

# En økonomisk vurdering av forholdet mellom interkommunal versus stedlig mekanisk avvanning av slam fra små kloakkrenseanlegg ved bruk av silbåndspresse, sentrifuge og kammerfilterpresse

Av Erik Bergan

Erik Bergan er ansatt i Plan Tek A/S som ingeniør i vannforsynings- og avløpsteknikk.

## INNLEDNING

### Tilbakeblikk.

I løpet av siste dekada har tendensen innen avløpsteknikken gått i retning av større fellesløsninger fremfor lokale løsninger.

Når det gjelder avvanning av slam fra kloakkrenseanlegg, har mange ingeniører generelt hevdet at fellesløsninger med interkommunale avvanningsanlegg er å foretrekke fremfor stedlig avvanning på selve renselanlegget med mekanisk avvanningsutstyr.

Inntil nå synes en slik oppfatning å ha vært relevant fordi man tidligere ikke hadde nødvendig apparatur til rådighet, som kunne avvanne slammet på relativt små kloakkrenseanlegg til rimelige kostnader.

Dessuten underbygget de tidligere og relativt sett lave kostnadene for slamtransport fordelene med interkommunal slamavvanning, fremfor stedlig mekanisk avvanning.

### Dagens situasjon.

Denne oppfatning synes ikke lenger å være helt dekkende.

Grunnen er at vi nå har nødvendig teknologi som muliggjør stedlig avvanning med mekanisk utstyr selv på mindre anlegg og til relativt sett lave kostnader sammenlignet med tidligere forhold. En annen situasjon som underbygger tanken om stedlig avvanning, er dagens relativt høye prisnivå for slamtransport.

På grunnlag av nevnte forandringer i gjeldende problemstilling, vil vi analysere de økonomiske aspekter ved stedlig slamavvanning versus interkommunal avvanning i større fellesanlegg.

Følgende utredning er basert på et aktuelt tilfelle hvor en middelstor landkommune planlegger i alt 5 kloakkrenseanlegg innen størrelsesområdet 1500 til 4 000 personer, og hvor spørsmålet om slambehandling er analysert separat.

Følgende utredning vil ikke gå inn på rensetekniske prosessforhold i selve renseanlegget utover det som er nødvendig for å definere spørsmålet vedrørende slamavvanning.

Artikkelen behandler avvanning av mekanisk slam, og biologisk ustabilisert så vel som stabilisert slam.

Kombinasjoner med kjemisk slam behandles ikke da disse kombinasjoner antageligvis følger samme tendenser som de vi finner for mekanisk og biologisk slam.

Følgende mekanisk avvanningsutstyr inngår i vurderingen:

- |                       |             |
|-----------------------|-------------|
| 1) Båndpresse         | ca. 20 % TS |
| 2) Sentrifuge         | ca. 20 % TS |
| 3) Kammerfilterpresse | ca. 40 % TS |

Sandsenger vurderes ikke, men kan fortsatt ha høy aktualitet i enkelte tilfeller.

## ALTERNATIVER

Følgende alternative problemstillinger vurderes:

Mekanisk slam (M)

M - 1 Transport av *gravitasjonsfor-tykket mekanisk slam* til interkommunalt avvanningsanlegg for avvanning, innblanding og endelig deponering i interkommunal fylling.

M - 2 *Stedlig* avvanning av mekanisk slam og transport av *presset slam* til interkommunal fylling for innblanding og deponering.

Biologisk slam (B)

B - 1 Transport av gravitasjonsfor-tykket biologisk (aktivt slam), *ustabilisert* slam til interkom-

munalt avvanningsanlegg for avvanning, innblanding og endelig deponering i interkommunal fylling.

B - 2 Som for B - 1, men *stabilisert* slam.

B - 3 *Stedlig* avvanning av *ustabilisert* biologisk slam og transport av presset slam til interkommunal fylling for innblanding og deponering.

B - 4 Som for B - 3, men *stabilisert* slam.

## OMKOSTNINGER

For samtlige alternativer er kostnadene vist som årskostnader som funksjon av renseanleggets størrelse. (Moms er ikke inkludert.)

### Årskostnader.

Årskostnadene er basert på:

- Amortisering og forrentning etter 8 % p. å.
- Amortiseringstid bygg 40 år.
- Amortiseringstid maskin 15 år.
- Vedlikeholdsutgifter 3 % av investeringskostnadene.
- Elektro- og kjemikaliekostnader.

### Bygningsomkostninger.

Meromkostninger for bygningsarbeider forbundet med øking av anleggsdimensjoner for å inkludere slamstabilisering, er henholdsvis:

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| — Betongarbeider       | 500 kr./m <sup>3</sup> |
| — Forskallingsarbeider | 100 kr./m <sup>2</sup> |
| — Gravingsarbeider     | 30 kr./m <sup>3</sup>  |

Renseanleggets prinsipielle utforming er vist i fig. 2.

### Transportomkostninger.

På grunnlag av innhentede opplysninger fra stedlige firma som driver slamtransport, er det benyttet en spesifikk pris á 33 kr./m<sup>3</sup>, ekskl. moms.

Denne pris benyttes både for vått og presset slam, og prisen holdes konstant innen de aktuelle transportområder for samtlige alternative løsninger.

### Tilknytningsavgift til interkommunalt avvanningsanlegg.

Avgift for tilknytning til det aktuelle interkommunale avvanningsanlegg er oppgitt til 10 kr./m<sup>3</sup>

Herav fordeles 5 kr./m<sup>3</sup> på avvanningen alene, mens øvrige 5 kr./m<sup>3</sup> forutsettes å være utgiftene for innblanding og deponering.

### Maskinomkostninger.

Priser for maskinelt avvanningsutstyr er innhentet fra leverende firmaer, og omkostningene innbefatter alt nødvendig utstyr for halvautomatisk drift.

For både filterbåndpresse og sentrifuge er samme modellstørrelse benyttet.

Eneste variable for disse enheter er el- og kjemikalieomkostninger, som øker med økende renseanleggstørrelser.

For kammerfilterpressen derimot er størrelsen avpasset slik at pressen alltid har en syklus-kapasitet på ett døgnslamproduksjon.

Under disse forutsetninger kan man si at renseanleggene har tilnærmet like bemanningsforhold for alle alternative løsninger.

Endelig understrekes at omkostnin-

gene ikke er differensiert mellom de enkelte typer avvanningsutstyr.

Dette betyr at for alternativene med stedlig avvanning presenteres ett øvre og ett nedre omkostningsområde, alt avhengig av hvilket utstyr det gjelder.

## ALTERNATIVE LØSNINGER

### Alternativ M-1.

For mekaniske renseanlegg forutsettes en slamproduksjon på ca. 0,8

til  $1,5 \frac{1}{p \times d}$  i gravitasjonsfortykket tilstand og med en middelverdi  $\frac{1,2 l}{p \times d}$  (ref. 1).

På dette grunnlag og ifølge avsnitt 3 er totalutgiftene ved interkommunal avvanning beregnet.

Omkostningene innbefatter transport av vått gravitasjonsfortykket slam á ca. 5 % TS, avvanning, innblanding og endelig deponering i interkommunal fylling.

Omkostningene er vist ved kurve 1 i fig. 1.

### Alternativ M-2.

Alternativ M-2 er basert på en spesifikk slamproduksjon á 60 gr. TS/pxd, som legges til grunn for dimensjonering av avvanningsutstyret.

Samme slamproduksjon benyttes også for beregning av transportkostnader for presset slam á 20 og 40 % TS til interkommunal fylling for innblanding og endelig deponering.

Som det fremgår av avsnitt 3—5, benyttes samme modellstørrelse både på filterbåndpresse og sentrifuge, mens kammerfilterpressens størrelse

er valgt slik at den alltid har kapasitet til ett døgnslamproduksjon pr. syklus.

Under disse forutsetninger og iflg avsnitt 3 er den samlede årskostnaden beregnet ved stedlig avvanning av mekanisk slam inklusiv omkostninger for transport av presset slam til interkommunal fylling, for innblanding og endelig deponering.

Omkostningene er vist ved kurve 2 og 3 i fig. 1.

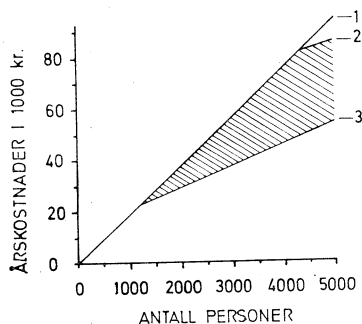
### Konklusjon vedrørende avvanning av mekanisk slam.

Det fremgår av fig. 1 at en løsning med interkommunal avvanning av mekanisk slam ikke vil være renta-

**FIG. 1. ALTERNATIV M 1 OG M 2**  
Stedlig versus interkommunal avvanning av mekanisk slam, med endelig deponering i interkommunal fylling.

- 1 interkommunal avvanning.
- 2 øvre grense for stedlig avvanning.
- 3 nedre grense for stedlig avvanning.

**NB!** Stedlig avvanning omfatter alternativene båndpresse, sentrifuge og kammerfilterpresse.



belt for renseanleggstørrelser over ca. 4 000—5 000 personer.

Denne konklusjon bygger kun på økonomiske vurderinger vedrørende slamavvanningen, mens øvrige hensyn vedrørende spesiell bruk og deponering av mekanisk slam ikke er vurdert.

Nedre lønnsomhetsgrense for stedlig avvanning ligger ifølge fig. 1 i overkant av ca. 1000 personer.

For renseanlegg under ca. 1000 personer vil sannsynligvis interkommunal avvanning være økonomisk lønnsomt.

### Alternativ B - 1.

Som grunnlag for beregning av slamproduksjonen ved biologiske kloakkrenseanlegg forutsetter vi en belastningsfaktor.

$$f = 0,2 \text{ kg } O_2$$

$$\text{kg SS} \times d$$

som iflg. (ref. 2) gir en slamproduksjon på

$$TS \text{ prod.} = 57 \text{ gr TS}$$

$$\text{dx pers.}$$

Disse verider ligger i området for «normal belastede» biologiske kloakkrenseanlegg.

Iflg. (ref. 1) kan man vente et gravitasjonsfortykket TS innhold på ca. 2—3 %, og med en middelværdi på ca. 2,5 %.

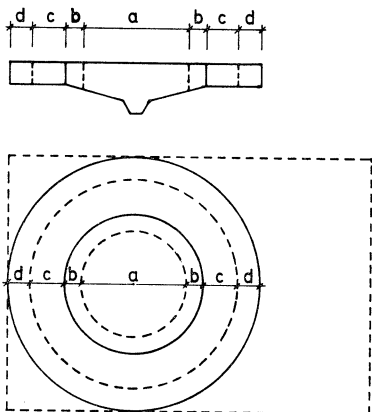
Under disse forutsetninger og på grunnlag av avsnitt 3 — omkostninger, har vi beregnet totalutgiftene for avvanning av ustabilisert biologisk slam i interkommunalt avvanningsanlegg. Omkostninger er vist ved kurve 1 fig. 3.

### Alternativ B - 2.

I dette alternativ beregner vi meromkostningene ved slamstabilisering, omkostninger for transport av stabilisert og gravitasjonsfortykket slam til interkommunalt avvanningsanlegg, samt utgifter for avvanning, inn-

blanding og endelig deponering i interkommunal fylling.

Meromkostningene for utvidelse av et biologisk anlegg til å innbefatte slamstabilisering, er basert på en konstruktiv utforming av renseanlegget slik vist i fig. 2.



**FIG. 2.**  
**UTVIDELSE AV BIOLOGISK**  
**RENSEANLEGG FOR**  
**SLAMSTABILISERING**

- a sedimenteringstank for  $f = 0,2$   
 b utvidelse av sed.tank for  $f = 0,057$   
 c lufttetank for  $f = 0,2$   
 d utvidelse av lufttetank for  $f = 0,057$

Videre er meromkostningene for slamstabilisering samt transportkostnadene basert på følgende betingelser:

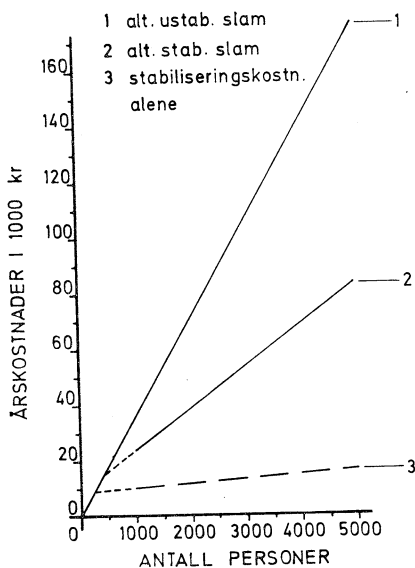
1) Senkning av belastningsfaktor fra	$f = 0,2$ til $f = 0,057$	$\frac{\text{kg O}_2}{\text{kg SS} \times d}$
2) S.S. i lufttetank ved .....	$f = 0,02$	3 000 ppm.
3) S.S. i lufttetank .....	$f = 0,057$	5 000 ppm.
4) S.S. i lufttetank .....	$= \text{kg O}_2$	
	$f$	
5) Slamproduksjon ved .....	$f = 0,2$	$57 \frac{\text{gr. TS}}{p \times d}$
6) Slamproduksjon ved .....	$f = 0,057$	$27 \frac{\text{gr. TS}}{p \times d}$
7) Spesifikk $\text{BOF}_5$ belastning .....		$60 \frac{\text{gr. O}_2}{p \times d}$
8) Slamalder .....		20 d
9) Overflate belastning på sedimenteringstank .....		$3,5 \frac{\text{kg SS}}{\text{m}^2 \times d}$

(ref. 3)

Tørrestoffinnholdet i aerobt stabilisert og gravitasjonsfortykket slam ligger i området 2,5 til 3,5 % (ref. 1) og med en antatt middelverdi på 3 %.

Under disse forutsetninger og iflg. avsnitt 3 — omkostninger, har vi beregnet totalomkostningene for interkommunal avvanning av aerobt stabilisert slam.

Kostnadene er vist i fig. 3 hvor kurve 3 utgjør de rene stabiliseringsomkostninger, mens kurve 2 er totalomkostningene for alternativ B - 2.



**FIG. 3. ALTERNATIV B1 OG B2 INTERKOMMUNAL AVVANNING AV USTABILISERT VERSUS STABILISERT BIOLOGISK SLAM**

### Konklusjon vedrørende alternativ B - 1 og B - 2.

Hvis man skal benytte interkommunalt anlegg for avvanning av biologisk slam (aktiv slam), vil det lønne seg iflg. fig. 3 å stabilisere slammene før det transporteres i gravitasjonsfortykket tilstand fram til det interkommunale anlegget for avvanning.

### Alternativ B - 3.

Dette alternativ er basert på samme belastningsfaktor som ble benyttet i alternativ B - 1, nemlig  $f = 0,2$  som gir en slamproduksjon på 57 gr. TS

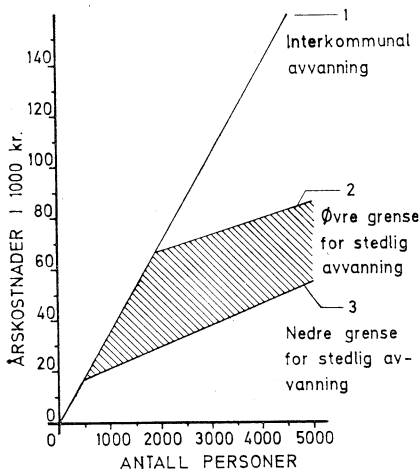
$p \times d$ .

I og med at denne slamproduksjon basert på TS er tilnærmet lik slamproduksjonen i alternativ M - 2, kan man tillate seg å benytte samme dimensjoner på avvanningsutstyret som benyttet i alternativ M - 2.

Dette gjelder også for slamavvanningsøkonomien som helhet, som i dette alternativ settes identisk med slamavvanningsøkonomien for alternativ M - 2.

Omkostningene for alternativ B - 3 som er stedlig avvanning av ustabilisert biologisk slam, er vist ved kurvene 2 og 3 i fig. 4, der kurvene representerer henholdsvis øvre og nedre område alt avhengig av type utstyr.

Kurve 1 i fig. 4 er omkostningene for interkommunal avvanning av samme slamtype, dvs. alternativ B - 1.



**FIG. 4. ALTERNATIV B 3  
STEDLIG VERSUS INTER-  
KOMMUNAL AVVANNING AV  
BIOLOGISK USTABILISERT SLAM  
MED ENDELIG DEPONERING I  
INTERKOMMUNAL FYLING**

#### Konklusjon vedrørende alternativ B-3.

Som det fremgår av fig. 4 synes interkommunal avvanning av ustabilisert slam ikke å være økonomisk lønnsomt for rensesanlegg over ca. 2 000 personer.

Alt avhengig av type avvanningsutstyr som velges, synes nedre lønnsomhetsområde for stedlig avvanning å være for anlegg rundt ca. 1000 personer eller muligens enda noe lavere.

For de minste rensesanlegg antas sandseng å kunne bli den fornuftigste løsning, noe avhengig av hvordan rensesanlegget opereres m.h.t. belastningsfaktoren.

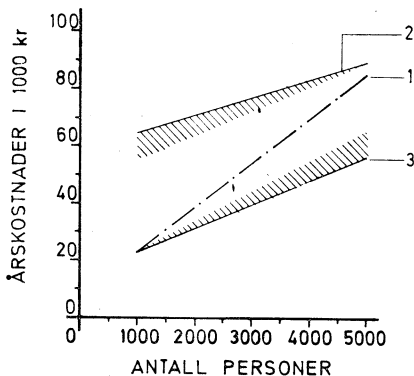
#### Alternativ B-4.

Her er benyttet samme modellstørrelse på filterbåndpresse og sentrifuge som ble benyttet for ustabilisert slam.

Eneste forskjell er kortere driftstid og mindre kjemikalieforbruk. Kammerfilterpressens størrelser derimot er redusert på grunn av den lavere slamproduksjon ved stabiliseringsanlegg slik at man kan operere med en sykluskapasitet lik ett døgn slamproduksjon.

Under disse forutsetninger er totale omkostninger for stedlig avvanning av stabilisert slam beregnet.

Omkostningene er vist i fig. 5, hvor øvre og nedre omkostningsområde er vist ved kurvene 2 og 3.



**FIG. 5. ALTERNATIV B 4  
STEDLIG VERSUS INTER-  
KOMMUNAL AVVANNING AV  
STABILISERT BIOLOGISK SLAM  
MED DEPONERING I  
INTERKOMMUNAL FYLING**

- 1 Interkommunal avvanning
- 2 Øvre grense for stedlig avvanning
- 3 Nedre grense for stedlig avvanning

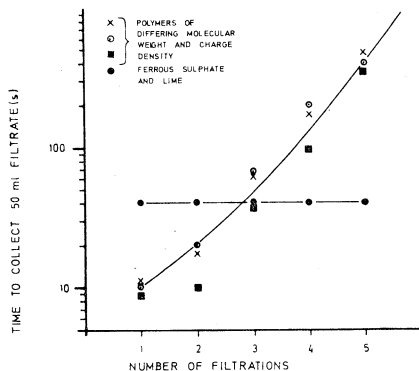
Kurve 2 og 3 innbefatter stabiliseringsutgifter, omkostninger for stedlig avvanning og transport av presset slam samt utgifter for innblanding og endelig deponering i interkommunal fylling.

Kurve 1 i fig. 5 representerer interkommunal avvanning av stabilisert slam, dvs. alternativ B - 2.

### Konklusjon vedrørende alternativ B - 4.

Som det fremgår av fig. 5 synes interkommunal avvanning av stabilisert slam ikke lønnsomt for renseanlegg større enn ca. 5 500 personer.

Alt avhengig av type avvanningsutstyr som velges, synes nedre lønn-



**Fig. 6.** Laboratory determination of cloth blinding by a series of filtrations through a Whatman No. 17 filter paper, removing the cake from each preceding filtration, comparing polyelectrolytes and inorganic conditions.

**REF.** Water Pollution Control, Vol. 73, 1974, No. 5.

somhetsområde for stedlig avvanning av stabilisert slam å ligge ved renseanlegg for ca. 1 000 personer.

For mindre renseanlegg antas sandsengen fortsatt å ha sin betydning.

### SAMMENDRAG

— Alt avhengig av hvilket avvanningsutstyr som velges, synes følgende nedre lønnsomhetsområde for stedlig slamavvanning å gjøres gjeldende.

Mekanisk slam: se fig 1 —

fra ca. 1500 p og oppover

Biol. ustab. slam: se fig. 4 —

fra ca. 1 000 p og oppover

Biol. stab. slam: se fig. 5 —

fra ca. 1 000 p og oppover

— Hvis eneste løsning for biologisk slam er interkommunal avvanning, lønner det seg å stabilisere slammet før det transporteres, se fig. 3.

— Når det gjelder omkostninger for stedlig avvanning av ustabilisert og stabilisert slam, viser disse noenlunde samme verdier. (Kfr. fig. 4 og 5).

— Årsaken til dette er tilfeldig, da økningen i stabiliseringsomkostninger tilnærmet balanserer med reduksjonen i transport og maskinomkostninger.

— Ved alternativt stedlig avvanning av stabilisert slam, antas at slammet kan leveres til lokalt landbruk for noenlunde samme totalomkostninger som gjelder for deponering i interkommunal fylling.



— I hvilken grad konklusjonene i denne utredning som er basert på forholdene ved en middelstor landkommune kan sies å ha generell gyldighet, er ikke behandlet.

— Til slutt kan det opplyses at kammerfilterpressen så vidt man vet hittil ikke har vært brukt på kommunalsiden i Norge.

Det er i samarbeid med et norsk firma gjennomført et ca. 14 dagers forsøksprogram med kammerfilterpresse på kommunal slam, og resultatet kan oppsummeres som følger:

1. Kammerfilterpressen avvanner septiktankslam, aktivslam, stabilisert aktiv slam og kombinasjonen septiktankslam og aktivslam til ca. 40 % TS med en syklustid på mindre enn to timer.

2. Kombinasjonen jernklorid og kalk viste gode resultater, og forbruket lå innen ventede områder. Det vises til fig. 6 fra engelske filtreringsforsøk ved bruk av jern og kalk kontra polymer alene. Det ses at ved bruk av polyelktrolytter øker graden av gjentetting med antall gjentatte filtreringer, mens jernsulfat/kalk ikke gir slike problemer.
3. Det avvannede slammet løste seg umiddelbart fra kammerveggene uten å etterlate slam.
4. Det viste seg ikke å være noen vanskeligheter med igjentetting av kammerfilterduken. Det oppsto heller ikke problemer driftsteknisk.
5. Fra et teknisk synspunkt synes forsedimentering og dekantering av slammet unødvendig.