

486

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

VII

0 - 40/71

PRA 2. RENSING AV AVLØPSVANN

Stabilisering og avvanning av slam.

Forsøksanlegget Kjeller

Fremdriftsrapport nr.3

Saksbehandler: Peter Balmér  
Avd.sjef  
Rapporten avsluttet: 26.6.1973

O-40/71

Prosjektet er oppdelt i delprosjekter .

Saksbehandlere for de ulike delprosjekter har vært :

O-40/71-B	Drift og administrasjon av forsøksanlegget.	Peter Balmér
O-40/71-C	Driftsundersøkelser av mekaniske, biologiske og kjemiske renseanlegg.	Peter Balmér
O-40/71-D	Biodammer i kombinasjon med kjemisk felling.	Bjarne Vik
O-40/71-H	Renneforsøk og laboratorieundersøkelser til belysning av ulike kloakkrensemetoders virkning på biologiske forhold i resipienter.	Tor Traaen
O-40/71-N	Aerob slamstabilisering.	Arild Eikum
O-40/71-P	Kjemisk stabilisering.	Bjarne Paulsrud
O-40/71-R	Fortykking.	Ole Falk Frederiksen
O-40/71-S	Avvanning av slam ved små renseanlegg.	Bjarne Paulsrud

PRA 2.1 Forsøksanlegget på KjellerSammendrag av utført arbeid og oppnådde resultater

Hva som er oppnådd for de ulike delprosjektene, fremgår av separate beskrivelser, og her vil det kun bli gitt et kort sammendrag.

Forsøkene med driftsundersøkelser av ulike renseanlegg og forsøkene med sammenlikning av ulike fellingskjemikalier (delprosjekt O-40/71-C) er blitt utført etter plan. Resultatene fra driftsundersøkelsene er rapportert, og de øvrige resultatene beregnes bli rapportert i aug.-sept. 73. Det er fremkommet meget matnyttig stoff, bl.a. har man for første gang fått nøyaktige og pålitelige tall på slamproduksjonen.

Forsøkene med biodammer i ulike kombinasjoner med kjemisk felling (delprosjekt O-41/71-D) er i gang etter plan. Noen resultater foreligger ikke ennå.

Forsøkene med å finne hvilken effekt ulike typer rensed klovann har på resipienten (delprosjekt O-40/71-H) har gitt meget interessante resultater. Med samtlige parametre som har vært brukt for å måle biologisk respons, har man målt minst påvirkning med kjemisk rensed avløpsvann. Resultatene er rapportert.

Forsøkene med aerob stabilisering (delprosjekt O-40/71-N) er slutført i første etappe. Resultatene viser at det er mulig å aerobt stabilisere slam fra kjemisk felling. Det er første gang dette er vist. Resultatene viser også at man i mange tilfeller må dimensjonere aerobe slamstabiliseringsenheter romsligere enn hva som hittil har vært gjort. Rapport er skrevet og vil foreligge om kort tid.

Forsøkene med kjemisk stabilisering er nå kommet godt i gang (delprosjekt O-40/71-P). Foreløpige resultater viser at man må bruke vesentlig mer kalk enn hva man tidligere har trodd. Ulike slamtyper krever svært ulike kalktilsatser. Spesielt høye kalktilsatser krever de kjemiske slamtyper. Det finnes ennå ikke tilstrekkelige data for en rapport, men vi beregner at det vil bli mulig å gjøre foreløpige vurderinger i løpet av inneværende år.

Forsøkene med fortykning av slam (delprosjekt 0-40/71-R) er godt i gang. Det vil i løpet av sommeren og høsten bli utført kompletterende forsøk, og rapport vil foreligge i inneværende år.

Forsøkene med avvanning av slam ved små renseanlegg har funnet frem til foreløpige dimensjoneringsstall for tørkesenger under norske forhold. Det vil i dette prosjekt spesielt bli arbeidet videre med den tekniske utforming av ulike drenasje arrangement.

#### Fremdrift

Det er meget bred aktivitet som nå er i gang ved forsøksanlegget på Kjeller. I løpet av det siste året har vi funnet det nødvendig å konsentrere arbeidene på enkelte prosjekter, hvilke derfor ligger godt an i forhold til den totale fremdriftsplan, mens andre prosjekter ligger noe etter. Innen den gitte økonomiske rammen har det ikke vært mulig å arbeide med delprosjekt 0-40/71-E, Videregående rensing av avløpsvann.

I løpet av året har arbeidet på følgende delprosjekter blitt prioritert:

- 0-40/71-C Drift og undersøkelse av mekaniske-, biologiske- og kjemiske renseanlegg.
- 0-40/71-H Biologiske rensningsundersøkelser.
- 0-40/71-N Aerob stabilisering.

Følgende prosjekter følger stort sett fremdriftsplanen:

- 0-40/71-D Undersøkelser av kombinasjonen biologiske dammer og kjemisk felling.
- 0-40/71-R Fortykning.

Følgende prosjekter ligger etter fremdriftsplanen:

- 0-40/71-P Kjemisk stabilisering.
- 0-40/71-S Avvanning av slam.

ØKONOMI

Fra 1.1 1972 - 31.5.1973 er det på prosjektet brukt kr. 1.749.396.-.

I nedenstående tabell sammenliknes bokbørte kostnader med kostnadsoverslaget i søknad av 15.5.1972.

	Kostnader <u>1.1-72-31.5-73</u>	Budsjett <u>1.1-72-1.6-73</u>
Arbeidskostnader	Kr. 1.077.912	Kr. 1.135.000
Analyser	" 135.634	" 234.000
Utstyr og forbruksmateriell	" 535.850	" 411.000
	<u>Kr. 1.749.396</u>	<u>Kr. 1.780.000</u>

Delprosjekt 40/71-C

Driftsundersøkelser av mekaniske, biologiske og kjemiske renseanlegg.

Mål

1. Å gi data for hvor godt og med hvilke variasjoner ulike typer anlegg renses kloakkvann.
2. Å gi bakgrunnsdata for renneforsøkene (delprosjekt 40/71-H).
3. Å sammenligne ulike typer fellingskjemikalier.

Utført arbeid

Renseanleggene har vært i kontinuerlig drift med produksjon av mekanisk, biologisk og kjemisk rensset vann i tiden juni-oktober 1972.

I tiden oktober 72 - mai 73 er det gjort sammenlignende forsøk mellom kalk, jern(III)klorid og aluminiumsulfat som fellingsmiddel ved ulike doseringsnivåer. Det er dessuten gjort forsøk med sammenligning av ulike muligheter å bruke jern som fellingsmiddel. De varianter som er sammenlignet er jern(III)klorid pluss kalk samt jern(II)sulfat pluss kalk. Ved samtlige forsøk har renseseffekt og slamproduksjon blitt målt.

Det er også gjort et forsøk der man har studert fjerning av tungmetaller med ulike fellingskjemikalier.

Oppnådde resultater

Forsøksresultatene er nå under bearbeiding med EDB, hvorfor følgende vurderinger er foreløpige.

- 1) Med samtlige fellingskjemikalier kan et godt resultat oppnås.
- 2) Ved direktefelling synes aluminiumsulfat og kalk å være mer drifts-sikre og rimeligere kjemikalier enn jern(III)klorid.
- 3) Jern(II)sulfat pluss kalk kan gi gode resultater, men resultatene varierer sterkt.
- 4) Det er for første gang fremkommet nøyaktige tall på slamproduksjon.

Videre arbeid

Det videre opplegg vil bli avhengig av en mer inngående vurdering av foreliggende resultater. En foreløpig vurdering av resultatene synes å vise at man kan uttrykke kjemikaliebehov og slamproduksjon som funksjon av sammensetningen på innløpsvannet. Hvis den videre bearbeiding styrker disse hypoteser, synes det riktig å sette som mål å få frem data på de fortsatte forsøkene som muliggjør prediksjoner ut i fra innløpsvannets sammensetning.

På hvilken måte er resultatene offentliggjort?

Driften i tiden mai-oktober 1972 er vist i fremdriftsrapport for renneforsøkene - delprosjekt 40/71-H.

Rapport for forsøkene fra november 72 - mai 73 vil foreligge i august-september 73. Resultatene vil'også bli redegjort for ved NIF-kurset "Kjemisk felling av kommunalt avløpsvann" i oktober 1973.

PBA/RFO

28.6.73

Delprosjekt 40/71-D

Biodammer i kombinasjon med kjemisk felling.

Mål

Å utvikle en rensemetode som er hensiktsmessig for små renseanlegg tilknyttet kombinert ledningsnett.

Utført arbeid

Ni biodammer i ulike kombinasjoner med kjemisk felling er oppbygget og prøvekjørt. Forsøkene er nå i gang.

Oppnådde resultater

Hittil er det ikke fremkommet noen resultater.

Videre arbeid

Forsøkene vil i første etappe gå til april 1974 etter planen.

På hvilken måte er resultatene offentliggjort?

Hittil finnes ingen resultater å rapportere.



Delprosjekt 40/71-H

Renneforsøk og laboratorieundersøkelser til belysning av ulike kloakkrensemeters virkning på forholdene i strømmende vann.

Mål

Å finne hvilke effekter ulike typer rensset kloakkvann har på resipienten slik at ulike rensesmetoder kan vurderes fra resipientssynspunkt.

Utført arbeid

I tiden juni 72 til 1973 er det gjort renneforsøk med mekanisk, biologisk og kjemisk (Al-sulfat felling) rensset kloakkvann.

Vannet i rennene ble tilsatt 0,5 og 5 prosent rensset kloakkvann.

Det er dessuten arbeidet med utvikling av en metode som skal muliggjøre en vurdering av stimulative og toksiske effekter fra kloakkvannet.

Oppnådde resultater

Resultatene fra undersøkelser fremgår av nedenstående tabell. Av tabellen fremgår at alle de brukte parametre tyder på at kjemisk rensing er den metode som gir de minste forandringer av de biologiske forholdene i renneresipientene. Det synes også som om resultatene gir en mulighet å korrelere kjemiske forhold med biologisk respons. Man skal være forsiktig med forhastede vurderinger, men det synes som om det finnes muligheter for et virkelig gjennombrudd hva gjelder mulighetene for å vurdere sammenhengen kjemisk sammensetning - biologisk respons.

Videre arbeid

I 1973 vil det bli gjort forsøk med kjemisk rensset vann felt med ulike kjemikalier (Aluminiumsulfat, jern(III)klorid pluss kalk og kalk).

På hvilken måte er resultatene offentliggjort?

NIVA-rapport O-40/71-H Fremdriftsrapport nr. 1 for PRA forsøksanlegget, Kjeller. Renneforsøk og laboratorieforsøk til belysning av ulike kloakkrensemeters virkning på biologiske forhold i resipienter.

Resultatene er også presentert ved et kollokvium anordnet av Norsk Forening for Vassdragspleie og Vannhygiene og NIVA i 1972.

Sammendrag av resultater.

Parameter \ Vanntype	REF.	0.5% M	0.5% B	0.5% K	5% M	5% B	5% K
Vekstpotensial, alger	ref.				+++	++	+
Etableringshastighet i rennene (A-C):							
A. Org. C	ref.	+	+	ref.	+++	++	+
B. ATP	ref.	++	++	ref.	+++	+++	+
C. Klorofyll	ref.	+++	++	+	+++	+++	++
Brutto primær- produksjon (P)	ref.	++	+	ref.	++	+	+
Respirasjon (R)	ref.	+	ref.	ref.	+++	++	ref.
P/R	ref.	ref.	+	ref.	+++	++	ref.
Artsforskyvning alger	ref.	++	++	ref.	+++	+++	+
Kvantitative utslag for zoobenthos	ref.	+	+++	+	+++	+++	+

Symbolforklaring:

ref.: liten eller ingen forandring i forhold til referansen.

+: merkbar forandring.

++: markert forandring.

+++ : sterk forandring.

M: mekanisk rensset avløpsvann.

B: biologisk rensset avløpsvann.

K: kjemisk rensset avløpsvann.

Delprosjekt 40/71-N

Aerob slamstabilisering.

Mål

Det primære formål med dette prosjektet er å finne ut om aerob slamstabilisering er en hensiktsmessig behandlingsmetode for blandet slam fra mekanisk-kjemiske kloakkrensaneanlegg. Innvirkning av temperatur og oppholdstid i stabiliserings-enheten på reduksjon av organisk stoff, totalt tørrstoff og slammets karakter (sedimenterings-, drenasje-, og filtreringsegenskaper) vil bli undersøkt. Utløsning av bundet fosfor under stabiliseringsprosessen og ved videre slamlagring vil også bli undersøkt.

Utført arbeid

Det ble i perioden mai 1972 til april 1973 utført omfattende forsøk med aerob stabilisering av mekanisk og blandet mekanisk/kjemisk (aluminiumsulfat) slam. Forsøkene ble gjort både i laboratorieskala og full skala. Laboratorieforsøkene ble utført i 20 reaktorer, hver med et volum på 15 liter. Reaktorene ble plassert i vannbad slik at temperaturen kunne varieres under kontrollerte betingelser. Oppholdstiden i reaktorene varierte fra 5 til 35 døgn og nytt råslam ble tilsatt en gang pr. dag i henhold til hver enkelt reaktors oppholdstid. Foruten kjemiske og biokjemiske parametre ble også stabiliseringsprosessens innvirkning på slammets sedimenterings-, filtrerings-, og drenasjeegenskaper undersøkt. Slamlagringsforsøk for mekanisk og blandet mekanisk/kjemisk slam ble gjort for å klarlegge om en utløsning av fosfor fra slammets til slamvannet vil finne sted.

Full skala forsøk ble satt i gang for å studere de praktiske vanskeligheter man evt. måtte løse ved full skala anlegg. Særlig problemene i vinterhalvåret var av interesse.

Oppnådde resultater

Temperaturens innvirkning ved aerob slamstabilisering var noe større på mekanisk slam enn på blandet mekanisk/kjemisk (aluminiumsulfat) slam.

Nitrifikasjon fant sted i samtlige reaktorer, uansett temperatur og oppholdstid. Ingen inhiberende virkning av det kjemiske slammets på nitrifiserende bakterier kunne påvises.

Oksygenopptak varierte fra 5,0 mg O<sub>2</sub>/gVSS/h til 1,0 mg O<sub>2</sub>/gVSS/h, avhengig av temperatur og oppholdstid.

Slammets filtreringsegenskaper (målt som spesifikk filtreringsmotstand) viste en forbedring ved en økende stabiliseringstid unntatt blandet mekanisk/kjemisk slam stabilisert ved temperatur under 12°C.

Slammenes kompressibilitet økte med økende stabiliseringstid for begge slamtyper uansett stabiliseringstemperatur.

#### Videre arbeid

Den neste fase i arbeidet med aerob slamstabilisering vil omfatte stabilisering av blandet mekanisk/kjemisk (jern) slam og septiktank slam. En vurdering av pilot-forsøk som "batch" i stedet for kontinuerlige forsøk vil også bli gjort.

#### På hvilken måte er resultatene offentliggjort?

En rapport av forsøksresultatene fra aerob stabilisering av mekanisk og blandet mekanisk/kjemisk (aluminiumsulfat) slam vil foreligge ca. august 1973. Et kortfattet resymé hvor man har lagt vekt på de praktiske resultater vil foreligge høsten 1973.

Forøvrig vil resultatene bli publisert i tidsskrifter.

Delprosjekt 40/71-P

Kjemisk stabilisering av slam.

Mål

1. Skaffe tilveie bakgrunnsmateriale for en allsidig vurdering av kjemisk stabilisering (tilsetting av lesket kalk til slam) som en aktuell stabiliseringsmetode.
2. Finne frem til dimensjoneringsdata for praktisk bruk av denne metode for de slamtyper som er aktuelle i Norge.

Utført arbeid

Kalkmengden som trenges for å oppnå ulike pH-verdier er bestemt for en rekke slamtyper fra forsøksstasjonen på Kjeller og fra eksisterende renseanlegg. For endel slamtyper er det også undersøkt forskjellen i kalkbehov ved tilsetting av tørr kalk, kalkslurry og mettet kalkløsning.

Da det har vist seg at pH synker igjen ved en viss lagringstid for slam som er gitt en høy initial-pH (>11) ved kalktilsetting, er det gjort undersøkelser for å bestemme de kalkmengder som må til for å opprettholde en høy pH-verdi i slammet også ved lengre tids lagring (opptil 1 mnd). Slammenes kalkbindingskapasitet (dvs. den kalkmengden som bindes til selve slampartiklene) er tatt i bruk som en mulig parameter for dette formål.

Det har også vært foretatt endel analyser for om mulig å finne årsakene til at de ulike slamtyper oppviser en slik pH-senkning med tiden.

Oppnådde resultater

- 1) Forsøkene har vist at kalken bør tilsettes som slurry.
- 2) Det er påvist at kalkmengdene som trenges for å oppnå en høy initial-pH ikke er representative for de kalkdoseringer som er nødvendige for å holde høye pH-verdier over et visst tidsrom.
- 3) Av slamtypene er det mekanisk slam som trenger minst kalk (som  $\text{kgCa(OH)}_2/\text{kgSS}$ ) for å holde en høy pH-verdi, mens kjemisk slam fra felling med aluminiumsulfat krever mest.

### Videre arbeid

Kompletterende undersøkelser for å kunne angi et sikrest mulig område som kalkdoseringene må ligge på for de aktuelle slamtyper slik at slammet holdes inaktivt ved en vedvarende høy pH-verdi (>11).

Deretter vil forsøkene bli konsentrert om hvilke effekter kalktilsettingen har på ulike slamtypers fortykkings- og avvanningsegenskaper samt på slamvannets muligheter for resirkulering i ulike typer renseanlegg.

Det er også håp om at man i samarbeid med SIFF kan få vurdert de hygieniske aspekter ved denne form for stabilisering da dette utvilsomt er av stor betydning for metodens anvendbarhet i praksis.

### På hvilken måte er resultatene offentliggjort?

1. fremdriftsrapport forutsettes ferdig i oktober 1973.

På den tiden er det også bebudet et kollokvium i NFVV - hvor de fremkomne data vil bli presentert.

Delprosjekt 40/71-R

Fortykking av kjemisk slam.

Mål

Å finne frem dimensjoneringsdata for ulike typer kjemisk slam.

Utført arbeid

Det satses primært på å få reproduerbare verdier for fortykking ved batch sedimentering til bruk ved små renseanlegg, men en overføring av resultatene til kontinuerlig fortykking vil også bli prøvet.

Det er kjørt fortykkingsforsøk på aktuelle kjem slam (Al - Fe<sup>3+</sup> - Ca - Fe<sup>3+</sup> + Ca og Fe<sup>2+</sup> + Ca felt slam). Med varierende initial konsentrasjon har sedimenteringsegenskapene til hvert av disse slammene blitt undersøkt. Med alle slam er det gjort forsøk med og uten omrøring. Etter 24 h er tetthetsgradienten målt. Alle forsøk er utført i pilotskala med sylinder H = 25 m og D = 0,30 m, og det er gjort parallellkjøringer med 1 000 ml målesylinder. Det er tatt prøver på dekantat og konsentrert slam. Det er også gjort en del forsøk med å karakterisere det fortykkede slammets.

Oppnådde resultater

Resultatene er ikke bearbeidet, men foreløpig kan man konstatere:

- 1) at sakte omrøring ikke har noen positiv effekt på fortykkingen,
- 2) at tørrstoffkonsentrasjoner man oppnår med ulike slamtyper, er meget forskjellig. Slam fra Al-sulfatfelling dårligst fortykker og deretter kommer slam fra jernfelling og slam fra felling med jern + kalk.  
Best fortykker som ventet kalkslammet.

Videre arbeid

Det vil bli gjort fortsatte forsøk med Al-, Fe- og Ca-felt slam. De oppnådde resultater skal i første rekke underbygges med flere forsøk på samme oppsett, der i første rekke initialkonsentrasjonen vil bli variert. Det vil også bli gjort forsøk for å bestemme fortykkingens avhengighet av initialhøyden. Omrøring kommer fortsatt til å inngå som variabel i undersøkelsene.

Hvis det kan bekræftes at omrøring ikke har noen betydning, kan bygging av fortykkere forenkles.

Publisering

En fremdriftsrapport vil foreligge i oktober-november 1973.

OFF/OFA  
2.7.73



Delprosjekt 40/71-S

Avvanning av slam ved små renseanlegg.

### Mål

1. Utarbeide dimensjoneringsdata for tørkesenger under norske forhold for ulike typer slam fra kjemisk felling.
2. Få frem data som muliggjør en vurdering av hvorvidt tekniske forandringer i oppbygging og drift av tørkesenger er hensiktsmessig.
3. Vurdere andre enkle avvanningsutrustninger som praktisk og økonomisk kan være brukbare for små renseanlegg.

### Utført arbeid

Basert på litteraturstudier og vurderinger er det utarbeidet foreløpige dimensjoneringskriterier for tørkesenger for slam fra ulike typer renseanlegg og for norske klimatiske forhold.

Siden avvanningen på tørkesenger her i landet stort sett foregår ved ren drenering (liten fordampning), er det bygget opp apparatur for drenasjeforsøk både i laboratorieskala og halvteknisk målestokk. Lab.oppsettet er blitt prøvet i forbindelse med "Aerob slamstabilisering".

Det er utført innledende forsøk med en enkel dreneringsutrustning basert på papir av rayonfiber som filterduk over en bærende, finmasket metallduk. Det er forutsetningen at slammet forbehandles med polyelektrolytter (kondisjoneres).

### Oppnådde resultater

- 1) Nødvendige arealer for konvensjonelle tørkesenger vil bli i området  $1 \text{ m}^2/\text{person}$  for senger uten overbygg og ca.  $0,75 \text{ m}^2/\text{person}$  med overbygg for å ta unna slam fra renseanlegg med kjemisk felling. Det er da forutsatt at slammet er stabilisert på forhånd. Det store arealbehovet selv for overbygde anlegg, tyder nå at metoden bare er brukbar for svært små anlegg (<ca.200-400 pe).
- 2) Apparaturen for drenasjetester har vist seg å være velegnet for en sammenlignende vurdering av ulike slamkvaliteter m.h.t. deres dreneringsegenskaper.
- 3) I laboratorieskala er det vist at det enkle drenasjearrangementet kan gi tørrstoffkonsentrasjoner i kaken i området 12-15% for de ulike slam-

typer med en avvanningstid på ett døgn. Dette gir svært små arealbehov pr. person (ca. 0,03 m<sup>2</sup>/pers.).

#### Videre arbeid

Bygge og prøve det enkle drenasjearrangement i større målestokk. Se på de praktiske problemer ved slamtilførsel, polymerinnblanding og fjerning av slamkake fra arrangementet. Metoden vil bli utprøvd for flest mulige slamtyper, og slamkakens TS-innhold og filtratets kvalitet vil bli de viktigste prosessparametre.

Til vinteren vil de eksisterende modelltørkesenger ute bli brukt til å undersøke hvor høyt man kan legge opp slammet på tørkesenger mens de er frosne (ingen drenasje) uten at det skal ta uøkonomisk lang tid å få det avvannet når sengene tiner igjen om våren. Selve frysingen av slammet som en kondisjoneringsseffekt er et interessant aspekt i denne anledning. Data fra dette forsøket vil underbygge dimensjoneringsnormene for tørkesenger uten overbygg.

#### På hvilken måte er resultatene offentliggjort?

Samme som for 40/71-P.