

# Filtrering av avløpsvann — Driftserfaringer

Av Ole Jacob Johansen

Ole Jacob Johansen er sivilingeniør, Ph.D., og ansatt som forskningsleder på NIVA.

Skjerpede renskrav og krav om forbedring av renseresultater ved overbelastede rensenanlegg har ført til en økende interesse for nyere rensemetoder. Da størsteparten av forurensningene i utløpsvannet foreligger partikulær form, er det særlig separasjonstrinnet det har vært av interesse å forbedre. Hurtigsandfiltrering er en metode å fjerne partikulært stoff på.

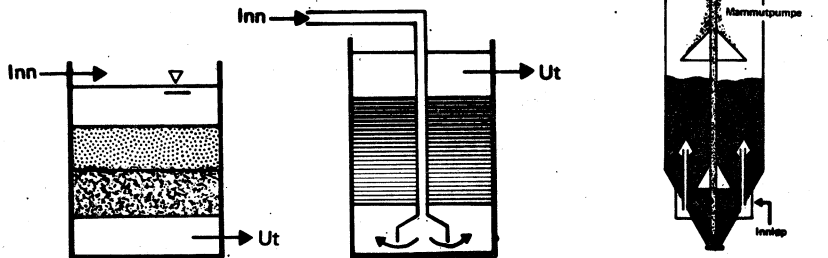
Ved rensing av avløpsvann blir filtrering benyttet for å fjerne partikulært stoff i kombinasjon med mekanisk-, biologisk og kjemisk rensing. Da det partikulære stoff er av forskjellig karakter og mengde, avhengig av rens metode, vil det ved filtrering stilles forskjellig krav til filtertype og dimensjoner, avhengig av mengden som skal fjernes. Filtreringsegenskapene til det partikulære stoff fra biologisk rensing vil f.eks. være helt forskjellig fra filtreringsegenskapene til fnokkene som dannes ved kjemisk felling. Biologiske fnokker har normalt vesentlig større styrke enn kjemiske fnokker. Ved filtrering av biologisk rens et avløpsvann kan det derfor benyttes grovere filtermateriale og større filtreringshastighet. Biologiske anlegg med fastsittende organismekultur vil gi en dårligere grad av biologisk flokkulering enn f.eks. aktivslamanlegg. Store deler av finpartikulært stoff fra biorotoranlegg eller biofiltere vil derfor passere gjennom filteret. Ved aktivslamanlegg vil

filtreringsegenskapene til de biologiske fnokker bli bedre med økende luftetider. Ved luftetider på 6—8 timer vil 70—85 prosent av det suspenderte stoff la seg filtrere fra ved vanlige filtere. For sedimentert vann fra biorotor eller rislefilter vil den tilsvarende fjerning ved filtrering være ca. 50 prosent (1).

Ved siden av å benytte filtrering som poleringstrinn, er filtrering de senere år blitt benyttet for å komplettere eller erstatte konvensjonelle, kjemiske fellingsprosesser som benytter flokkulering og sedimentering. Fellingskjemikaliene tilsettes da direkte til filterets innløp slik at utfelling og separasjon skjer i selve filteret. Denne filtreringsmetode benevnes kontaktfiltrering eller direktefiltrering. Filtreringshastigheter, spyleintervall etc. blir vesentlig forskjellig fra de som benyttes ved filtrering av biologisk eller kjemisk rens et avløpsvann.

## FILTRENE BYGGES OPP PÅ FORSKJELLIGE MÅTER

De mest anvendte filtertyper i dag er nedstrøms-, oppstrøms- og kontinuerlig spylende sandfiltere. Prinsippet for de tre filtertyper er vist i figur 1. Oppstrøms sandfiltrering er mye brukt i Sovjetunionen og i Sverige. I verden for øvrig dominerer nedstrøms filtere.



Figur 1. Prinsippskisse av sandfilteranlegg.

Hurtig igjentetting er normalt nedstrømsfiltreres største problem. Dette er imidlertid langt på vei utbedret ved flermediafiltrere hvor god dybdefiltrering oppnås. Hvis flermediafiltrere utføres som trykklfiltere, kan de operere med vesentlig høyere filtreringshastigheter enn de øvrige typer sandfiltere.

Oppstrøms sandfiltere spyles samme vei som vannets gang gjennom selve filtreringsprosessen. Dette er en fordel fordi filtermassene automatisk får riktig plassering med de største sandkornene i bunn hvor vannet føres inn i filteret. Filteret kan da ta opp store slammengder før spyling av filteret er nødvendig. Den største ulmepe med denne filtertype er faren for slamflukt under selve filtreringsprosessen ved at slammet under større trykktapsoppbygginger føres ut med utløpsvannet i store mengder.

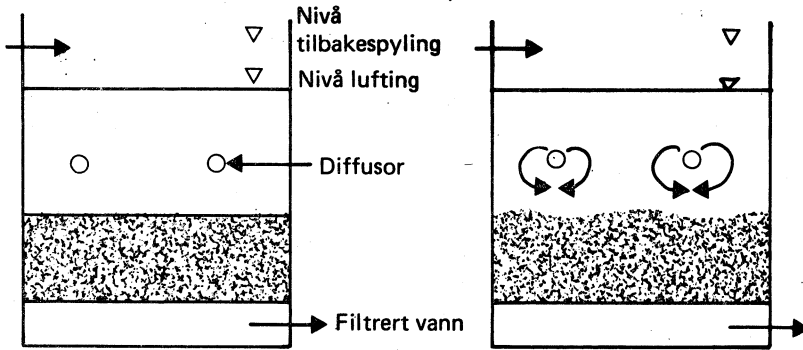
Ved de kontinuerlig spykende sandfiltere pumpes en liten del av sanden ut til vasking slik at slam ikke bygger seg opp i filteret. Vannet som skal filtreres kan ledes inn på bunn eller topp av filteret, avhengig av filterets konstruksjon og ut-

forming. De største problemer med disse filtertyper er igjentetting på grunn av svikt i pumpesystemet for uttak av sand til vasking.

I USA er det utviklet filtertyper spesielt egnet for filtrering av avløpsvann. Ett av disse er HYDRO-CLEAR filteret som opererer med spesielt lave trykktap og lave tilbakespylingsmengder. Dette oppnås ved forsiktig lufting av sanden når trykktapet når en viss grense. Største-parten av de avskilte partikler går da over i vannmassene over filteret. Ved ytterligere trykktapoppbygging stenges utløpet, og luften som er avstengt i filterets dreneringssone trykkes tilbake slik at avsatt materiale i sanden presses ut. Dette gjentas et visst antall ganger før tilbakespyling foretas.

Figur 2 viser prinsippet for filteret.

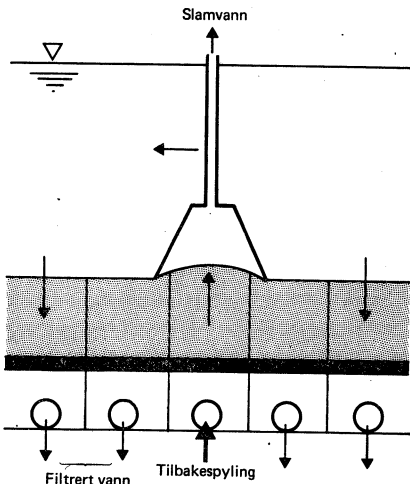
I ABW-filteret er sanden og drenerings-systemet delt inn i mindre seksjoner. Dette filter fungerer også som et nedstrømsfilter med meget liten sanddybde. Tilbakespylingen skjer ved at en vogn går over filteret og tilbakespyler seksjonene enkeltvis.



Figur 2. Prinsippskisse av HYDRO-CLEAR filter, venstre figur lavt trykktap, høyre figur lufting satt i gang for å redusere trykktap.

Figur 3 viser prinsippet for ABW-filte-ret.

I de senere år er det i Norge solgt flere mindre renseanlegg som benytter siling/filtrering som avskillingsenhet. Ved Mecana-anleggene består denne avskillings-

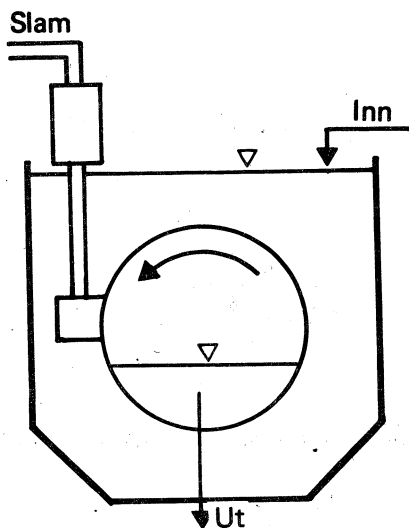


Figur 3. Prinsippskisse av ABW-filter.

enhet av en roterende trommel, belagt med en spesiell bomullsduk. Trommelen er montert i et trau slik at vannet strømmer fra utsiden og inn i trommelen. Når trykktapet over duken bygger seg opp, stiger vannstanden, og ved et visst nivå settes en pumpe i gang som suger slammet av duken og fører dette til slamlager. Den største fordelene ved dette systemet er at det tåler forholdsvis store variasjoner i hydraulisk belastning. Ved et annet system, Prometall, som fungerer tilsvarende, er rammen satt ned i bassenger. Ved dette system er spylepumpen bevegelig og duken stasjonær.

Behovet for hurtigsandfiltrering av avløpsvann har vært liten i Norge. Prosessen er imidlertid blitt aktualisert de senere år på grunn av strengere rensekrav og fordi prosessen kan benyttes direkte som et utfelling- og separasjonstrinn ved kjemisk felling. Hurtigsandfiltrering vil også kunne være et alternativ ved hydraulisk overbelastede anlegg.

Norske erfaringer med filtrering av avløpsvann skriver seg i første rekke fra



Figur 4. *Mccana trommelsil.*

filteranlegg installert under Mjøsaksjonen. For å oppnå de strenge rensekrav med hensyn på fosfor, var det aktuelt å installere filteranlegg ved eksisterende anlegg hvor fosforfjerningen ikke var tilfredsstillende. For å belyse de prosess tekniske forhold ved filtrering, ble det satt i gang filtreringsforsøk i halvteknisk målestokk, både av simultanfelt og mekanisk-kjemisk rensset avløpsvann (2). Særlig var det viktig å få tilstrekkelig kjennskap til filtrering av mekanisk-kjemisk felt avløpsvann fordi undersøkelser med denne prosesskombinasjon ikke var rapportert i litteraturen.

De viktigste resultater fra forsøkene med filtrering av mekanisk-kjemisk rensset avløpsvann er vist i figur 5. Over forsøksperioden varierte filterhastighetene fra 5 til 15 m/h. Resultatene viser at suspendert stoff over filteret ble redusert fra ca. 15 mg SS/l til ca. 3 mg SS/l. For fosfor var de tilsvarende tall 0,6 mg P/l

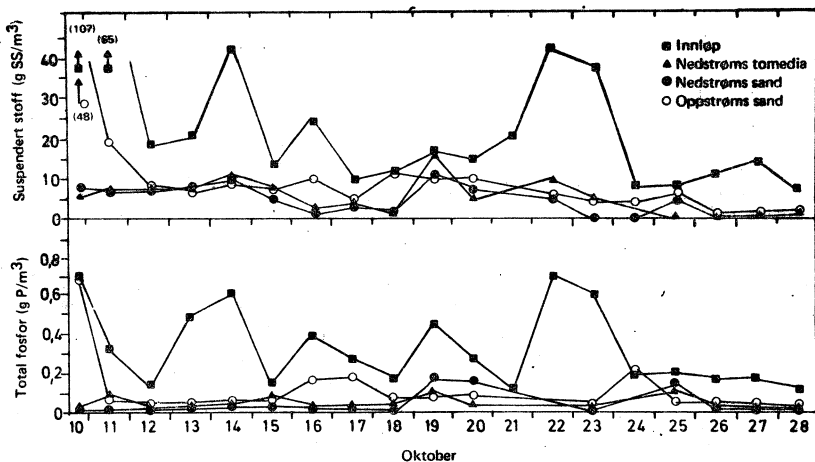
i innløpet og ca. 0,1 mg P/l i utløpet. Disse gode resultater viser at nesten all fosfor i innløpet til filteret forelå i partikulær form.

Resultatene fra de tre filtertyper viser at de stort sett ga samme utløpskvalitet, bortsett fra at det oppsto gjennombrudd ved oppstrømsfilteret ved enkelte anledninger. Da dette oppsto, ble vannkvaliteten vesentlig redusert. Ved de to nedstrømsfiltrene ble filtergjennombrudd aldri oppnådd selv om dette var tilsiktet.

Ved filtrering av simultanfelt avløpsvann, var variasjonene i kvaliteten på det filtrerte vann større, og konsentrasjonene av suspendert stoff og fosfor noe høyere sammenlignet med filtrering av mekanisk-kjemisk rensset avløpsvann. Dette skyldes trolig at vannet fra simultanfellingen inneholder mer finpartikulært stoff enn fra mekanisk-kjemisk rensing. Dette støttes også av at trykktapet fordeler seg over hele filteret, hvilket viser at partiklene går ned i filteret og mesteparten holdes tilbake der. Ved filtrering av mekanisk-kjemisk felt avløpsvann foregikk hoveddelen av trykktapsoppbyggingen over de øverste 20 cm av filteret. Ved endring av innløp fra mekanisk-kjemisk til simultanfelt avløpsvann har da også gangtiden før tilbakespyling øket fra 12 til 22 timer. Ved at trykktapsoppbyggingen foregår over hele filterdybden, vil det også stilles større krav til en effektiv tilbakespyling. Dette ble klart belyst både ved oppstrøms- og nedstrømsfiltrene.

#### **DRIFTSERFARINGER MED FILTRERING AV BIOLOGISK RENSET AVLØPSVANN ER STORT SETT GODE**

England har lengst driftserfaringer med filtrering av avløpsvann. Filtreringsanleggene benyttes der som poleringstrinn for



Figur 5. Innløpsvannets og utløpsvannets kvalitet. (Pra perioden med filtrering av sekundærfelt avløpsvann (Al-sulfat brukt som fellingskjemikalie.)

biologisk rensed avløpsvann. I Sverige er det også de siste 10 årene bygget et stort antall filteranlegg både som poleringstrinn for biologisk-kjemisk rensenanlegg og som kontaktfiltrering for fjerning av fosfor.

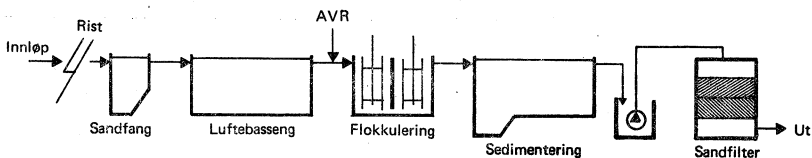
En studiereise til England, Danmark og Sverige hvor 13 filteringsanlegg ble besøkt, viste at det var få problemer med de 11 filteringsanleggene som fungerte som poleringstrinn for biologisk eller biologisk-kjemisk rensed avløpsvann (3). Dimensjonerende filteringshastighet for de undersøkte anlegg var fra 4 til 7,5 m/h.

Under Mjøsaksjonen ble det bygget fem filterinstallasjoner. Alle filtere ble installert som poleringstrinn; to for etterfelt avløpsvann og tre for simultanfelt avløpsvann. Filterinnstallasjonene ble også utformet slik at de kunne drives med kontaktfiltrering. Ved tre av rensanleggene ble det foretatt omfattende driftsoppfølginger (4).

Resultatene fra driftsoppfølgingene er noe blandet. Bare ved det største rensenanlegget, Håvemoen, har driftsresultatene vært gode. Dette er et simultanfellingsanlegg med et nedstrøms trykkfilter, dimensjonert for en filterhastighet på 7 m/h. På grunn av dårlig ledningsnett har filteranlegget til sine tider vært sterkt overbelastet med filterhastigheter over 14 m/h. Ved disse høye hastigheter har hyppig spyling vært nødvendig.

Resultatene fra en driftsperiode på 10 måneder viser at fosforkonsentrasjonene i gjennomsnitt ble redusert fra 0,29 mg P/l til 0,09 mg P/l over filteret. Det har ikke vært driftsproblemer med filteranlegget. Filteranlegget er utstyrt med avansert automatikk med meget gode styrings- og kontrollmuligheter.

Ved de to minste rensanleggene, Snertingdal og Jølstad (ca. 200 pe), som hadde henholdsvis et AIB oppstrømsfilter og et Tenten kontinuerlig spylende sandfil-



Figur 6. Prinsippskisse av Håvemoen rensanlegg, Lillehammer kommune.

ter, var driftsforholdene problematiske. Det var en rekke feil og mangler ved filterene som gjorde det vanskelig å få til en stabil og tilfredsstillende filtrering. Oppstrømsfilteret som fungerte som pole-ringstrinn for simultanfelt avløpsvann førte ofte til igjentettinger og filtergjennombrudd som forringet vannkvaliteten vesentlig. Det var også vesentlige problemer med filterspyling og styringsautomatikk. Det er fremdeles (1983) driftsproblemer med filteret som hovedsakelig består av igjentettingsproblemer.

Ved det kontinuerlige spykende sandfilter var det en rekke driftsproblemer. Filteret var overdimensjonert slik at det ikke ble oppnådd tilstrekkelig sirkulasjon i filteret. Filteret gikk derfor tett og anaerobt. Det var også store problemer med filterets automatikk. I forsøkene ble rensanlegget drevet både som etterfellingsanlegg og simultanfellingsanlegg. Ved god driftsoppfølging av anlegget ble det, selv ved simultanfelling og ugunstig hydrauliske støtbelastninger, oppnådd fosforkonsentrasjoner i innløpet til filteret på mellom 0,1—0,2 mg P/l. Dette er så lave verdier at filterets betydning blir minimal. Filteret er nå satt ut av drift.

Driftserfaringene fra disse to mindre filteranleggene viser at driften kan være problematisk. Det er helt nødvendig at filterene tilpasses det vann som skal filtreres, både når det gjelder hydraulisk kapasitet, art og mengde av partikulært stoff. Fil-

trene må være lette å drive og automatikk og styring må fungere tilfredsstillende. Det var særlig det siste som sviktet ved disse to filterinstallasjoner.

Driftsresultatene fra de øvrige større filteranleggene som fungerer som pole-ringstrinn, er meget gode, og få eller ubetydelige driftsproblemer er rapportert. Dette skulle vise at filtrering som pole-ringstrinn er en gjennomprøvet prosess som gir gode resultater.

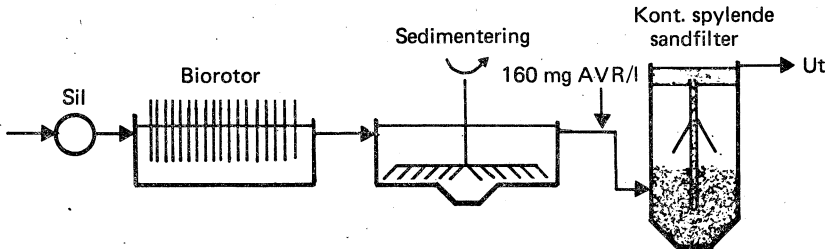
#### KONTAKTFILTRERING AV BIOLOGISK RENSET AVLØPSVANN. EN AKTUELL RENSEPROSSE

I de senere år er det bygget flere kontaktfiltreringsanlegg som kjemisk rensetrinn i Sverige. De fleste av disse fungerer meget bra med fosforkonsentrasjoner i utløpet som er lavere enn det som vanligvis oppnås ved etterfellingsanlegg. Ett av disse anleggene, Grislehamn i Norrtälje kommune, er bygget for rensing av avløpsvann fra fritidsbebyggelse. Vannmengdene inn på anlegget varierer derfor meget. Anlegget som er dimensjonert for 1 500 pe består av hovedkomponentene sil, biorotor, sedimenteringsbasseng og kontinuerlig spykende sandfilter (Dynasand). Det sedimenterte vannet fra biorotoren pumpes inn på filterene med en filterhastighet på 4,6 m/h. Anlegget har vært i drift siden mars 1981. Analyse-resultater fra de åtte første måneder i

1982 viser en gjennomsnittlig fosforkon-  
sentrasjon på 0,32 mg P/l og et innhold  
av suspendert stoff på 13 mg SS/l. Kje-  
mikaliedoseringen til filteret ligger nor-  
malt på 160 mg AVR/l. Den høye kje-  
mikaliedose sammen med høyt innhold

av suspendert stoff, som av og til opp-  
står fra biotrinnet, har ved enkelte anled-  
ninger tettet filteret. Igjentettingen løses  
imidlertid enkelt ved å øke filterspylin-  
gen. Det har ikke vært biologisk vekst  
i filteret.

## KONTAKTFILTRERING GULSHAMN RENSEANLEGG



Figur 7. Kontinuerlig spykende sandfilter, Grislehamn renseanlegg.

Et lignende kontaktfilteranlegg i samme kommune, men med aktivslam som bio-  
trinn, viser også meget gode driftsresulta-  
ter. Driftsoppfølging, foretatt av Statens  
Naturvårdsverk i 1980 over en tredøgns  
periode, viser midlere fosforkonsentra-  
sjoner i utløpet fra filteret på 0,12 mg  
P/l.

Kontaktfiltrering ved bruk av andre  
filtertyper fungerer også bra. F.eks. et  
oppstrømsfilter (AIB), Kil renseanlegg,  
dimensjonert for 500 m<sup>3</sup>/h gir midlere  
fosforkonsentrasjon i utløpet på ca. 0,3  
mg P/l. Filtreringshastigheten er 5 m/h.  
Renseanlegget som ligger i Kil kommune  
har vært i drift siden 1977. De første  
årene ble det felt med AVR med gode  
resultater ved doseringer på 150 mg/l.  
For å redusere utgiftene til fellingskje-  
mikalier ble tottrinns felling satt i gang. I  
dag doseres det 50—70 mg/l jernklorid

til det biologiske trinnet, og 50—70 mg  
AVR/l til filteret. Totalresultatene mhp.  
fosfor er omtrent de samme som ved fel-  
ling i bare filteret. Det har ikke vært  
vesentlige driftsproblemer ved anlegget.

Ved kontaktfiltrering stilles det normalt  
større krav til filterprosessene enn ved  
filtrering som poleringstrinn. Det er da  
også rapportert om flere driftsproblemer  
ved kontaktfilteranleggene enn ved filter-  
anleggene som fungerer som polerings-  
trinn (3). Ved kontaktfiltrering skal store  
slammengder skilles fra slik at det stilles  
ekstra krav til effektiv filterspyling og  
god dybdefiltrering. Særlig ved opp-  
strømsfiltrene kan dette være et problem  
fordi den kraftige tilbakespyling som er  
nødvendig for å kvitte seg med slamm  
før, fører til at deler av sanden forlater fil-  
teret. Ineffektiv tilbakespyling i filtrenes  
hjørner er også rapportert (6).

Ved dimensjonering av kontaktfiltere blir innløpsvannets innhold av suspendert stoff avgjørende. Kontinuerlig spykende kontaktfiltere dimensjoneres vanligvis med en tørrstoffbelastning på 0,6 kg SS/m<sup>2</sup>h. Med en tørrstoffbelastning på 100 mg SS/l blir derfor dimensjonerende filteringshastighet 6 m/h. For konvensjonelle flermedia sandfiltere blir som regel spyleintervallet dimensjonerende. Dette bestemmes ut fra filtrens lagringskapasitet som normalt er ca. 1 kg SS/m<sup>2</sup>.

### **KONTAKTFILTRERING AV MEKANISK RENSSET AVLØPSVANN ER LITE UTPRØVET**

I Norge er det de senere år bygget to filteranlegg for kontaktfiltrering av mekanisk rensset avløpsvann.

Det ene anlegget, Gomnes rensanlegg, Hole kommune, som er dimensjonert for 200 pe består av slamavskiller, kontinuerlig spykende sandfilter (Dynasand) etterfulgt av UV-bestråling. Sandfilteranlegget ble opprinnelig installert for polering av det slamavskilte vannet, men med muligheter for felling i filteret. I 1980 ble det satt i gang forsøk med felling i filteret (5). Forsøkene ble utført av NIVA i samarbeid med produsenten av filteret. Det ble kjørt forsøk med og uten polymer og med aluminiumsulfatdoser fra 175 til 220 mg/l. Filteringshastigheten varierte fra 1 til 2 m/h. De oppnådde resultater var meget dårlige. Det viste seg vanskelig å oppnå lengere perioder med stabile driftsforhold. Under dager med stabil drift klarte en ikke å unngå større fnokkdannelser i klarvannsfasen over filteret. Fnokkdannelsen medførte høy turbiditet i utløpsvannet og dårlig fjerning av suspendert stoff og fosfor.

Det andre filteranlegget, Hurdal rensanlegg, er et oppstrømsfilter (AIB) som kontaktfilterer silt råkloakk. Anlegget er dimensjonert for 1 500 pe og satt i drift 1981. Aluminiumsulfat benyttes som fellingsmiddel. Det har vist seg meget vanskelig å oppnå stabil drift. Filtergjennombrudd, som opptrer hyppig, gir høye konsentrasjoner av suspendert stoff i utløpsvannet. De gjennomsnittlige fosforkonsentrasjoner i utløpet i 1982 har således vært høyere enn 5 mg P/l. Det kan være mange årsaker til de dårlige resultater ved dette anlegget. Automatikken for spyling fungerer ikke tilfredsstillende, og hydraulisk ubalanse mellom filtrene synes å være en av hovedårsakene. Ved at filterpumpen gir vann til alle filtrene, vil det gå mest vann gjennom filtrene med minst trykktap, og dette fører til filtergjennombrudd. Innløpsvannet til filteret har normalt et innhold av suspendert stoff på ca. 200 mg/l. En filteringshastighet på 6—6—7 m/h, sammen med det høye innhold av suspendert stoff, kan muligens også være en av årsakene til driftsproblemene. Filteranlegget skal utbedres.

I Hermøsand kommune i Sverige er det et kontinuerlig spykende sandfilter i drift for kjemisk felling av slamavskilt vann fra en turistbedrift. Filteret arbeider med en filterhastighet på 3 m/h og benytter jernklorid som fellingsmiddel. Anlegget er satt i drift i 1982. De få analyser som er tatt av lensstyrelsen er meget positive, både med hensyn på organisk stoff og fosfor (BOF ca. 10 mg O/1 og tot P < 0,1 mg P/l). Sammenlignet med det kontinuerlig spykende sandfilter for kontaktfiltrering av slamavskilt vann i Norge, er kornstørrelsen av sanden øket fra 0,8—1,2 til 1,2—2,0 mm. Dette sammen med at det er installert en enkel sil for fjerning av flyteslam foran filteret, oppgis



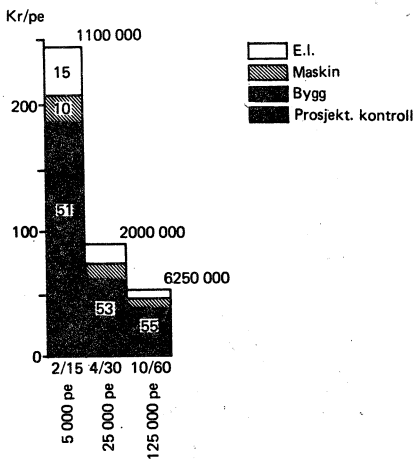
av leverandøren til å være hovedårsaken til forskjell i driftsresultater mellom de to filterinstallasjonene.

Driftserfaringene fra kontaktfiltrering av mekanisk rensed avløpsvann viser at prosessene på det nåværende tidspunkt ikke er tilstrekkelig utprøvet. Driften er problematisk og problemene er av forskjellig art for de ulike typer hurtigsandfiltere. De store slammengder (ca. 5 l slam/m<sup>3</sup> avløpsvann) som skal lagres i filteret og skilles fra ved tilbakespyling, eller vasking av sand, stiller meget store krav til oppbygging, utforming og drift av filterene. Igjentetting av filtermedia, utilstrekkelig innlagring av fraskilt partikulært stoff og problemer med tilbakespyling, eller ineffektiv vasking av sand, synes da også å være de største problemer. På grunn av de høye slamkonsentrasjoner i innløpsvannet til filteret, må filtreringshastigheten være lav, slik at filterene blir forholdsvis store. Filterinstallasjonene blir derfor kostbare, og lavere rensekostnader for utløpsvann av samme kvalitet kan trolig oppnås ved bruk av andre rensemetoder.

### KOSTNADER VED FILTRERING

På grunn av få filterinstallasjoner ved avløpsrensaneanlegg i Skandinavia, er data-materialet for kostnader ved filtrering lite. Kostnadene ved filterinstallasjoner ved mindre rensaneanlegg vil bli høye sammenlignet med kostnadene ved større rensaneanlegg fordi grunnlagsinvesteringene i instrumentering og automatikk er store. Figur 8 og 9 viser beregnede investeringer og årskostnader (1980 kr.) for konvensjonelle nedstrømsfiltere med filtreringshastighet 5 m/h (6). Kostnadene gjelder for bygging av filteranlegget samtidig med det øvrige anlegg.

### FILTRERING INVESTERING



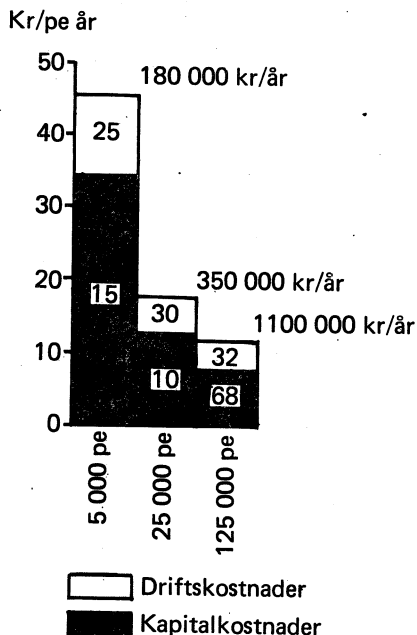
Figur 8.

Investeringskostnader for nedstrøms hurtigsandfiltere (2/15 = to filter a 15 m<sup>2</sup>).

### KONKLUSJONER

- Avløpsvannets filtreringsegenskaper er avhengig av den rensemetode som benyttet forut for filtreringen. Dette må tas hensyn til ved dimensjonering, filtertype, korntørrelse og filtreringshastighet.
- Oppstrømsfilterene er følsomme for filtergjennombrudd som forringer vannkvaliteten vesentlig.
- Ved kontinuerlig spykende filtere synes gjentetting å være ett av de største problemer.

## FILTRERING Årskostnader



Figur 9.

Årskostnader for nedstrøms burtigsand-filtre.

- Driftserfaringer fra utlandet viser gode driftsresultater ved filtrering som poleringstrinn etter biologisk eller biologisk-kjemisk rensing. Dårlige resultater som tildels er oppnådd i Norge skyldes feil dimensjonering og feil og mangler ved automatikk og instrumentering.
- Kontaktfiltrering av biologisk rensset avløpsvann fungerer bra.
- Norske filterinstallasjoner hvor kontaktfiltrering av mekanisk rensset avløpsvann foretas fungerer dårlig. Med de lave filtreringshastigheter som er nødvendig vil trolig andre rensemetoder gi en rimeligere og bedre rensing.

## REFERANSER

1. Culp, R. L., Culp, G. L., «Advanced Wastewater treatment», Van Norstrand Reinhold Company, 1971, side 87.
2. Vik, E., Lygren, E., «Filtrering av avløpsvann fra kloakkrenseanlegg — Forsøk i halvt teknisk målestokk», NTNFs Utvalg for drift av rensanlegg, Prosjektrapport nr. 20, Oslo 1979.
3. Vik, E., «Filtrering av avløpsvann fra kloakkrenseanlegg — Erfaringer fra kloakkrenseanlegg med filtrering i England, Sverige og Danmark», NTNFs Utvalg for drift av rensanlegg, Oslo 1979.
4. Jobansen, S. S., «Filtrering av avløpsvann fra kommunale rensanlegg», NTNFs Utvalg for drift av rensanlegg, Prosjektrapport nr. 32, Oslo 1981.
5. Lundar, A., «Teknisk assistanse — Gomnes rensanlegg Hole kommune», Norsk institutt for vannforskning, 0-80023, Oslo 1981.
6. Andersson, C., Bornø, C., «Kostnader for avloppsrening». Statens Naturvårdsverk, PM 1237.