biofilmen vokser på en plast-”carrier” som pga sin tetthet beveger seg lett i vannmassen i en reaktor enten ved hjelp av lufting (i aerobe reaktorer) eller omrøring (i anaerobe reaktorer).

Prosessen ble utviklet i en tid da nitrogen-fjerning sto i fokus, og prosessen er da også i stor grad blitt benyttet i anlegg for nitrogenfjerning. De norske anlegg har en oppholdstid i bioreaktoren ved dimensjonerende belastning på ca 3 timer, noe som viser hvor kompakt denne rensemetoden er.

I den senere tid har vi arbeidet med høybelastede ”moving bed”-systemer i kombinasjon med effektive separasjonsmetoder, ettersom vi tror at det rundt om i verden er et meget stort marked for rensenanlegg som kan gi en god BOD/SS-fjerning på et minimum av areal.

### Fjerning av næringsstoffer i avløpsvann

Fjerning av fosfor av kjemisk felling og nitrogen ved nitrifikasjon/denitrifikasjon er felter vi arbeider med kontinuerlig. Vi har vært opptatt av å se total-prosessen i sammenheng og har derfor også inkludert slamsiden. Blant annet har vi arbeidet med termisk hydrolyse både for produksjon av karbonkilde og for økning av biogass-utbytte ved anaerob stabilisering.

Vi har også arbeidet med mer ”eksotiske” metoder for næringsstoff-fjerning, bl.a. med ionebytting for fjerning av nitrogen. Vi har vist at det i et filtermateriale med ionebytter-egenskaper (Filtralite ZL) kan oppnås biologisk regenerering av adsorbent materiale.

En av våre dr.ing.studenter skrev en avhandling om adsorpsjon av fosfor på aktivert aluminiumoksyd mens en av våre nåværende dr.ing.-studenter arbeider med biologisk

fosfor-fjerning i en ”moving bed” biofilm prosess i en SBR-reaktor. Vi har også vist at ”simultan nitrifikasjon/ denitrifikasjon” kan oppnås i en ett-trinns ”moving bed” reaktor.

### Små renseanlegg for avløpsvann

Ettersom det i Norge er svært mange små renseanlegg har vi vært opptatt av utvikling av metoder for små renseanlegg. Initiativet til en spesialistgruppe for små renseanlegg innenfor IWA (International Water Association) kom fra oss og vi arrangerte de to første internasjonale konferanser på dette området i Trondheim (1989 og 1993).

### Fjerning av humus i drikkevann

Dette er et viktig forskningsområde for oss. Tidlig på 80-tallet satte Vannrensegruppa i gang et forskningsprogram om ulike metoder for fjerning av humus som har resultert i at vi i Norge har et mangfold av metoder i bruk. Vi har kontinuerlig siden 1980 hatt arbeider i gang med koagulering/direktefiltrering, vi har arbeidet med ionebytting og med adsorpsjon på aktivt kull, og vi har vært et senter for arbeidet med membranfiltrering. I den senere tid har vi arbeidet mye med ozonering/biofiltrering.

Den kompetansen la grunnlaget for at vi sommeren 1999 arrangerte en internasjonal konferanse ved NTNU/SINTEF om Fjerning av humus i drikkevann.

### Korrosjonskontroll

Det norske humusvannet er ikke bare humusholdig men også korrosivt ettersom det har lav pH, alkalitet og kalsiuminnhold. Et området der gruppen over flere år har vært aktive, er derfor korrosjonskontroll (dvs vannbehandlingsmetoder for å begrense korrosjon). Vi har arbeidet med de tradisjonelle metoder med tilsetning av kalk og CO<sub>2</sub>. Vi har dessuten arbeidet med mikronisert marmor og i den senere tid har arbeidet vært mye orientert mot bruk av vannglass.

### Vannbehandling i akvakultur

Gruppen har siden 1985 vært engasjert i akvakulturvirksomheten, primært i forbindelse med vannbehandling i resirkuleringsanlegg i ferskvann, for eksempel for laksesmolt-produksjon. Vi har utviklet et eget resirkuleringssystem (BIOFISH) som er på markedet.

### **Hva vi tror om fremtiden**

Vår forskningsgruppe har alltid arbeidet i tråd med visse rensetekniske ”konsepter” hvor vi prøver å se de rensetekniske enhetsprosesser i sammenheng. Vi arbeider for eksempel ut fra utgangspunktet om at valg av enhetsprosessene i et prosess-tog må gjøres ut fra den aktuelle enhetsprosess sin særegenhet.

Vi er overbeviste om at man i fremtiden vil måtte arbeide ut fra ”filosofien” om at avløpsvann er en ressurs. Vi vil måtte ta vare på de fire hovedressursene i avløpsvannet;

vannet selv (til irrigasjon og landskapspleie), næringsstoffene i vannet (til gjødning), karbonet i vannet (til energiproduksjon) og varmen i vannet (til energigjenvinning). Vi tror at partikkelseparasjons-teknologien vil bli like viktig for utviklin-

gen av renseteknikken som bioteknologien. Vi vil derfor fortsette vår forskning i retning av bærekraftige løsninger basert på en optimal tilpasset bruk av begge de to grunnleggende teknologiene innen vannrenseteknikken.