

# Om HCR-prosessen og miljøteknologi

Av Arne Hj. Knap, Ph.D.

Arne Hj. Knap er divisjonsdirektør i Kværner Engineering.

Innlegg på seminar i Norsk Vannforening  
8. september 1994

## Innledning

Kværner Engineering a.s Miljø ble etablert for 6 år siden i Sandefjord. Kværner Engineering hadde da allerede en miljøaktivitet på vannsiden ved at man hadde kjøpt rettigheter til teknologi utviklet av Alwatech a.s. (Apotekernes Laboratorium).

Flere av vannspesialistene fra Alwatech gikk da over til Kværner Engineering og utgjør hovedkjernen av KE Miljø's vannkompetanse.

KE Miljø har idag 43 ansatte hvorav 3 Dr. ing og 21 Siv.ing eller tilsvarende. Ved å ha bygget opp solid kompetanse innen biologi kjemi- og prosessteknikkfagene har man et godt utgangspunkt for både å kunne

- forstå miljøproblemer
- løse miljøproblemer
- forstå konsekvenser av miljøproblemer

KE Miljø opererer i markedet både som konsulenter og leverandører av ferdige løsninger innenfor miljøområdene

- HMS (Helse, Miljø og Sikkerhet)
- Avløpsrensing
- Avgassrensing

Vi skal her presentere en av de miljøteknologiene KE Miljø har arbeidet mest med, nemlig HCR prosessen for biologisk rensing av avløpsvann i treforedlingsindustrien.

## Hvorfor ny renseteknologi for treforedlingsindustrien ?

KE Miljø ble etablert ved begynnelsen av den andre miljøperioden i Norge. Den første hadde vi som kjent på syttitallet. Treforedlingsindustrien i Norge stod ovenfor store utfordringer på miljøsidens og svenske konsulenter hadde "klippekort" på å lage konsesjonssøknader for hele industrien. Vi forsøkte å ta opp kampen med svenskene, men så fort at det la en stor utfordring i å finne fram til renseteknologi som ville være mer kostnadsoptimal enn det svenskene anbefalte. Det var mang en "mill manager" som så for seg kroken på døra med de kostnadene broderfolkets konsulenter forespeilte norsk treforedlingsindustri.

På jakt etter ny og mer effektiv renseteknologi kom vi over HCR-prosessen på en messe i Tyskland. HCR-prosessen var utviklet ved Universitetet i Clausthal ved Prof A. Vogelwohl, og var kommersialisert på det tyske markedet gjennom firmaet Otto Oeko-Tech.

Kværner Engineering fikk rettigheter til teknologien og begynte i 1989 å se på hva som måtte gjøres for å tilpasse den til treforedlingsindustriens behov.

## Hva er kjernen i teknologien ?

I treforedlingsindustrien har man benyttet både anaerobe og aerobe metoder for biologisk rensing. P.g.a. store svingninger i

både hydraulisk og konsentrasjonsmessig belastning i tillegg til endel toksiske stoffer, har aerobe metoder vist seg i de fleste tilfeller å være den mest velegnede.

HCR prosessen er en høyaktiv aerob rensemetode. Da mesteparten av det organiske materialet som skal fjernes biologisk i et avløpsvan i treforedlingsindustrien er relativt lett nedbrytbart, er det mye å hente ved å effektivisere reaksjonsbetingelsene i det biologiske systemet.

Det er to faktorer som er viktige

- turbulens for å sikre riktig tilgang av næringsstoffer til reaksjonsområdet
- finfordelte luftbobler og høy turbulens for å sikre høy oksygen-overgang

Såfremt man har riktig tilgang på næringsstoffer har det vist seg at den biologiske reaksjonshastigheten i HCR-reaktoren er direkte proporsjonal med masseovergangshastigheten til oksygen i systemet.

I biologiske celledsystemer er oksygenovergangen avhengig av:

- boble-hydrodynamikk
- temperatur
- celle-aktivitet og -konsentrasjon
- forholdet levende/døde celler
- tilgang på næringsstoffer og sporstoffer
- grensesnitt fenomener

Oksygenovergang per enhets reaktorvolum,  $Q$ , er gitt ved

$$Q = k_l \cdot a (C_i^* - C_l)$$

(ved å anta at to-film teori gjelder og at største motstand mot oksygenovergang ligger i væskefilmen.)

- $k_l$  = masseovergangskoeffisient
- $a$  = grenseskikts-areal pr. volumenhet
- $C^*$  = likevekt-konsentrasjon av oksygen i grenseskiktet

$C_l$  = konsentrasjon av oksygen i væsken

En komplett beskrivelse av oksygenovergangen i en bioreaktor er avhengig av:

- energi tilførsel pr. enhets-volum
- væske- og dispersjons- rheology
- dyse-karakteristikk
- strømnings-karakteristikk i reaktoren

Forsøk og erfaring har vist at den spesifikke oksygenovergangen i en HCR-reaktor er 20-30 ganger høyere enn i en konvensjonell aktivslam-prosess. Dette medfører tilsvarende høyere spesifikk reaksjonshastighet, dvs. kg KOF fjernet pr. enhetsreaktorvolum og tid.

Dette skyldes at man i HCR-reaktoren har et mye høyere masseovergangstall ( $k_l \cdot a$ ) enn i en konvensjonell aktiv-slam prosess.

### Spesielle utfordringer

Hvorfor kunne vi ikke implementere HCR-prosessen direkte i treforedlingsindustrien?

I tillegg til et spesielt dysesystem er HCR-prosessen basert på et spesielt geometrisk forhold mellom diameter og høyde i bioreaktoren. Otto Oeko-Tech hadde implementert teknologien i forskjellige industrier i Tyskland og den største reaktoren kunne håndtere inntil 2.000 kg KOF pr. døgn. Denne reaktoren var 12 m høy.

I treforedlingsindustrien sto man overfor å måtte behandle fra 35.000 til 100.000 kg KOF pr. døgn. Hvis man skulle benytte grunnprinsippene i HCR-prosessen måtte man enten bygge et uhandterlig stort antall enheter eller færre enheter med en upraktisk høyde. For høye reaktorer ville medføre pumpetekniske problemer i tillegg til høye energikostnader.

**Tabell 1**

**Sammenligning mellom HCR- og koomvensjonell aktivslamprosess for treforedlingsavløp basert på testresultater fra Boise Cascade, Kanada.**

	HCR-Prosess	Aktivslam-prosess
Volumbelastning, kg BOF <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> ·d	14 - 16	0.4 - 0.6
Slambelastning, kg BOF <sub>5</sub> /kg SS·d	1.4 - 1.8	0.2 - 0.4
Hydraulisk oppholdstid i reaktor, timer	1	14
Slamvolumindeks, SVI <sub>30</sub> , ml/g SS	90 - 100	112 - 180
Slam svelling	Nei (Aldri)	Ja
Slamselektor nødvendig	Nei	Ja
Innløps - BOF <sub>5</sub> , mgO <sub>2</sub> /l	458 - 1000	365 - 560
Oppløst O <sub>2</sub> i reaktor, mgO <sub>2</sub> /l	3.0	1.8
Reaktortemperatur, °C	29- 32	24 -29
Innløps - TSS, mg/l	60 - 400	50 - 175
Utløps - TSS, mg/l	16 - 57	16 - 138
Variasjoner i BOF-belastning	+ - 30%	?
Utløpskrav oppfylt	Ja	Ja
Slamproduksjon, kg TSS/kg BOF <sub>5</sub> fjernet	0.34	0.5
Toksisitetskrav-oppfylt, LC <sub>50</sub>		
Daphnia	Ja	Ja
Ørret	Ja	Ja
Driftsstabilitet	Meget god	God

Siden HCR-prosessen hadde vist seg å være 20-30 ganger raskere enn konvensjonelle biologiske metoder og hadde andre forde-  
ler som

- lavere slamproduksjon
- lavere forbruk av N og P
- lukket reaktor med god luktkontroll
- gode slamegenskaper

gikk KE Miljø igang med videreutvikling prosessen for å kunne få en kostnads-  
effektiv biologisk rensemetode å tilby treforedlingsindustrien internasjonalt. Utfor-  
dringen var å utvikle en praktisk reaktor for stor hydraulisk og organisk belastning.

### **Pilotforsøk i norsk treforedlingsindustri**

I treforedlingsindustrien er det ingen av-  
løp som er like. De forskjelling masse-  
prosessene som f.eks.

- sulfat
- sulfit
- halvkjemisk
- CTMP
- TMP

i tillegg til en rekke forskjellige bleke-  
prosesser, gir avløp av forskjellig innhold  
og forskjellig karakter. For å få erfaring  
med forskjellige typer avløp som grunnlag

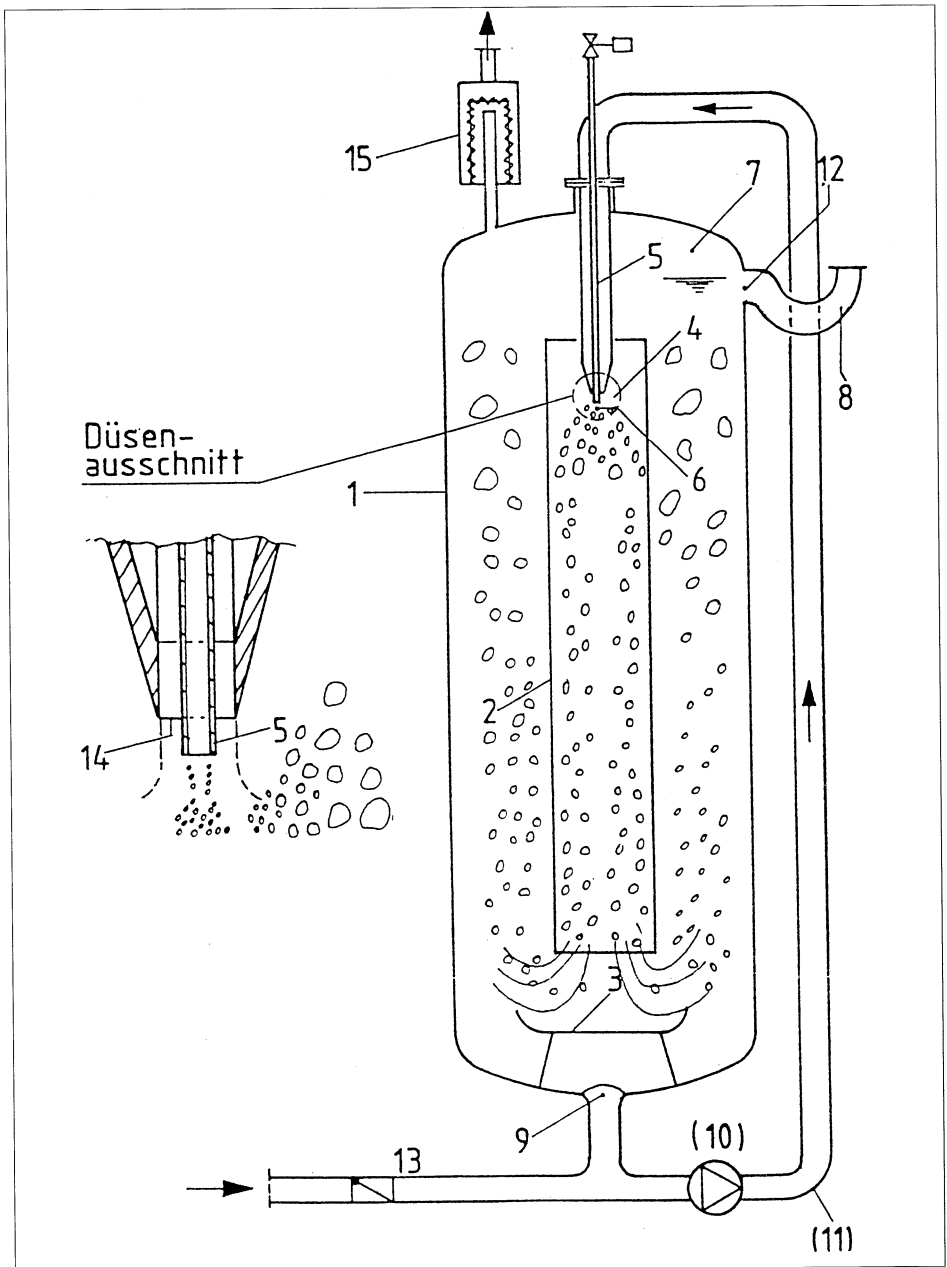


Fig. 1. Klassisk HCR prosess

for å kunne videreutvikle HCRprosessen, utførte vi følgende pilotforsøk:

- Fritzøe Fiber, Halvkjemisk
- Hunsfos Fabrikker, Sulfitkondensat
- Borregaard, Sulfitblekeriavløp

Pilotforsøkene ble finansiert av bedriftene selv, SFT og Norges Forskningsråd.

### **Implementering av teknologien**

Parallelt med at vi kjørte pilotforsøk i industrien og begynte å få visse ideer om hvordan vi skulle skalere opp for å tilpasse "stor skala", arbeidet vi i markedet for både å finne kunde til det første anlegget samt å finansiere ferdigutviklingen av det nye HCR-konseptet og bygging av et fullskala anlegg. Vi hadde positive møter med både SND, SFT og Forskningsrådet.

På markedstiden bearbeidet vi to potensielle brukere, og bestemte oss tilslutt å få frem en akseptabel finansieringspakke i forbindelse med bygging av et anlegg ved Fritzøe Fiber AS i Larvik.

Etter nitidig markedsarbeide undertegnet vi kontrakt med Fritzøe Fiber AS 15.05.92. Til ferdig utvikling av rensekonsept og bygging av det første HCR anlegget i treforedlings-industrien bevilget SFT 5 mill NOK og NTNØ- Ekspomil Programmet 4 mill NOK.

### **Den "fornorskede" HCR teknologien**

Fig. 1 og 2 viser den opprinnelig HCR-reaktoren og den reaktoren KE Miljø har utviklet for treforedlingsindustrien.

Det nye konseptet med paralelle dyser og sentralrør samt airlift system setter ingen praktisk begrensning på reaktor-størrelse.

For Fritzøe Fiber valgte man 2 reaktorer å 250 m<sup>3</sup> for å behandle 35.000 kg KOF pr. døgn.

For større belastninger har vi idag designet HCR reaktorer helt opp i 1500 m<sup>3</sup> størrelse.

### **Hva gikk godt og galt underveis?**

Det gjenstående utviklingsarbeidet samt prosjektering og bygging av fullskala-anlegg gikk greit. Vi valgte å levere anlegget "turn-key" til Fritzøe Fiber inkl. slamavvanning.

De største utfordringene vi så for oss i forbindelse med oppstart av anlegget var:

1. Aerob biologisk nedbryting av organisk materiale utvikler varme (eksoterm reaksjon). Hadde vi bygd inn nok kjølekapasitet?
2. Vi valgte å bruke betong i bioreaktoren. Hva med erosjon og sulfatkorrosjon over tid?
3. Fritzøe Fiber har ikke primær sedimenteringsanlegg, slik at vi måtte ha et opplegg for avvanning av 100% bioslam. Ville vi greie å få det til på en akseptabel måte?
4. Hvordan skulle vi regulere lufttilførsel til bioreaktorene?
5. Ville vi greie å tilføre nok luft gjennom dysesystem og kompressorer/airlift systemet?
6. Hva med slamproduksjonen, er den så lav som pilot forsøkene tilsier?

Vi fikk problemer med kjøling og avvanning av bioslam i begynnelsen mens selve bioreaktoren fungerte over all forventning.

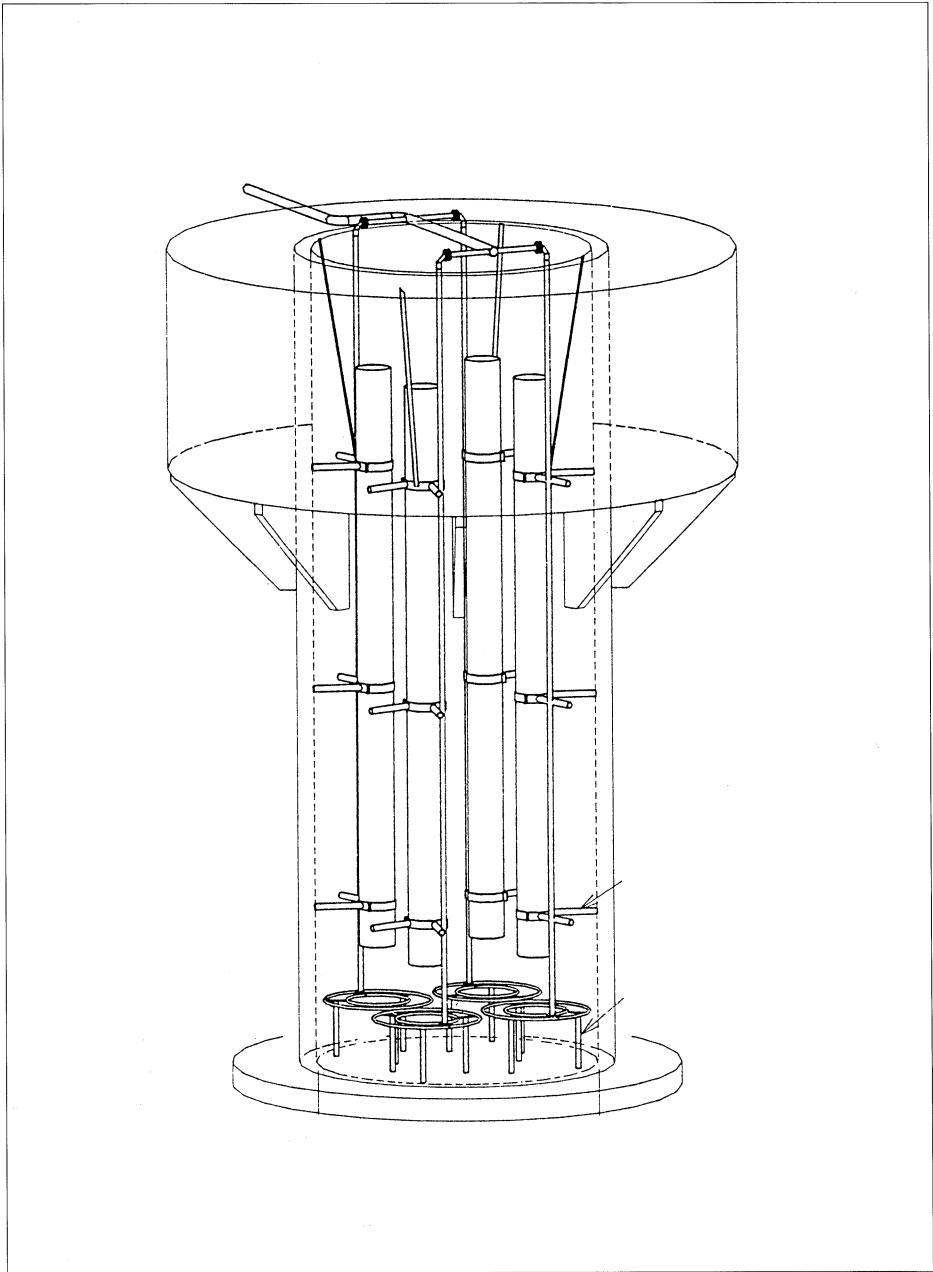


Fig. 2. KE. Miljø's HCR prosess

Den sulfatresistente betongen har vist seg å være velegnet, vi får tilført nok luft, vi har funnet en enkel metode å regulere lufttilførsel på, og slamproduksjonen er lav. Vi har imidlertid fremdeles problemer med avvanning av 100% bioslam, men problemene er nå nede på et "trivielt" nivå, dvs. få til stabil drift på doseringssystemet for polymer og jernklorid til slamavvannings-sentrifuge.

### **Internasjonalisering av teknologien**

Etter utførlige markedsundersøkelser i flere land har vi forsøkt å komme inn i Kanada nå snart 3/4 år. I forbindelse med pilotforsøk i Kenora har vi fått bevist teknologiens fordeler i forhold til konvensjonell teknologi, se tabell 1.

Det kreves tålmodighet og penger i banken å komme inn på et nytt geografisk marked. Satsingen i Kanada har kostet oss adskillige mill NOK, men det ser nå ut til at vi skal få den første kontrakten der borte. Et annet stort marked er Kina. Her har vi også første kontrakten innenfor rekkevidde. Det skal bygges flere anlegg i norsk treforedlingsindustri hvor vi håper å kunne delta. I tillegg regner vi med å gå inn i Sverige, Spania og USA i løpet av de neste 3 år.

HCR teknologien ble "født" i Tyskland og "adoptert" av Kværner i Norge. Vi har "oppdratt" teknologien til å bli en ledende biologisk renseløsning for internasjonal treforedlingsindustri!