

# Industriavløp på kommunale renseanlegg

Av Hallvard Ødegaard

Hallvard Ødegaard er dosent ved Institutt for Vassbygging og leder for Vannrensegruppa, SINTEF, avd. for teknisk kjemi. Han er siv.ing., NTH, bygg 1969 og dr.ing. samme sted 1975.

## INNLEDNING

En betydelig del av norsk vannforbrukende industri slipper sitt avløpsvann ut i det kommunale avløpsnett. I og med at industriavløpet kan ha en helt annen sammensetning enn kommunalavløpet, kan dette skape problemer med driften av det kommunale renseanlegget. Dette gjelder særlig der det ikke er tatt spesielle hensyn til industriavløpet, beklageligvis en ganske vanlig situasjon.

De større industribedrifter innen f.eks. treforedling og kjemisk prosessindustri har vanligvis egne utslipp og egne renseanlegg. De industrigrener som vanligvis slipper til kommunalt nett, ofte etter forbehandling av avløpet ved bedriften, er bedrifter innen

- Næringsmiddelindustrien
- Metalloverflatearbeidende industri
- Tekstil- og garverindustri

I antall bedrifter er det bedrifter innen de to første gruppene som dominerer. Bedriftene innen metalloverflatebearbeidende industri har egne renseanlegg for utslipp til kommunalt nett. Bedriftene ligger ofte i de store byene med utslipp til store renseanlegg og generelt sett må

vi kunne si at problemene forbundet med utslipp til kommunalt nett fra disse bedriftene ikke er kritiske.

Vi står da igjen med næringsmiddelindustrien, og en rekke kommunale renseanlegg har driftsproblemer forbundet med utslipp, særlig fra slakterier og meierier. Dette har ofte sammenheng med at meieriene og slakteriene ligger på relativt små tettsteder slik at industriavløpet blir en dominerende del av totalavløpet til renseanlegget.

Jeg skal derfor her konsentrere meg om problemer forbundet med tilførsel av konsentrerte, organiske avløp til kommunale renseanlegg. Både NIVA og Vannrensegruppa, SINTEF/NTH har vært engasjert i forskning- og utredningsarbeid omkring denne problemstillingen både gjennom prosjekter finansiert av NTNF's Utvalg for drift av renseanlegg og NTNF's INDRENS-Utvalg.

## Næringsmiddelavløp på kommunale renseanlegg

I det følgende diskuteres situasjoner der industriavløpet på stoffmengdebasis (kg org. stoff pr. døgn) utgjør en vesentlig del (<25% av totalavløpet. Ofte utgjør et meieriavløp på et tettsted over

50% av totalbeløpet på stoffmengdebasis, men bare 10% på vannmengdebasis. Problemene som oppstår har følgelig først og fremst med industrivannets sammensetning å gjøre, og ikke så mye med vannmengden, selv om også den store variasjon i utslippsmengdene fra bedriftene kan føre til problemer.

De typiske problemer forbundet med næringsmiddelavløp på kommunale renseanlegg kan oppsummeres som følger:

- Overbelastning av biologiske behandlingsenheter
  - Mekaniske driftsforstyrrelser
  - Prosessmessige driftsforstyrrelser
- Forverrede fellingsbetingelser i kjemiske renseanlegg
  - Dårlig utfelling
  - Økt kjemikalieforbruk
- Ustabil drift
  - Store belastningsvariasjoner
  - Sesongpreget produksjon i bedriften

Døgnmiddelkonsentrasjonen av organisk stoff i meieri- og slakteriavløp er typisk ca. to ganger høyere enn i kommunalavløp (KOF<sub>tot</sub> 1500—2500 mg O/l, KOF<sub>løst</sub> 1000—1500 mg O/l), mens fosforinnholdet ofte er, relativt sett, noe lavere, ca. fem ganger høyere enn i kommunalavløp. Det er imidlertid slik at maks-timebelastningene i industriavløpet er langt høyere enn i kommunalavløpet. Dette medfører at stoffmengdebelastningene (kg/h) varierer mye mer og kan bli mye høyere i industriavløpet enn i kommunalavløpet. Siden det oftest er mengdevariasjonene og ikke konsentrasjonsvariasjonen som er bestemmende for om renseanlegget påvirkes prosessmessig eller ikke, kan industriavløpet ha en meget markant påvirkning selv om anlegget tilsynelatende

skulle tåle den mer beskjedne industriandel, regnet på døgnmiddelbasis, som anlegget er dimensjonert for.

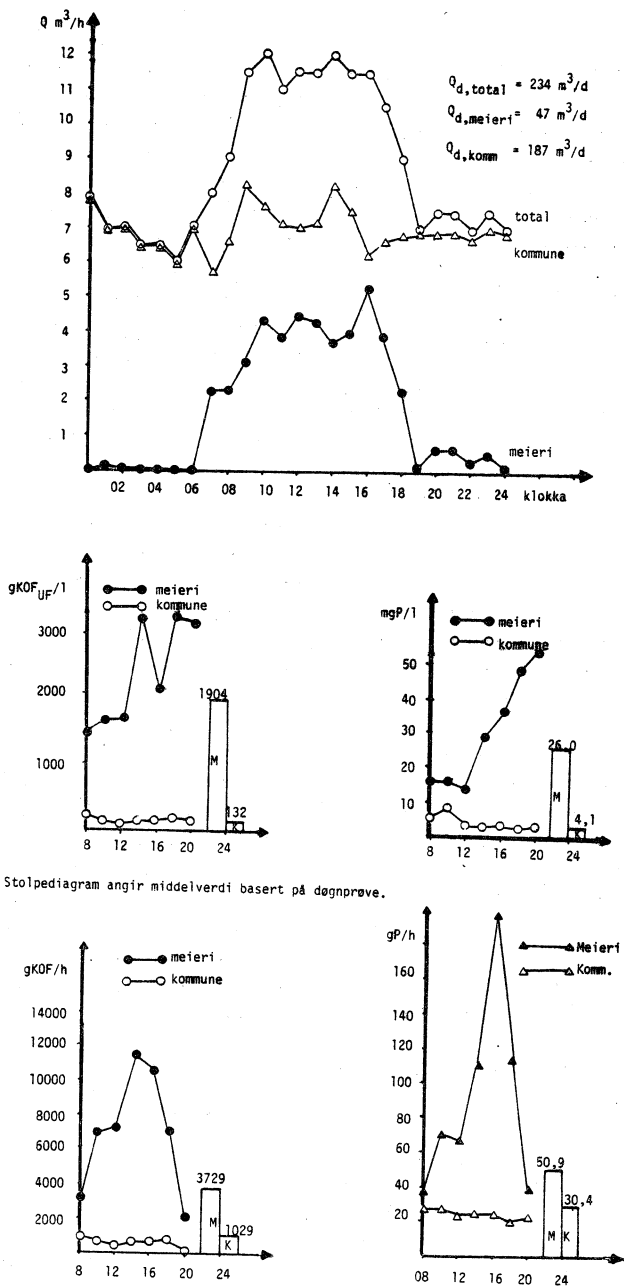
Dette er i fig. 1 eksemplifisert ved et tilfeldig valgt prøvedøgn ved Rindal renseanlegg i Møre og Romsdal, hvor man, pga. at kommunalavløpet og meieriavløpet tilføres anlegget i hver sin ledning, har god anledning til å studere industriavløpets påvirkning. /1/.

Vi ser at selv om den hydrauliske døgnmiddelbelastningen fra meieravløpet bare utgjør ca. 1/5 av totalbelastningen, dominerer stoffmengdebelastningen av meieriavløpet på dagtid fullstendig. Mens stoffmengdebelastningen fra kommunalavløpet er relativt stabil, viser meieribelastningen (kg/h) ekstreme variasjoner. Det sier seg selv at det å dimensjonere et biologisk renseanlegg for dette avløpet basert på midlere organisk døgnbelastning, eller doseringsmengden på midlere fosforbelastning over døgnet, ville kunne føre galt avsted.

Dette betyr også at, siden det primært er stoffmengdevariasjonen som skaper problemer og ikke vannmengdevariasjonen, er det begrenset hva som er mulig å oppnå med hydraulisk utjevning. Det vi må søke å oppnå er utjevning av stoffmengdebelastningen. Dels kan dette oppnås ved tradisjonelle utjevningssystemer, men mye kan oppnås også ved blanding av de to vanntypene, ved utnyttelse av resirkulering, ved forbehandling av industriavløpet, ved bruk av forsedimentering osv.

### Avløpsløsninger

Det finnes en rekke kombinasjoner av avløpsløsninger som her benyttes for å minimalisere resipientpåvirkninger fra



Figur 1. Variasjon i vannmengde, konsentrasjon og stoffmengde. Rindal renseanlegg, 17.3. 1982.

et kombinert kommunalt og industrielt avløp.

- a. Utslipp ved bedriften til kommunalt nett etter forutgående pH-justering, eventuelt med hydraulisk utjevning av industriavløpet. Rensing av blandavløpet i kommunalt anlegg.
- b. Eget renseanlegg ved bedriften for forbehandling av industriavløpet før utslipp til kommunalt nett.
- c. Egen ledning fra bedriften frem til det kommunale renseanlegget, hvor industrivannet eventuelt utjevnes og forbehandles før blanding med det kommunale avløp for deretter å viderebehandles.

De fleste anlegg har den situasjon som er beskrevet først, idet denne løsningen ofte ble gitt i konsesjonskravene til bedriften. Noen anlegg har relativt store bassenger hvor pH-justeringen foregår, og hvor man følgelig får en god mengdeutjevning uten at man har gått inn for hydraulisk utjevning. På bedriftene har det ofte vært driftsproblemer (lukt osv.) med disse bassengene, og generelt kan vi si at bedriftene nå ønsker å holde vannet så kort tid som mulig ved bedriften.

De fleste bedriftseiere vil nå også foretrekke å slippe renseanlegg på bedriften selv om dette ofte kan vise seg å være den billigste løsningen for bedriften. Årsakene til dette, er selvsagt at man slipper bryderiet med driften av anlegget. Et meget vesentlig punkt i den sammenheng er uttaket av slam fra renseanlegget.

En løsning som jeg ikke tror er benyttet, men som undertegnede har foreslått et par steder, er at bedriften bare bygger den biologiske forbehandlingssenheter (biorotor, biofilter osv.), gjerne i forbindelse med utjevningssanget på bedrif-

ten. Det biologiske forbehandlede vann slippes så ut på det kommunale nett uten slamseparasjon. Slammet separeres jo enkelt på det kommunale anlegg. Dette er en løsning som spesielt bør overveies der hvor det kommunale renseanlegg er et kjemisk anlegg og hvor bedriften ikke ønsker å legge for store kostnader ned i eget anlegg.

Dersom det ikke er for lang avstand mellom bedriften og renseanlegget, kan det være fordelaktig å flytte hele bedriftens befatning med rensingen ned til det kommunale renseanlegget ved å legge egen ledning. Dette er i de senere år gjort ved flere anlegg i Norge. Fordelene med dette er selvsagt at driftsoperatøren i en viss utstrekning kan manipulere de to avlopsstrømmene som han vil, og legge opp driften etter dette.

La oss så se litt på ulike behandlingsmåter for de avlops situasjoner vi har omtalt.

### Forbehandling

Det har i de senere år blitt svært vanlig å utelate forsedimentering ved kloakkrenseanleggene her i landet og i stedet bruke siler o.l. Ved industritilknytning er dette en beklagelig utvikling. Jeg vil så sterkt jeg kan anbefale at forsedimentering benyttes, begrunnet ut fra følgende forhold:

- Industriavløpet inneholder ofte forbausende mye sedimenterbart stoff, slik at forurensningsbelastningen på etterfølgende behandlingssteg kan bli vesentlig redusert.
- Forsedimentering gir en mulighet til å utnytte forfelling — en meget vesentlig fordel når overbelastningssituasjoner oppstår.

— Forsedimentering gir et betydelig bidrag til stoffmengdeutjevningen (inkludert pH).

Selv om bedriftene har egne fettavskiller ved bedriftene, bør fettfang absolutt installeres også på renseanlegget. Sandfang bør være luftede og romslig dimensjonerte, idet disse i så fall ofte kan utnyttes til en del-biologisk forbehandling sammen med forsedimenteringen.

### Kjemisk rensing

Vi må kunne slå fast at det ofte er store driftsproblemer ved kjemiske renseanlegg som mottar betydelig mengder industrielle, organiske avløp. Det er dokumentert av flere at økende tilsats av f.eks. meieriavløp til kommunalt avløp fører til:

- a) Redusert renseseffekt pga. forverrede fellingsforhold
- b) Økt kjemikalieforbruk og dermed økt slamproduksjon

Nå vet vi jo at kjemisk felling også benyttes som rensemetode for rene organiske avløp, så det er ikke det at slike avløp ikke lar seg kjemisk felle. Årsaken ligger mer i at det er ulike fellingsbetingelser som må ligge til grunn for å oppnå god felling av de ulike avløpstypene.

Ekesempelvis felles kommunalt avløpsvann oftest ved pH ca. 6 (aluminium og jern), mens optimal felling av enkelte av de organiske stoffene vi finner i næringsmiddelavløp er pH ca. 4. For å få tilfredsstillende slamseparasjon må man ved rensing av industravløp heve pH til 7.5—8 etter den sure fellingen.

På bakgrunn av dette sier det seg selv at felling ved pH ca. 6 når man har betydelig mengde organisk avløp, er uheldig. Fellingen blir ufullstendig, og man må til-

sette mye aluminiumsulfat for å få mye hydroksyd som kan sveipe med seg det dårlig utfelte industravløpet.

Felling med jern skulle etter dette egne seg bedre enn felling med aluminium. Man tilsetter da jernet først (toverdig eller treverdig), og feller ved lav pH ca. 4.5) for utfelling av organisk stoff og doserer så kalk til pH ca. 8. Man får da både oksydasjon av evt. toverdig til treverdig jern som er nødvendig for fosforfelling og gode slamflokker som lett lar seg separere.

Som nevnt innledningsvis, vil imidlertid en biologisk forbehandling, selv en meget høyt belastet sådan, bedre fellingsbetingelsene vesentlig.

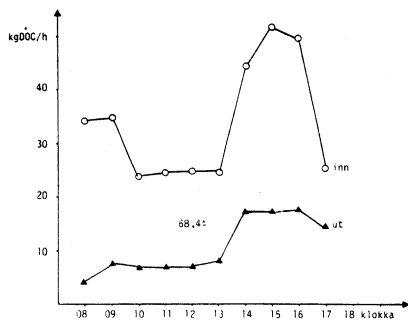
### Biologisk og biologisk/kjemisk rensing

De fleste vil hevde at det mest naturlige er å behandle avløp med et vesentlig innslag av konsentrerte, organiske næringsmiddelavløp, biologisk. Dessverre viser det seg imidlertid svært ofte at den biologiske enheten blir underdimensjonert fordi dimensjoneringen baseres på døgnmiddelbelastningen. Feilen ved å gjøre dette ble omtalt foran. Vi opplever stadig at i biologisk/kjemiske renseanlegg med betydelig innslag av næringsmiddelavløp, er den biologiske delen overbelastet og den kjemiske delen underbelastet. Det mest ekstreme tilfellet jeg har vært i kontakt med, var et anlegg hvor biorotoren etter dimensjoneringskriteriene var fullbelastet, men anlegget hydraulisk sett bare var belastet med 1/10 av  $Q_{dim}$ .

For å redusere størrelsen på det biologiske steget, kan man benytte en høybelastet forbehandling, enten i form av forfelling eller en høybelastet del-biologisk behandling.

For del-biologisk behandling synes biofilmprosessene å være overlegne, men man har også oppnådd det ønskede resultat ved utnyttelse av luftede utjevningsbassenger som diskontinuerlig aktiv slam-anlegg og bruk av romslige luftede sandfang som luftebasseng med slamretur fra forsedimenteringen.

Når biofilmprosessene likevel anbefales for bruk til delbiologisk forbehandling, skyldes dette at disse prosessene i mindre grad enn aktivslamprosessene får slamseparasjonsproblemer ved høye belastninger, og at en betydelig reduksjon kan oppnås selv ved svært høye belastninger. Som eksempel på hva man kan oppnå ved en del-biologisk behandling ved næringsmiddelavløp, vises i fig. 2 variasjonen i innløp og utløp ved Nora Sunrose/Hedemark Tørrmelk sitt anlegg på Brummunddal /2/. På tross av at belastningen er over 5 ganger høyere enn den høyest tillatte belastningen etter de norske dimensjoneringskriteriene, oppnås en reduksjon av løst organisk karbon (DOC) over perioden på ca. 70%.



Figur 2.

*Mengdevariasjon av løst organisk stoff (DOC) inn og ut av biofilter. Nora Sunrose/Hedemark Tørrmelk.*

På grunn av nedbrytningskinetikken i et biofilter, ser vi at utløpsmengden varierer i takt med innløpsmengden.

Ved bruk av biorotorer for del-biologisk behandling synes det som om man får en bedre utjevning av utløpsmengden. Eksempel på dette er gitt i fig. 3 som viser variasjonen i innløps- og utløpsmengden samt renseeffekt ved del-biologisk behandling av bare meieriavløpet ved Rindal renseanlegg i et forsøksdøgn (kl. 08.00—20.00) /1/.

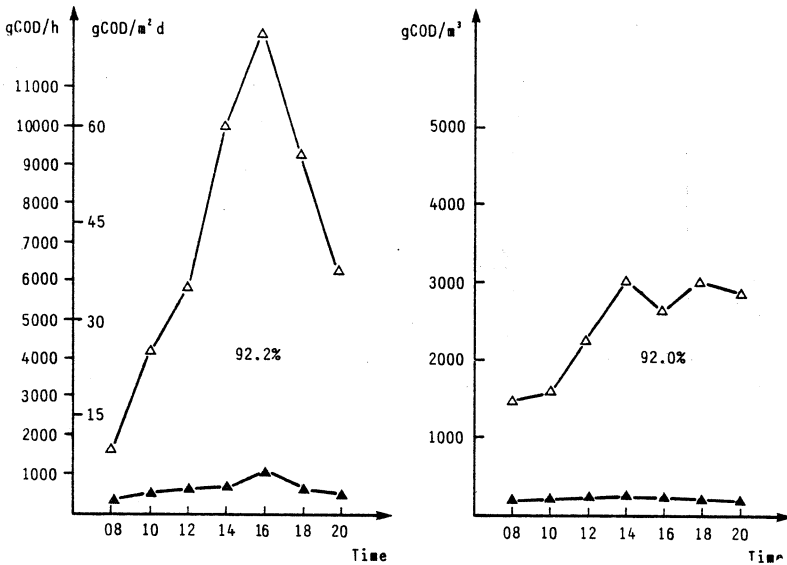
Figuren angir også variasjonen i den organiske arealbelastningen, og vi ser at belastningen til tider er langt over det som dimensjoneringsretninglinjene angir.

Gjentatte og vedvarende overbelastning av biorotorer kan imidlertid gi opphav til driftsproblemer:

- a) Mekaniske problemer (sammenbrudd) pga. for tykk biofilm og høy vekt på biorotoren. Dette har vi flere eksempler på her i landet.
- b) Redusert renseeffekt som resultat av oksygensvikt.

Eksempel på det siste er vist i fig. 4, hvor nedbrytningshastigheten pr. arealenhet av organisk stoff i den rotoren som delbiologisk behandlet meieravløpet ved Rindal, er plottet som funksjon av konsentrasjonen av organisk stoff i biorotorbassenget /1/.

De fylte punktene fordeler seg noenlunde etter en rett linje, noe som indikerer nedbrytning etter første orden. De åpne punkter med tall på, representerer situasjoner med oksygensvikt ( $O_2$ -innhold mindre enn 1.5 mg  $O_2$ l). Vi ser at for disse situasjonene har nedbrytningshastigheten vært lavere enn av første orden og altså begrenset av oksygenkonsentrasjonen.



Figur 3. Nedbrytning av organisk stoff i meierialvøp med biorotor nr. 1, Rindal renseanlegg.

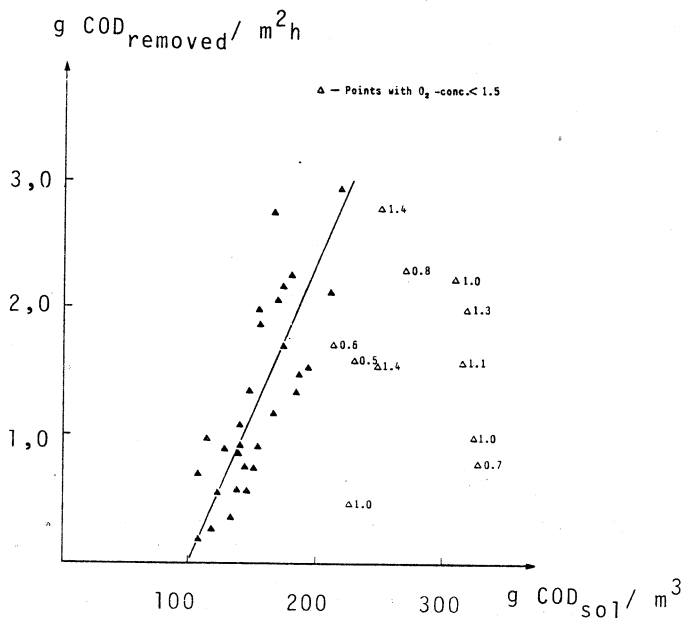
Ved Rindal renseanlegg har Vannrensegruppa, SINTEF/NTH utprøvd ulike måter å drive et to-stegs biorotoranlegg på, nemlig ved delbiologisk behandling av meierialvøpet for seg, før blanding og viderebehandling sammen med kommunalavløpet, og ved blanding av de to avløp og en fordeling av blandingsvannet på de to biorotor-stegene, se fig. 5 /3/.

På tross av at man fikk et noe bedre biologisk renseresultat ved den delbiologiske behandling, noe som fremkommer av fig. 5, har man valgt den andre prosessløsningen, fordi:

- man reduserer totalbelastningen på biorotoren ved å forsedimentere meierialvøpet

- man får reduserte fett-problemer ved å kjøre meierialvøpet sammen med kommunalavløpet gjennom fettfang
- man får fordelt den organiske belastningen bedre og hindrer dermed for tykk biofilm og oksygenproblemer i biorotor nr. 1.
- totalresultatet etter kjemisk felling er også godt med denne prosessløsningen.

Et annet interessant forhold ved Rindal renseanlegg skal nevnes. Den kjemiske etterfellingen foregår med toverdigg jernsulfat og kalk ved pH = 8.5—9. Slammet kalkbehandles og slamvann fra fortykking og avvanning returneres til innløp. Ved dette utjevnes alkalitet og pH på innløpsvannet, og man oppnår en be-



Figur 4. Nedbrytnings hastigheten av organisk stoff som funksjon av konsentrasjonen av løst organisk stoff i biorotorbasseng 1. Rindal renseanlegg.

tydelig grad av forfelling i forsedimenteringen, noe som fremgår av fig. 6, hvor man har vist at fosforreduksjonen før vannet har nådd det kjemiske steget er hele 73% /3/.

I dette prøvedøgnet ble det avvannet fram til kl. 15.00, og man ser da at fosforkonsentrasjonen ut fra biorotorsteget økte vesentlig.

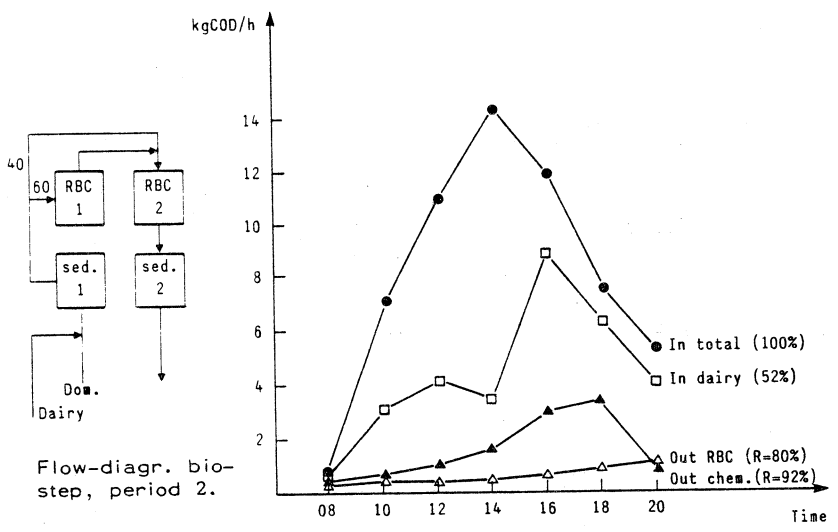
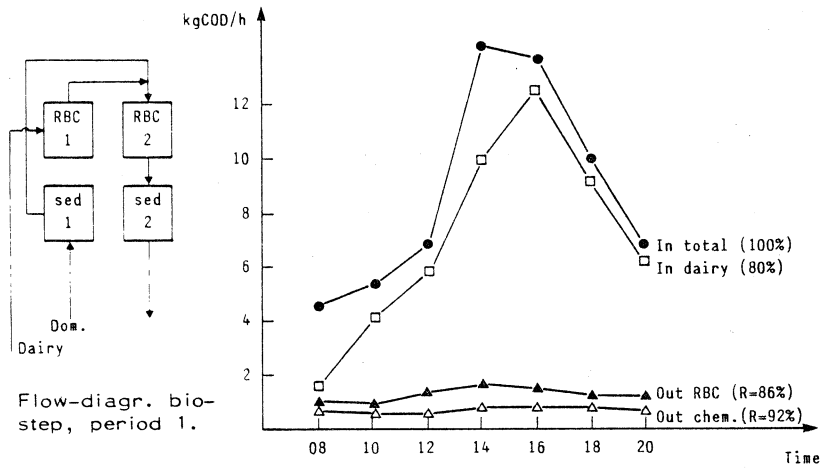
Forsøk ved anlegget har vist at man for å oppnå god felling med aluminiumsulfat i etterfellingssteget (ved pH = 6) må dosere 350—400 mg AVR/l, mens man klarer seg med 125 mg/l av toverdige jernsulfat ved pH = 8.5—9.

Som et alternativ til del-biologisk behandling med tradisjonelle biofiltre eller biorotorer, har Vannrensegruppa SINTEF/NTH arbeidet med det vi kaller dykket, aerobt biofilter /4/. Som navnet sier er dette et meddykket biofilter basert på kunststoff-materiale, hvor vannet kjøres opp gjennom biofilteret sammen med en luftstrøm. Luftstrømmen tjener to hensikter:

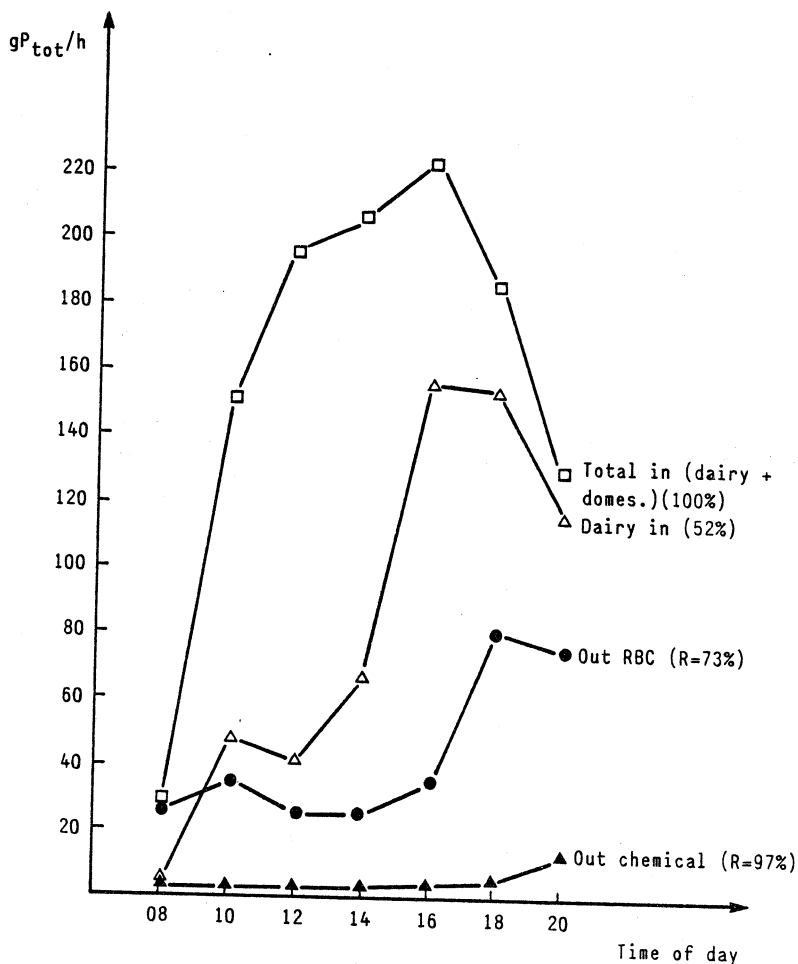
- a) Å holde biofilteret aerobt
- b) Å strippe av biofilm slik at denne ikke blir for tykk

Et slikt dykket biofilter kan ha flere anvendelsesområder:





Figur 5. Fjerning av organisk stoff ved to forskjellige måter å drive biorotoranlegget på. Rindal renseanlegg.



Figur 6. Fjerning av totalfosfor gjennom Rindal renseanlegg.

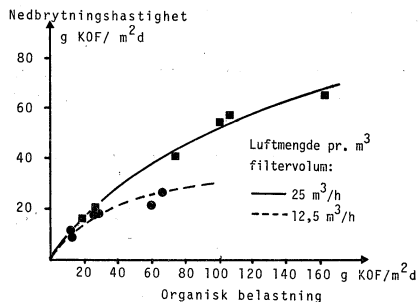
- Som alternativ rensemetode
- For økning av kapasiteten i aktivslam-anlegg ved å sette biofilteret i luftetanken
- Som delbiologisk forbehandling, f.eks. ved utnyttelse av eksisterende utjevningsbassenger.

Fig. 7 viser nedbrytningshastighet av KOF i industriavløp som funksjon av belastning ved to ulike luftmengder /5/.

Fordelen med denne biofilmpprosessen ligger åpenbart i anleggstypens enkelthet og at den i prinsippet ikke kan overbelastes. Slammet ut av anlegget blir svært

finfordelt, men etterfølges anlegget av et annet biologisk trinn eller av kjemisk felling, skulle ikke dette skape problemer.

som er overbelastet organisk pga. meieriavløp er vist flyteskjemaet i fig. 8 som er foreslått for Berkåk renseanlegg hvor høy organisk belastning har ført til delvis sammenbrudd av biorotoren.



Figur 7.

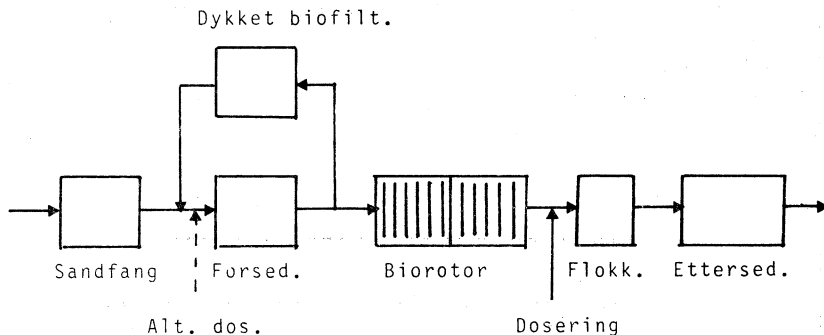
*Nedbrytningshastighet av organisk stoff i dykket biologisk filter som funksjon av organisk belastning. Industrielt avløpsvann fra Landbrukssektoren på Tunga.*

Som eksempel på hvordan man kan utnytte dykket biologisk filter (eller evt. en annen biologisk prosess) på et anlegg

Det er foreslått at en del av det forsedimenterte vannet resirkuleres gjennom et dykket biofilter og returneres til innløpet av forsedimenteringen hvor biofilmslam vil separeres.

### Avslutning

Eksemplene over er tatt med for å demonstrere at man, når det gjelder industriavløp på kommunale renseanlegg, bør tenke utradisjonelt. Det er sjelden at man kan prosjektere og drive slike anlegg på samme måte som konvensjonelle kommunale kloakkrenseanlegg. Det er spesielt viktig at man skaffer seg et skikkelig dimensjoneringsgrunnlag, dvs. data for mengde og sammensetning av industriavløpet og variasjonene i disse slik det er vist eksempel på i fig. 1 foran.



Figur 8. Forslag til flyteskjema for å øke Berkåk renseanleggs kapasitet til å fjerne organisk stoff i meieriavløp.

## LITTERATUR

- /1/ *Ødegaard, Hallvard*: «Industriavløp på kommunale renseanlegg. Case-study: Rindal renseanlegg. Delrapport nr. 1.» SINTEF-rapport STF21 A83011, SINTEF 1983.
- /2/ *Ødegaard, Hallvard*: «Biologisk rensing av konsentrerte organiske avløp. Delrapport nr. 3: Driftsundersøkelse ved Nora Sunrose/Hedemark Tørrmelk». SINTEF-rapport STF21, SINTEF 1983.
- /3/ *Ødegaard, Hallvard*: «Norwegian experiences with combined biological/chemical treatment in biodisc plants». Paper for International Seminar on Rotating Biological Discs, Stuttgart October 1983.
- /4/ *Rusten, Bjørn*: «Rensing av kommunalt avløpsvann i aerobe, dykkede biologiske filtre». SINTEF-rapport STF21, A83076, SINTEF 1983.
- /5/ *Rusten, Bjørn*: «Biologisk rensing av konsentrerte organiske avløp. Bruk av dykket, biologisk filter». SINTEF-rapport under utarbeidelse.

### **PLANLEGGING OG PROSJEKTERING AV KOMMUNALE ANLEGG**

#### **NOEN ARBEIDSOPPGAVER:**

- RAMMEPLANER
- LEDNINGSANLEGG OG VEIER
- PUMPESTASJONER
- RENSEANLEGG
- RENOVASJON OG SLAMBEHANDLING

#### **VÅRE FAGOMRÅDER:**

- BYGGETEKNIKK
- ELEKTROTEKNIKK
- KOMMUNALTEKNIKK
- MASKINTEKNIKK
- VVS-TEKNIKK

## **A/S HJELLNES**

**RÅDGIVENDE INGENIØRER MNIF MRIF**

Postboks 91, Manglerud, Oslo 6 — Telefon (02) \*68 99 60

Kaigaten 1, 5501 Hugesund — Telefon (047) 28 711