

Forprosjekt

Instrumentering og styring av kjemiske kloakkrenseanlegg

Forskningsjef Håkon Buset
Sentralinstitutt for industriell forskning

Sivilingeniør Vidar Nilsgård
Norsk institutt for vannforskning

NTNFs Utvalg for drift av renseanlegg



HPD-08/76

Blindern, januar 1977

F O R O R D

Det fins ca. 450 eksisterende kloakkrenseanlegg i Norge. Svært mange av disse anleggene virker dårligere enn det som burde forventes. Det er mange årsaker til dette, men det er klart at utilstrekkelig styring og kontroll av selve renseprosessen er en medvirkende årsak.

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og Sentralinstitutt for industriell forskning (SI) har fått i oppdrag av NTNFs Utvalg for drift av renseanlegg å utrede behovet for forsknings- og utredningsarbeid vedrørende instrumentering og styring av kloakkrenseanlegg. Dette forprosjektet vil bli lagt til grunn for videre arbeid på denne sektoren. Vi bør sette oss som mål å få tidsmessig instrumenterings- og styringssystemer som letter driftsoperatørens arbeid og gir våre anlegg en større driftsstabilitet.

Arild Schanke Eikum
NTNFs Utvalg for drift av renseanlegg

Blindern, januar 1977

Innholdsfortegnelse

	Side:
INNLEDNING	6
BAKGRUNN - EKSISTERENDE OG FREMTIDIGE KLOAKKRENSSEANLEGG	7
Fjerning av sedimenterbart stoff og flytestoffer	7
Fjerning av fosforforbindelser	8
Fjerning av organisk stoff	8
Fjerning av organisk stoff og fosforforbindelser	8
KJEMISKE FELLINGSANLEGG	10
Mekanisk-kjemiske (primær- og sekundærfelling)	10
Biologiske m/kjemikaliedosering i luftetanken (simultanfelling)	10
Biologisk-kjemiske (etterfelling)	12
Kjemisk rensing (generelt)	12
IDENTIFISERING AV OPERASJONER/FUNKSJONER VED KJEMISKE KLOAKKRENSSE- ANLEGG	14
Arbeidsoperasjoner	15
Overvåking av utstyrsfunksjoner	15
Overvåking av "kvalitet"	16
Overvåking av prosessmessig viktige faktorer og regulering for å oppnå optimal drift	16
Journalføring	16
ULIKE FORMER FOR AUTOMATISERING	17
Regulering	17
Programstyring (sekvens-styring)	18
Alarm	18
Tilstandskontroll	19
Driftsrapportering	19
Noen ord om mikrodatamaskiner	19
MULIGHETER FOR INSTRUMENTERING OG AUTOMATISERING	21
Arbeidsoperasjoner	21
Overvåking av utstyrsfunksjoner	21
Overvåking av kvalitet	22
Overvåking av prosessmessig viktige faktorer	22
Regulering for å oppnå optimal drift	23
Journalføring	23
BEGRENSNINGER FOR BRUK AV AUTOMATISERING VED KLOAKKRENSSEANLEGG	24

	Side:
OPPSUMMERING	27
FORSLAG TIL UTVIKLINGSARBEID - BEHOV FOR FORSKNING	29
Mål for forskningsprosjektet	29
Arbeidsprogram m/skisse til gjennomføring	30
FASE 1: Innledende arbeid - detaljplanlegging	30
1. Situasjonsanalyse	30
2. Foreløpig modellanalyse	32
3. Valg av anlegg - forslag til instrumentering	32
4. Prosjektrapport nr. 1 - evaluering av prosjektet	33
FASE 2: Installasjon og prøvekjøring	33
5. Installasjon og prøvekjøring	33
6. Oppfølging av situasjonsanalysen	33
7. Spesialrapport nr. 1 - instrumentering	34
FASE 3: Analyse	34
8. Datainnsamling	34
9. Modellanalyse	34
10. Utarbeide måle- og kontrollopplegg	35
11. Spesialrapport nr. 2 - Modellanalyse	35
12. Prosjektrapport nr. 2 - Evaluering av prosjektet	35
FASE 4: Utprøving av et prototypanlegg	35
13. Prototypanlegg	35
14. Oppfølging av instrumentering og automatisering	36
15. Prosjekt sluttrapport	36
HOVEDFASER I ARBEIDSPROGRAMMET, TIDSPLAN OG KOSTNADSVURDERING	37
Hovedfaser i arbeidet	37
Kostnadsvurdering	40
Tidsplan	40
Samarbeid	41
REFERANSER	43
VEDLEGG:	
Vedlegg 1	44
A. Instrumentering og automatisering/regulering	
- På hvilket nivå? - Mulig klassifisering	45
B. Muligheter for instrumentering og automatisering	45
C. Eksempel - Styringsbehov og muligheter	45
Vedlegg 2	59
Hovedproblemer ved automatisk regulering av kjemiske kloakkrenseanlegg	60

FIGURFORTEGNELSE

	Side:
Figur 1. Behov for renseanlegg fordelt på størrelse og renskrav. (Landsplan, arbeidsrapp. nr. 1, side 22)	9
Figur 2. Oversikt over hovedtype av kjemiske fellingsanlegg for rensing av kommunalt avløpsvann	11
Figur 3. Arbeidsprogram	31
Figur 4. Den klassiske reguleringsløyfen	61
Figur 5. Reguleringsløyfe med forstyrrelser	61
Figur 6. Skjematisk oversikt over fellingsmekanismene (etter Jordan 1968) - (5)	63
Figur 7. Skjematisk oversikt over områder hvor fellingsmekanismene for Al (III) og Fe (III) er dominerende etter Stumm og O'melia 1968). - (5)	64
Figur 8. Blokkskjematisk fremstilling av enheter i Østerbo-anlegget (se figur 9). Q er vannføring, M er kjemikaliemengde pr. tidsenhet	65
Figur 9. Flyteskjema for Østerbo kloakkrenseanlegg i Østfold (600 pe.)	66
Figur 10. Den tidsmessige forskjell i vannmengden på de tre målesteder angitt i figur 8. T er en tidskonstant av størrelsesorden 5 minutter	67

Innledning

De undersøkelser NIVA har gjort vedrørende drift av eksisterende kloakkrenseanlegg, viser at effekten av renseanleggene til dels er mangelfull (1). Etter å ha undersøkt eksisterende kloakkrenseanlegg i 13 av 18 fylker er konklusjonen følgende: "Bare halvparten av norske kloakkrenseanlegg renser avløpsvannet tilfredsstillende" (2). Av årsakene til dette kan nevnes mangelfulle dimensjoneringsdata for anleggene (overvanns- og infiltrasjonsvannmengder), konstruktive feil, svak prioritering av driften fra eiernes side, og mangelfull opplæring av driftspersonalet.

Hensikten med denne rapporten er å gi en oversiktlig vurdering av behovet og mulighetene for instrumentering og automatisering (regulering) av renseanlegg i Norge.

I rapporten gir en først en oversikt og bakgrunn i form av eksisterende og planlagte renseanlegg. En forsøker siden å identifisere operasjoner og funksjoner ved kjemisk renseanlegg. En redegjør siden kortfattet for prinsipper for instrumentering, automatisering og regulering, og forsøker deretter å vurdere hvilke muligheter som fins for å ta disse prinsippene i bruk ved renseanlegg. Til slutt skisseres et forsknings- og utviklingsprogram som skal kunne skaffe til veie den praktiske erfaring vi vurderer som nødvendig for med hell å kunne sette et instrumenterings- og reguleringsprogram ut i praksis.

Bakgrunn – eksisterende og fremtidige kloakkrenseanlegg

Vi har ca. 450 kloakkrenseanlegg i drift i dag, slamavskillere ikke medregnet. Foruten noen få store anlegg er de fleste meget små, ca. 60% har mindre enn 500 personer tilknyttet (totalt ca. 275 anlegg). De aller fleste av de små er biologiske (ca. 210 anlegg), en del er simultanfellingsanlegg (ca. 45 anlegg), og noen er rent mekaniske (ca. 20 anlegg). Av de mekanisk-kjemiske eller mekanisk-biologisk-kjemiske (dvs. etterfellingsanlegg) som er i drift (ca. 25-30 anlegg), er de fleste (ca. 20 anlegg) dimensjonert for over 1000 personer.

Ifølge Stortingsmelding nr. 107 (1974-75) "Om arbeidet med en landsplan for bruken av vannressursene" (3) vil det i år 2000 finnes ca. 1000 renseanlegg med over 200 tilknyttede personer. Over 50% av renseanleggene vil bli meget små, med en tilknytting på under 1000 personer, og halvparten av disse vil ha en tilknytting på mindre enn 500 personer (4). Antallet store anlegg (dvs. > 20000 p.e.) vil på den annen side bli lite, ca. 20 anlegg. Derimot vil de større anleggene behandle det meste av avløpsvannet. Videre vil den største delen av tettstedsbefolkningen, ca. 67% (4), i år 2000 bli tilknyttet anlegg med fjerning av fosforforbindelser som den primære oppgave (dvs. mekanisk-kjemiske eller biologisk-kjemiske anlegg).

Studerer man de fremkomne data nøyere, se figur 1 (4), så kan man konkludere med følgende fra de rensekraav som er gitt:

Fjerning av sedimenterbart stoff og flytestoffer

Man kan forvente mange små anlegg av forskjellige typer som mekaniske anlegg, silanlegg og slamavskillere. De fleste blir svært små, ca. 250 anlegg i størrelsesorden 200-1000 personer tilknyttet. I størrelsesorden 1000-5000 personer tilknyttet viser figuren ca. 175 anlegg.

Fjerning av fosforforbindelser

I de tilfeller der fjerning av fosfor er det primære krav vil man få anlegg av typen mekanisk-kjemiske eller lavbelastede biologiske anlegg med simultanfelling. Som figuren viser blir det ca. 230 anlegg i størrelsesorden 200-1000 personer tilknyttet. I tillegg blir det flere større anlegg, ca. 120 i størrelsen 1000-5000 pe., ca. 110 i størrelsen 5000-20000 pe., og ca. 20 store anlegg (dvs. > 20000 pe.).

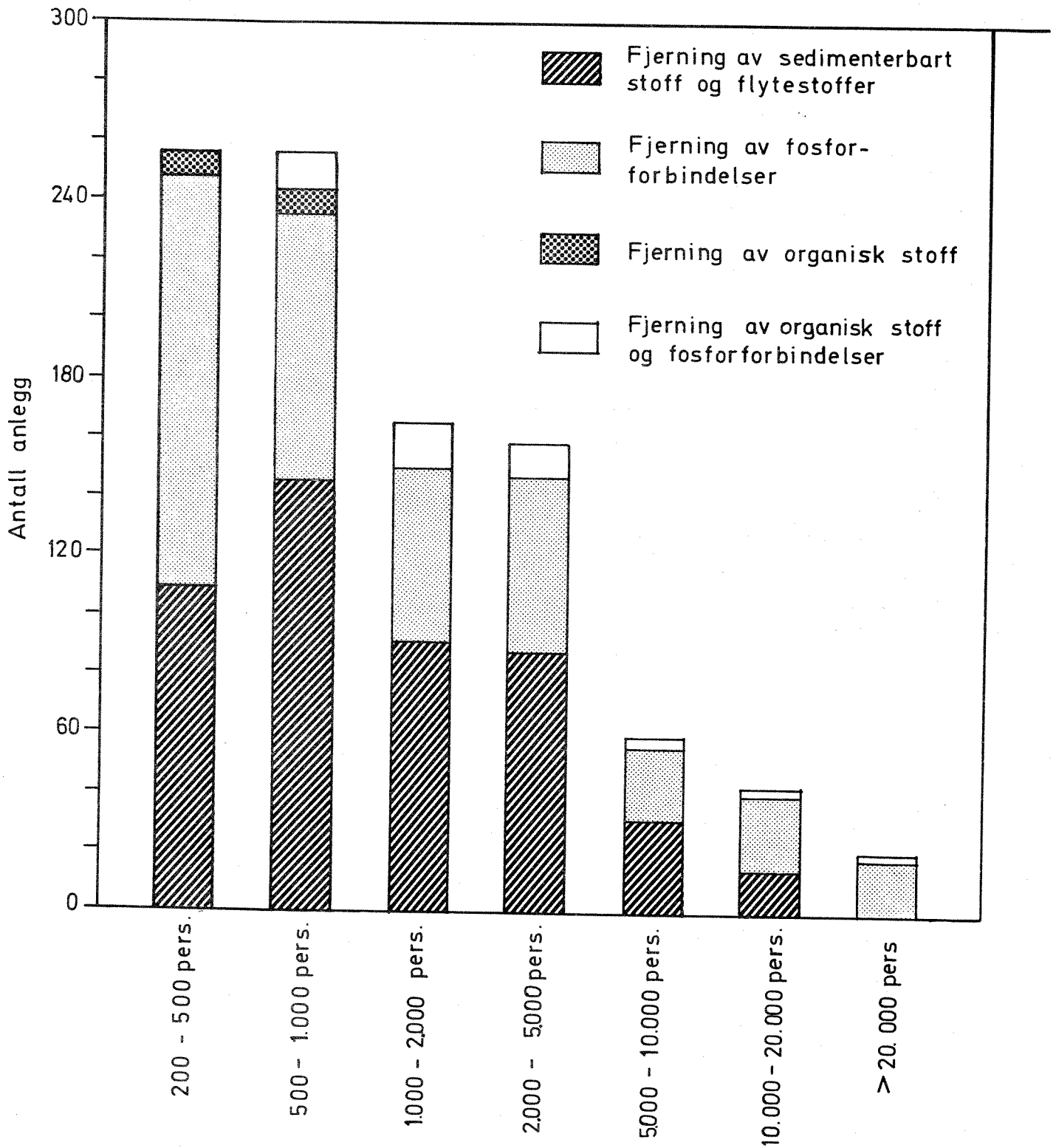
Fjerning av organisk stoff

Svært få steder vil man ha krav til bare fjerning av organisk stoff. Prognosene viser ca. 20 lavbelastede, biologiske anlegg i størrelsesorden 200-1000 personer tilknyttet. (Derimot har vi mange små anlegg av denne kategori i drift i dag.)

Fjerning av organisk stoff og fosforforbindelser

For å imøtekomme strengere renskrav vil man få anlegg av typen biologisk-kjemisk, s.k. etterfellingsanlegg, i flere størrelsesordner (se figur 1), til sammen ca. 40 anlegg. En forventer ca. 10-15 etterfellingsanlegg med mere enn 5000 personer tilknyttet.

Prognosene viser et stort antall mekaniske anlegg, silanlegg og slamavskillere. Foruten noen få lavbelastede, biologiske anlegg, vil de fleste nye kloakkrensaneanlegg som skal bygges bli av typene; mekanisk-kjemiske, eller lavbelastede, biologiske anlegg med simultanfelling, eller biologisk-kjemiske (etterfellingsanlegg). Altså kommer kjemisk felling inn som en viktig prosess ved de fleste kloakkrensaneanlegg.



Figur 1. Behov for renseanlegg fordelt på størrelse og rensekraav.
(Landsplan, arbeidsrapp. nr. 1, side 22).

Kjemiske fellingsanlegg

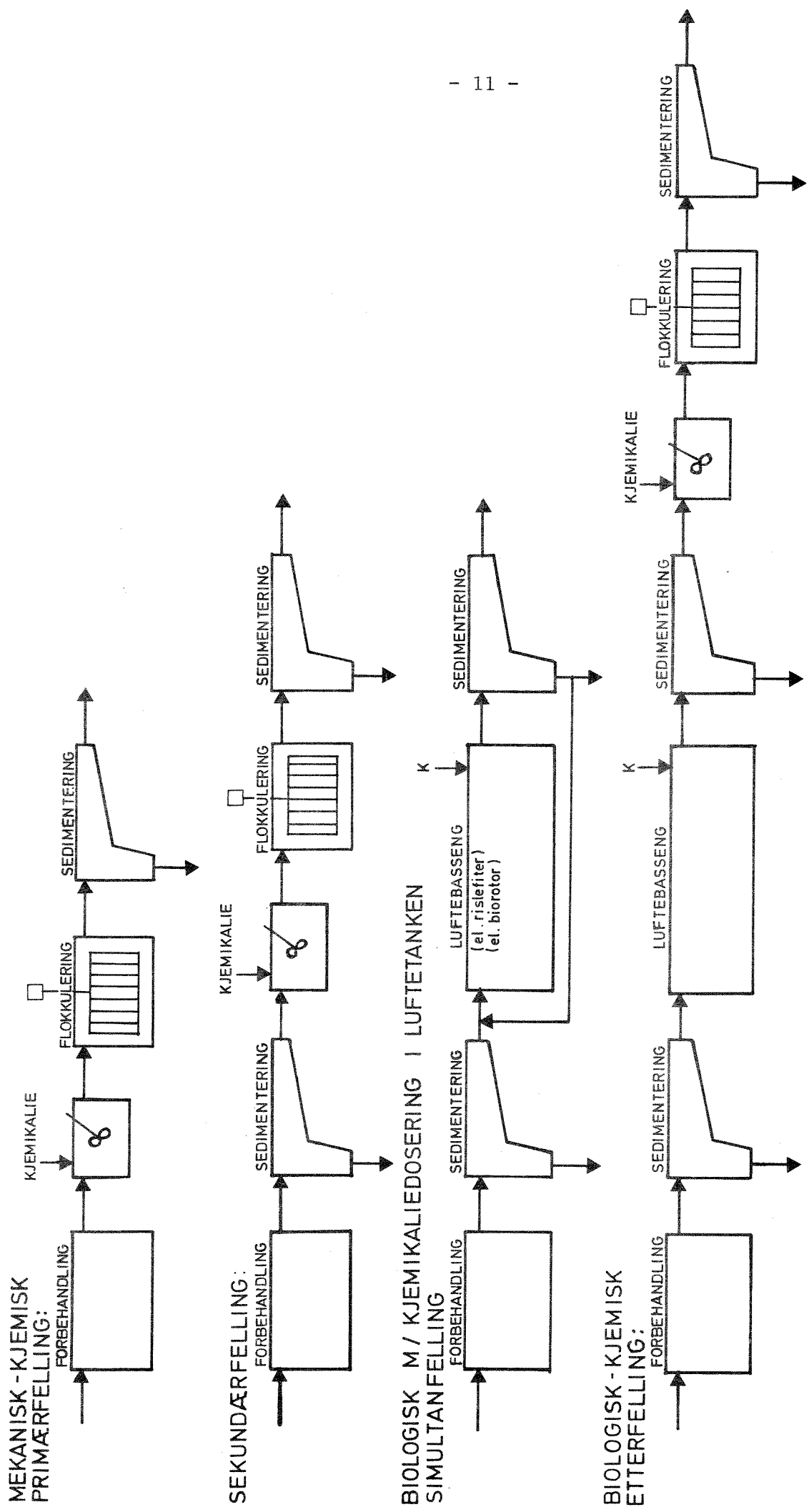
Hovedtypene av kjemiske fellingsanlegg som benyttes ved rensing av kommunalt avløpsvann er (se figur 2):

1. Mekanisk-kjemiske (primær- og sekundærfelling)
2. Biologiske m/kjemikaliedos. i luftetanken (simultanfelling)
3. Biologisk-kjemiske (etterfelling)

I tillegg fins det mange spesialanlegg som skiller seg ut ved forskjellige prosesstekniske modifikasjoner eller konstruksjonsmessige detaljer. Videre er det viktig å være klar over at innløpsvannet til det kjemiske trinnet for de forskjellige typer også vil variere, avhengig av den type forbehandling avløpsvannet har fått.

Mekanisk-kjemiske anlegg består i dag som regel av følgende prosessenheter; forbehandlingenheter som rist og sandfang eller sil, forsedimenteringsbasseng, flokkuleringskammer og ettersedimenteringsbasseng. Dette blir ofte referert til som et sekundærfellingsanlegg, i motsetning til et primærfellingsanlegg der forsedimenteringsbassenget er utelatt. Kjemikaliet tilsettes som regel på egnet sted hvor en har god turbulens (f.eks. innløp til flokkuleringskammeret). I flokkuleringskammeret skjer omrøringen (sakte omrøring) enten ved hjelp av kontrollert paddelverk eller luftinnblåsing. Større partikler (fnokker) avskilles deretter ved sedimentering. Til avskilling kan en også benytte flotasjonsbasseng. I et mekanisk-kjemisk anlegg oppnår en ca. 60-75% reduksjon av organisk stoff (BOF_7) og 80-95% reduksjon av suspendert stoff og fosfor. Typiske konsentrasjoner i utløpsvannet er; 10-30 mg/l SS, 30-60 mg/l BOF_7 , 60-120 mg/l KOF og 0,2-1 mg/l Tot.-P.

Biologiske m/kjemikaliedosering i luftetanken. Anlegg av typen simultanfelling utgjøres som regel av et aktivslamanlegg. Kjemikaliet doseres f.eks. i luftetanken som vist i figur 2. Dette er mest vanlig, men av og til doseres kjemikaliet foran eller i slutten av luftebassenget. I et simultanfellingsanlegg oppnår man ca. 80-95% reduksjon av suspendert stoff, organisk stoff (BOF_7) og fosfor. Konsentrasjonene i utløpsvannet er da ca. 10-30 mg/l SS og BOF_7 , og ca. 0,2-1 mg/l Tot.P.



Bilag 2. Oversikt over hovedtyper av kjemiske fellingsanlegg for rensing av kommunalt avløpsvann.

Biologisk-kjemiske anlegg - etterfellingsanlegg - skiller seg ut ved at den kjemiske fellingen skjer i et separat trinn etter det biologiske trinnet. I et etterfellingsanlegg oppnår man en renseeffekt på ca. 90-95% med hensyn på organisk stoff, suspendert stoff og fosfor. Typiske konsentrasjoner i utløpsvannet fra et slikt anlegg er; 5-25 mg/l SS, 5-10 mg/l BOF_7 , 15-40 mg/l KOF, og 0,2-0,6 mg/l Tot.-P.

Kjemisk rensing av kommunalt avløpsvann sikter først og fremst på fjerning av fosfatene ved utfelling som uløselige aluminium-, jern- eller kalsiumforbindelser. Vanligvis benytter man fellingsmidlene aluminiumsulfat, jernklorid, jernsulfat eller kalk til dette formålet. Renseresultatet er direkte avhengig av en god flokkulering som samler de kolloide, uløselige utfelte fosfatene og øvrig finsuspendert organisk stoff i partikler (fnokker) med gode sedimenteringsegenskaper. Effektiviteten av fellingen er avhengig av flere faktorer, f.eks. type fellingskjemikalie, doseringsmengde, avløpsvannstype og pH (5).

Vi skal her gi en nærmere, men svært kortfattet prosessbeskrivelse. Ved kjemisk felling inngår både kjemiske og fysiske prosesser, som:

- utfelling
- destabilisering
- flokkulering
- avskilling

Ved kjemisk felling foregår samtlige prosesser. Et kjemisk fellingsmiddel tilsettes avløpsvannet hvor man har god omrøring. I første omgang utfelles ortofosfat i avløpsvannet (som AlPO_4 , FePO_4 etc.), og i tillegg skjer det en hydroksyduutfelling (som $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ etc.) Hydroksyduutfellingen er gelatinøs og virker som et effektivt flokkuleringsmiddel. Ved tilsetning av fellingskjemikaliet får man også en destabilisering av de kolloide partikler. Ved destabiliseringen skjer det en elektrostatisk ladningsreduksjon, interpartikulær brobygging eller fysisk omslutning (5). (Se for øvrig figur 6, side 63 i appendiks for hvilken fellingsmekanisme som er mest fremtredende for ulike typer kjemikalier.)

Således oppnår man en absorpsjon av finfordelt suspendert stoff og en del av de oppløste stoffer. Dette har stor betydning for fjerningen av organisk stoff og følgelig også organisk bundet fosfor. Flokkuleringen er nødvendig for å få destabiliserte partikler til å kollidere slik at de sammensluttet til større sedimenterbare "fnokker". De sedimenterbare partiklene (fnokkene) avskilles gjennom sedimenterings- eller flotasjonsenheter av forskjellige typer. Filtrering er også blitt brukt, men denne prosessen er mest brukt som en etterbehandlingsenhet, dvs. at vannet fra sedimenteringsbassenget eller flotasjonsenheten renses ytterligere gjennom filtrering.

Identifisering av operasjoner/funksjoner ved kjemiske kloakkrensaneanlegg

Hva inngår i en driftsoperatørs arbeid ved et kloakkrensaneanlegg? Dette avhenger av faktorer som anleggsstørrelse, -type og maskinell utrustning, så vel som instrumenterings- og automatiseringsnivå.

I store trekk kan man si at rutinearbeid omfatter:

- fjerne ristgods, tappe sand og slam, og transporter (sand, slam og slamvann etc.)
- kontroll av at alt virker; maskinrenset rist, sand- og slamskraper, luftinnblåsing, kompressorer etc.
- målinger og avlesninger
- resultatkontroll (driftskontroll)
- journalføring og rapportering
- renhold og vedlikehold
- reparasjoner

Mange av de "daglige" rutinemessige arbeidsoperasjonene, f.eks. slam-tapping gir i grunnen lite arbeid. Selve vannbehandlingsdelen ved et kloakkrensaneanlegg er ofte relativt problemfri, mens det er forbehandlings- og slambehandlingsenhetene som tar tid. Vedlikehold, rengjøring og reparasjoner av disse enheter er mange steder arbeidskrevende. Videre vil driftskontroll (prøvetaking), kvalitetskontroll og journalføring ta en god del av arbeidstiden.

Med henblikk på å belyse de muligheter en har for instrumentering og automatisering av kjemiske kloakkrensaneanlegg, er de operasjoner/funksjoner som vanligvis inngår ved slike anlegg innledningsvis delt inn i følgende kategorier:

- arbeidsoperasjoner
- overvåking av utstyrsfunksjoner
- overvåking av "kvalitet"
- overvåking av prosessmessige viktige faktorer og regulering for å oppnå optimal drift
- journalføring

(Et par begrensninger bør en merke seg i denne sammenheng:

- Bare operasjoner/funksjoner som inngår i vannbehandlingsdelen og transporter til/fra slambehandlingsenheter er betraktet her.
- Arbeidsoperasjoner som i automatiseringsøyemed er uinteressante, har vi holdt utenfor. Dette gjelder typiske manuelle operasjoner som vedlikehold, reparasjoner på anlegget og i noen tilfeller renhold.)

Arbeidsoperasjoner

Fjerne ristgods
Tappe sand
Tappe slam
Tappe flyteslam
Transport av slamvann
Ta prøver (vann, slam)

Overvåking av utstyrsfunksjoner

Innløpsspumping
Maskinrenset rist
Sandskraper (sandelevator)
Sandtapping (pumpe)
Flyteslamavtapping i sandfang
Luftkompressor(er)
Slamskraper
Slamtapping (pumpe)
Flyteslamavtapping i sedimenteringsbasseng
Flyteslampumping
Flokkuleringsrøreverk
Kjemikaliedoseringsutstyr
Transport av slamvann
Kloreringsutstyr

Overvåking av "kvalitet"

Godt siktedyp (klarhet) i sedimenteringsbassenget og lite sedimenterbart stoff og suspendert stoff i utløp

Analysering (bl.a. utslippskontroll)

Registrering av vannføring til resipient (renset vann)

Overløp: registrering av mengde (urenset vann) til resipient

Overvåking av prosessmessig viktige faktorer og regulering for å oppnå optimal drift

Avløpsvannets variasjoner i mengde (vannføringsmåling)

Avløpsvannets variasjon i sammensetning (konsentrasjonsmåling)

Dosering av kjemikalier

Fnokkbygging i flokkuleringsbassenget

pH-registrering

Turbiditet (suspendert stoff) i slamvann

Tilløp (ledningsnett)

Utjevning (ev. ved pumping inn på anlegget)

Redusere vann i overløp (ev. fordeling til ulike anleggsdeler)

Fordeling av vann til og avdrag fra sedimenteringsbasseng

Registrere slamnivå for slamtapping

Kjemikaliedosering (optimal dosering)

pH-regulering

Journalføring

All vesentlig aktivitet av kategoriene nevnt ovenfor skal journalføres. Arbeid som utføres, som f.eks. ved transport av ristgods og sand (mengder), kontroll av doseringsutstyr (ev. mengde kjemikalie dosert), pH i flokkulering, kvalitet på utgående vann etc., skal komme fram i en journal.

Ulike former for automatisering

Regulering

Ved regulering søker man å holde viktige prosessparametre (pH, nivå, temperatur etc.) på en ønsket verdi. Som regel holdes faste verdier på disse parametre, men noen ganger ønsker man å styre en kontrollerbar variabel i et gitt forhold til en annen. For eksempel doseres gjerne kjemikalier proporsjonalt med mengde inngående avløpsvann i renseanlegg. Slik regulering betegnes ofte som "forholdsregulering". Regulering omfatter i det minste ett måleinstrument, en regulator og et styringsorgan (en ventil, en pumpe etc.) i en tilbakekoblet "sløyfe" slik at regulatoren påvirker prosessen og prosessen påvirker regulatoren.

Slike "tilbakekoblede systemer" kan lett bli ustabile og kan ha en vidt forskjellig nøyaktighet. Det foreligger imidlertid velutviklede teorier for hvordan reguleringen skal avpasses etter prosessen slik at ustabiliteter unngås og reguleringen blir best mulig. På det prinsipielle plan med hensyn til reguleringsteknikk, er det derfor ikke behov for noen forskning i denne sammenheng.

Reguleringsteknikken forutsetter imidlertid at alle komponenter som inngår i "sløyfen" er kjente og beskrevet som tilnærmet riktige tidsfunksjoner. På dette plan er situasjonen tilfredsstillende, idet renseanlegg bare i liten utstrekning er kvantitativt beskrevet i denne henseende. Disse forhold blir nærmere berørt senere.

På det tekniske plan er forholdet følgende: Tilfredsstillende regulatorer finnes. Likeså finnes i en viss utstrekning tilfredsstillende doseringsorganer, men siden dette er utstyr hvor bevegelige deler kommer i kontakt med korrosive, beleggdannende og slitende materialer, vil alt ha sin begrensede funksjonstid. Man vil derfor alltid ha grunn til å ønske seg forbedringer, og en reduksjon i pris for det utstyr som er av best kvalitet. Med hensyn til måleinstrumenter, så finnes en del utstyr som må kunne karakteriseres som tilfredsstillende, mens analyseinstrumenter som betjeningsfritt kan måle de mer essensielle kjemiske og biologiske parametre ikke

eksisterer i dag. Særlig på det måletekniske område må man derfor i dag ty til forskjellige kompromisser mht. de parametre som kan måles. For eksempel nøyer man seg ofte med å dosere kjemikalier i forhold til innkommende vannmengde, mens konsentrasjonen av f.eks. fosfor neglisjeres. Slike indirekte målinger medfører ofte problemer.

Med hensyn til utstyr er prisen generelt et problem, og man velger ofte uprøvede ting som gir en investeringsmessig fordel.

Programstyring (sekvens-styring)

Hensikten med denne form for automatisering er å befri operatøren for den jobb å starte eller stoppe operasjoner som følger et fast tidsprogram, eller på annen måte i sekvens.

Slik automatisering medfører ingen vekselvirkning mellom prosessen og programverket, og byr ikke på noen prinsipielle problemer. Med hensyn til utstyr gjelder de samme synspunkter som nevnt foran (se regulering), men kravene er som regel mindre, da det oftest dreier seg om en av-på kontroll, og hvis en måling av prosessparametre inngår, er nøyaktighetskravet sjelden stort.

Programstyring kan gjerne være et system som er overordnet en eller flere reguleringssløyfer (se regulering). Det kan forventes en betydelig utvikling basert på mikroprosessorer, se siste hovedavsnitt (mikrodatamaskiner).

Alarm

Alarm har som funksjon å påkalle manuelle inngrep, f.eks. dersom nivået i en tank går over en viss grense, om det utvikles røk i et lokale etc.

Mange alarmfunksjoner er enkle få til med dagens teknikk, i den grad det fins pålitelige detektorer. I andre tilfeller kan det være vanskelig å detektere en farlig situasjon, f.eks om en sil eller en rist plutselig kan bli tilstoppet. Her vil man gjerne måtte nøye seg med å måle en

sekundær variabel. Det er vanskelig fullt ut å erstatte en menneskelig observatør.

Også med hensyn til alarm kan det forventes en betydelig utvikling basert på mikroprosessorer som gjør det mulig å trekke den logiske slutning av flere samtidige forhold, og derved til dels unngå problemet med gode detektorer.

Tilstandskontroll

Dette er en overvåking av selve anlegget, ikke av prosessen. Hensikten er å detektere behov for utskiftinger eller service av anlegget i rimelig tid før slik utskifting eller service virkelig er nødvendig. Ved hjelp av tilstandskontroll kan man kjøre anleggene ubetjent i perioder av den varighet driftstilstanden kan forutsies. Man kan da planlegge reparasjoner og utskiftinger til tider som driftsmessig og betjeningsmessig passer best. Tilstandskontroll er foreløpig lite utviklet, og er vanskelig fordi man trenger å ha nøye kjennskap til de forskjellige anleggskomponenteres normale livssyklus, og hvordan begynnende svikt røber seg.

Det antas at tilstandskontroll er det område hvor den industrielle automatiseringen i fremtiden vil få sin mest betydningsfulle utvikling. Mikroprosessorene vil også her spille en betydelig rolle utstyrmessig.

Driftsrapportering

Automatisk utskrift av driftsrapporter, eventuelt driftsstatistikk er blitt aktuelle muligheter ved utviklingen av mini- og mikro-datamaskiner, og ved utviklingen av utstyr for fjernoverføring av data via vanlige telefonlinjer.

Noen ord om mikrodatamaskiner

Det er antydnet flere steder foran at mikrodatamaskiner vil komme til å spille en rolle.

Dette er å forstå som følger:

1. Utstyrproduzentene vil etter hvert finne det teknisk og økonomisk fordelaktig selv å bygge tradisjonelt utstyr med slike komponenter, selv om disse i forhold til sin kapasitet er lite utnyttet. Brukeren vil kanskje ikke merke det på annen måte enn at måleverdier direkte blir presentert omregnet og korrigert slik brukeren trenger dem, at betjeningen blir mer praktisk etc. Brukeren vil i liten grad merke at han har med en datamaskin å gjøre, i den nå gjengse betydning av ordet.
2. Flerfunksjonsutstyr av god teknisk standard og rimelig pris vil bli tilgjengelig, fordi mikrodatamaskiner har kapasitet til å dekke mange funksjoner samtidig. Det er f.eks. tenkelig at en enkelt utstyrsenhet kan dekke alle de aktuelle funksjoner nevnt under de foregående avsnitt for et mindre renseanlegg. En slik funksjonsintegrering er interessant for et lite anlegg fordi automatisk kan stille en diagnose ut fra mange forskjellige samtidige driftsparametre, og derved bøte på mangelen på gode detektorer.

Til slutt skal det bemerkes at flaskehalsen i utviklingen i denne forbindelse ikke ligger på mikrodatamaskinsiden, men på prosesssiden. Hvis man bare kjenner prosessen eller anlegget på en slik måte at dette kan kvantiseres, og at man har måleinstrumenter til å detektere de nødvendige data, så er resten en oversiktlig oppgave.

Muligheter for instrumentering og automatisering

I tidligere avsnitt fremkommer en identifisering av arbeidsoperasjoner, overvåkningsfunksjoner etc. ved kjemiske kloakkrenseanlegg. De ulike former for automatisering er deretter omtalt. Tar man utgangspunkt i de operasjoner/funksjoner tidligere beskrevet, så kan man i store trekk (detaljer er gitt i vedlegg) beskrive de muligheter som finnes per i dag vedrørende instrumentering og automatisering (regulering).

1. Arbeidsoperasjoner. Ved kloakkrenseanlegg er det mange arbeidsoperasjoner som må utføres daglig, f.eks. kan nevnes: fjerne ristgods, sandtapping, slamtapping, transporter (av ristgods, sand, slam, slamvann etc.), målinger, avlesinger, journalføring etc. Ser man hele anlegget under ett, så er det forbehandlings- og slambehandlingsenhetene som krever mest tid.

En automatisering kan bestå av en programstyring (sekvensstyring) der hensikten er å befri operatøren for den jobb å starte eller stoppe operasjoner som følger et tidsprogram, eller i sekvens. I denne forbindelse kan måling av enkelte prosessparametre inngå, men i så fall er nøyaktighetskravet sjelden stort.

En slik automatisering er for øvrig grei, men gir relativt lite arbeidsbesparelse (av-på kontroll). Ved mindre anlegg der driftsoperatøren driver dette ved korte besøk 1-2 ganger pr. dag, kan en slik automatisering bety en reduksjon i besøksfrekvensen.

2. Overvåkning av utstyrsfunksjoner. Pumper, rister, skraper, kompressorer, doseringsutstyr etc. er utstyr som går igjen ved alle kloakkrenseanlegg. Overvåkning av at utstyret virker er svært viktig.

Når anlegget er bemannet gir dette lite arbeid. Praktisk talt alle anlegg er ubemannet om natten, og de mindre kloakkrenseanlegg også for en stor del om dagen.

Et automatiseringsopplegg er som regel basert på forskjellige alarmfunksjoner. Disse er enkle å få til med dagens teknikk, men avhengig av gode sensorer (detektorer) for å "gi beskjed" om en uønsket situasjon. En del sensorer som virker bra finnes i dag, forutsatt at de er plassert i det miljø de er påtenkt.

Tilstandskontroll, dvs. kontroll for å detektere utskiftninger eller service, er lite utviklet per i dag, men man antar at mye vil skje i den industrielle automatisering som kan ha stor betydning for utviklingen på renseanlegg.

3. Overvåkning av kvalitet. Overvåkning av kvaliteten på i første rekke utgående avløpsvann ved renseanleggene er viktig både med hensyn på drifts og utslippskontroll. En automatisering av overvåkingen er helt avhengig av gode sensorer. I dag finnes ikke enkelt utstyr for de vanligste kvalitetsparametre som f.eks. fosfor, nitrogen, suspendert stoff og organisk stoff (organisk karbon). Indirekte målinger, f.eks. måling av turbiditet, kan være et alternativ inntil videre. De sensorer og relatert utstyr som finnes er ikke enkelt, dvs. vedlikeholds- frekvensen blir stor, driftsproblemer og kostnader i denne forbindelse gjør at man er tilbakeholden for å ta utstyret i bruk.

4. Overvåkning av prosessmessig viktige faktorer. Noen av disse, spesielt vannføring og pH, er svært viktig å kunne overvåke (kontrollere) ved kjemiske kloakkrenseanlegg. En automatisering (regulering) er her avhengig av gode sensorer som registrerer ønskelige parametre med tilstrekkelig nøyaktighet. Det fins til dels gode vannføringsmålere på markedet i dag. Bedre selvrensende pH-elektroder er dog ønskelig. En automatisering (regulering) omfatter i det minste ett måleinstrument, en regulator og et styringsorgan (en ventil, pumpe etc.) i en tilbakekoblet "sløyfe" slik at regulatoren påvirker prosessen og prosessen påvirker regulatoren (se for øvrig side 17 Kjemikalier doseres som regel proporsjonalt med mengde inngående (ev. utgående) avløpsvann. En bedre regulering kan skje ved at vannmengdemåleren gir opphav til et signal (feedforward) som justeres av et signal fra et pH-meter i flokkuleringen (feedback).
En bra overvåking av prosessmessig viktige faktorer vil medføre en bedre og jevnere kvalitet på utgående avløpsvann. En regulering basert på konsentrasjonsmåling med bruk av gode sensorer kan bli viktig fremfor indirekte målinger av parametre som ofte medfører problemer.

5. Regulering for å oppnå optimal drift. Avløpsvannet kan variere svært i mengde og sammensetning. Renseresultatet er sterkt avhengig av flere faktorer som f.eks. avløpsvannets kvalitet, pH og tilsatt mengde kjemikalie etc. Manuell kontroll (innstilling) kan være brukbart, spesielt i sammenheng med prosesser som har lang "respons" (dvs. reaksjonstid). Automatisk kontroll (regulering) er imidlertid nødvendig for å oppnå en optimal drift. Automatisk kontroll betyr at behandlingsprosessene styres slik at forstyrrelser ikke forandrer et jevnt og godt rensresultat, og dette til en overkommelig pris.

Viktige forhold som kan påvirkes ved regulering (se s.16) er tilløp og utjevning, redusere vann i overløp etc. Ledningsnettets må betraktes som en viktig del av renseanlegget når man snakker om regulering for å oppnå en optimal drift. En automatisering her må konsentrere seg om hydraulisk transport og lagring i ledningsnettets, samt kontrollere avløpsvannets tilrenning og fordeling til renseanlegget og dets ulike deler for å redusere toppbelastningenes virkninger på anlegget så vel som på resipienten.

I en automatisering (regulering) av renseanlegg er det foreløpig bare på tale å anvende enkle algoritmer da kjennskap til prosesser (modeller etc.) ennå er mangelfull. En fremgangsmåte der man benytter en indirekte datamaskinregulering kan være mest aktuell på nåværende nivå innen renseteknikken. Med dette menes at datamaskinen assisterer driftsoperatøren i driften av renseanlegget ved at datamaskinen innsamler data, bearbejder dem og skriver ut veiledninger til operatøren.

6. Journalføring. Ved utvikling av mini- og mikro-datamaskiner, samt utstyr for fjernoverføring av data via vanlige telefonlinjer, har det åpnet seg nye perspektiver for automatisk driftsrapportering (driftsstatistikk) ved større anlegg eller fra flere små til en "sentral" overvåkningsstasjon.

Muligheter for flerfunksjonskontroll er også til stede. Foruten journalføring, driftsrapportering og lagring av data etc., kan datamaskiner nyttes til å styre anlegget eller flere små anlegg fra en slik "sentral" overvåkningsstasjon.

Begrensninger for bruk av automatisering ved kloakkrenseanlegg

Ved instrumentering og automatisering av renseanlegg burde det kunne oppnås store fordeler. I løpet av de siste 15 år har industrien bevist at en automatisering av kjemiske prosesser foruten å ha forbedret produktenes kvalitet også har vært kostnadsbesparende. En automatisering av kloakkrenseanlegg og tilhørende ledningsnett burde derfor bety store muligheter for en forbedring av renseeffekten samt besparelser både i investering og drift. Til tross for mulige fordeler, har ikke en automatisering av kloakkrenseanlegg skjedd i større grad.

I USA har en forsøkt å benytte erfaringer fra automatisering innen industri ved kloakkrenseanlegg. Flere av disse forsøk har vært mislykket blant annet pga. mangel på (6), (11)

- forståelse for mange av renseprosessene og kontrollsystemer vedrørende rensing av kloakk,
- demonstrasjon av effektive kontrollsystemer,
- kunnskap om grenseoverganger mellom forskjellige kontrollsystemer på et renseanlegg og ledningsnett,
- spesifikasjoner, veiledninger og retningslinjer vedrørende automatisering, dvs. instrumenter, sensorer, computere etc.,
- skikkelig trenet personell til å ta seg av drift, vedlikehold og reparasjoner av installert utstyr.

Den vesentligste fordel man kan oppnå med en automatisering er et bedre og jevnere rensresultat. Dette er imidlertid vanskelig å verdsette. Det er nærliggende å prøve og sammenligne resultatene fra et anlegg med manuell drift mot et tilsvarende med automatikk. Men det er vanskelig å sette en standard for manuell drift; det vil nemlig variere svært fra anlegg til anlegg. Videre kan f.eks. en utbygging av anlegget med ytterligere behandlingstrinn bli sett på som en bedre

investering enn en instrumentering og automatisering av eksisterende prosesser.

En instrumentering og automatisering (regulering) vil kunne gi besparelser i kjemikalier og dermed mindre slamproduksjon. Ved store anlegg vil en liten prosentandel av redusert kjemikalieforbruk etc. bety en stor reduksjon på driftsbudsjettet. Ved små anlegg (<1000 pe.) vil det også kunne bli besparelser. Ved mindre anlegg er det flere begrensninger for bruk av automatisering som er mer fremtredne enn ved større anlegg. Utgiftene til utstyr og innkjøring vil bli relativt store. Ved mindre anlegg vil også besparelser i kjemikalie- og energikostnader bli små sammenlignet med de andre driftskostnadene en har.

Erfaringene i Norge til nå har i stor utstrekning vært dårlige når det gjelder instrumentering og automatisering. Dette gjør at det i dag mange steder hersker en negativ holdning for automatisering (regulering) av kloakkrenseanlegg. Dette skyldes ikke minst de nevnte årsaker.

Noen av årsakene til de problemer en har erfart er:

1. Instrumentene har ikke alltid vært tilpasset kloakkmiljøet.
2. Prosjektører har manglet kunnskaper om emnet.
3. Driftsoperatører (også folk i kommunens tekniske etat) har hatt lite kunnskap om det installerte utstyr.
4. leverandører har levert sammenkoblede deler av forskjellige fabrikater som ikke alltid står godt til hverandre.
5. Serviceforholdene har vært dårlige.
6. Instrumentering og automatiseringsutstyr har kommet som "siste post", og eventuelt innkjøp av dette har da gått nesten bare på pris.

En må være klar over at instrumentering og automatisering har vært brukt i industrien i relativt vanskeligere miljø enn ved kloakkrensaneanlegg (f.eks. ved svovelsyrefabrikker etc.), og det med vellykket resultat. For å bøte på de mangler og feil som er fremtredende, så må en aktiv forskning satse på å få fram standardiserte instrumenterings- og reguleringsopplegg med utprøvende komponenter som er godt tilpasset hverandre. En serviceorganisasjon sammen med en kompetansehevning som utvilsomt vil skje på alle nivåer fra driftsoperatør til planleggere vil også kunne bedre forutsetningen for at instrumenterings- og reguleringsopplegg skal kunne føres ut i praksis med vellykket resultat.

Oppsummering

1. I NORDFORSKs regi skal man samarbeide om instrumentering og automatisering (regulering) av renseprosesser. Danmark og Sverige konsentrerer seg i hovedsaken om biologisk rensing. Et stort prosjekt er kommet godt i gang i Danmark hvor de tar for seg biologiske prosesser. Det er naturlig at vi i første omgang konsentrerer oss om kjemiske kloakkrenseanlegg, også fordi vi vil få en stor andel av disse. Samtidig bør vi holde oss ajour med hva andre land kommer fram til, spesielt er USA og England kommet langt på vei med automatisering av kloakkrenseprosesser.

2. Instrumentering og automatisering (regulering) synes nødvendig for å oppnå gode resultater (optimal drift). Når det gjedler kjemiske fellingsanlegg, så synes det mulig å tilpasse kjemikaliedoseringen til de hurtige variasjonene som ofte opptrer. Det er et stort behov for et enklere og mer fornuftig doseringsopplegg der en automatisering (regulering) i tillegg kan bety en reduksjon i kjemikalieforbruk. (Særlig finnes dårlige og lite vel gjennomtenkte opplegg ved mange små anlegg.)

3. Behovet for videre forskning synes å være mest presserende for rensesanlegg i klassen 200-2000 personer tilknyttet. En grundig gjennomarbeiding av små anlegg på felles basis synes fornuftig i første omgang. Bakgrunnen for denne vurdering er følgende:
 - Det største antall rensesanlegg ligger i klassen 200-2000 personer tilknyttet, nemlig anslagsvis 680 anlegg av totalt 1000 (se figur 1, side 9). (Regnes alle anlegg mellom 200 og 5000 p.e. med, blir det ca. 850 av totalt 1000.)

 - Store anlegg, det vil si de som er over 5000 p.e., til sammen ca. 150, vil koste like mye som, eller mer enn de 850 små

og mellomstore. Disse anlegg vil imidlertid hver for seg tåle en viss økonomisk belastning både i planleggingsfasen, og med hensyn til instrumenter og kvalifisert personell i drift. Fellestiltak for å utrede forholdene vedrørende disse er derfor noe mindre presserende. Forskningen i sin alminnelighet sikter dessuten først og fremst mot større anlegg.

- De små anlegg tåler hver for seg ikke særlig store utgifter til planlegging. Man må dessuten regne med at overvåkingen av dem vil skje på deltid av personell med flere gjøremål. De vil altså få vesentlig ugunstigere driftsforhold enn de store anlegg.

4. Det generelle reguleringstekniske grunnlag for automatisering av prosesser er vel utviklet i dag og kan tillempes på renseprosesser.
5. Reguleringsteknikken forutsetter et kvantitativt (dog som regel bare forenklet) kjennskap til rensaneanleggenes dynamiske og statiske egenskaper. Disse er dels apparatmessig betinget, såsom beholderes areal, volum, gjennomstrømningsforhold etc., dels prosessteknisk f.eks. pH-verdi, fosfatinnhold, kolloidal overflate, fnokkdannelse, sedimenteringshastighet etc. Viktig er den innbyrdes avhengighet og hvordan dette kan uttrykkes i målbare verdier og i kontrollparametre, så som f. eks. mengde fellingskjemikalium. Som nevnt behøver man dog ikke vite alt dette med stor nøyaktighet, da tilbakekoblingsprinsippet i reguleringsteknikken gjør systemene selvkorrigerende i betydelig grad. Det vil være nødvendig å arbeide med dette for å finne fram til bedre kontrollstrategier.
6. Som antydnet foran er utvalget av enkle og driftssikre instrumenter dårlig, særlig av den typen som kan måle de kritiske, kjemiske parametre. Det vil være nødvendig å klarlegge hva som tilbys kommersielt av instrumenter, ut fra de behov pkt. 2 viser, og ved studium av andre testrapporter og egne supplerende driftsprøver finne fram til typer som man kan anbefale i små, periodisk ubetjente anlegg.

Forslag til utviklingsarbeid — Behov for forskning

Mål for forskningsprosjekt

Instrumentering og automatisering (regulering) vil være et verdifullt hjelpemiddel for å få et bedre driftsresultat ved våre kloakkrenseanlegg. Det er et klart behov for å standardisere instrumenterings- og automatiseringsopplegg for små anlegg av ulike typer. Et utarbeidet "normalopplegg" skal være så gjennomarbeidet at man sikrer fornuftige instrumenteringsopplegg på fremtidige anlegg selv om planleggeren av dette ikke er spesialist på området. Hovedproblemstillingene skal være klarlagt i så generell form at resultatene kan være til betydelig nytte selv om man bruker andre typer instrumenter osv., eller om man prosess-teknisk avviker en del fra "normalopplegget". Spesielt for kjemiske kloakkrenseanlegg er det i første omgang et stor behov for et bedre opplegg i forbindelse med kjemikaliedoseringen.

For å skaffe til veie de nødvendige praktiske erfaringer, vil det være nødvendig å utarbeide og prøve et "normalopplegg" for instrumentering og automatisering av kloakkrenseanlegg i størrelsesorden 200-2000 personer tilknyttet.

Som mål for prosjektet foreslås:

Utarbeide standardiserte instrumenterings- og reguleringsopplegg for kloakkrenseanlegg.

Arbeidsprogram m/skisse til gjennomføring

Arbeidsprogrammet er skissert i figur 3. Hovedpunktene er kort beskrevet i rekkefølge nedenfor. Det er også gitt en oppsummering av hovedfasene i arbeidsprogrammet og en tidsplan og kostnadsvurdering for startfasen (fase 1).

FASE 1. Innledende arbeid - detaljplanlegging

1. Situasjonsanalyse

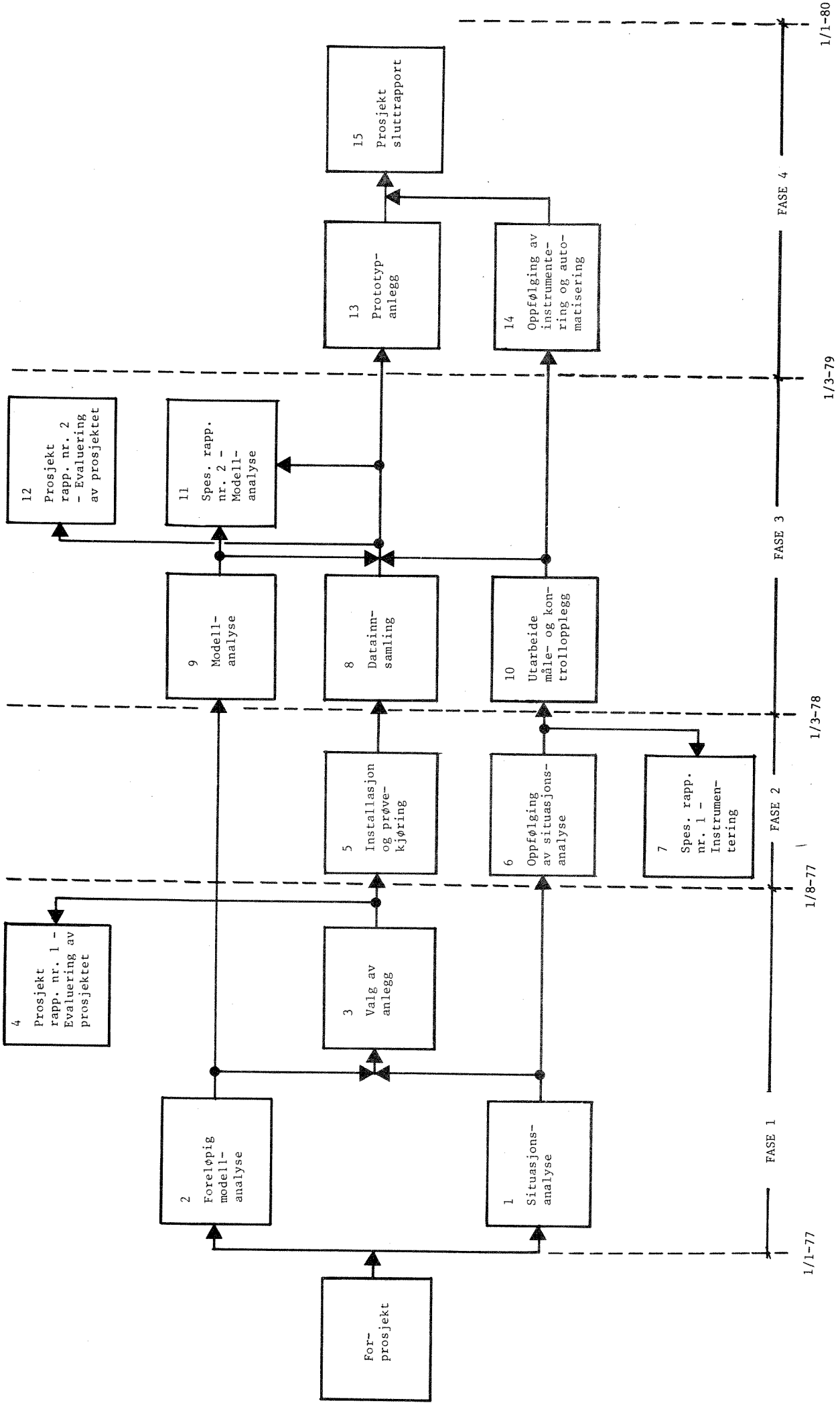
Et naturlig ledd i forberedelsesprosessen vil være å starte arbeidet med en situasjonsanalyse vedrørende måleinstrumenter, reguleringsutstyr og reguleringsystemer som er brukt ved kloakkrenseanlegg. Hensikten er i første omgang at man vil finne fram til de instrumenter etc. som skal installeres og brukes i analysefasen.

Situasjonsanalysen bør omfatte:

- a. Erfaringer i andre land - Informasjon om måleinstrumenter, automatikkutstyr og reguleringsystemer som er i bruk i andre land, og deres erfaringer (dvs. de nordiske land, England, USA og eventuelt flere).
- b. Markedsoversikt - Informasjoner om måleinstrumenter og automatikkutstyr (reguleringsutstyr) som fins på markedet.
- c. Driftserfaringer - Hva som er i bruk på norske anlegg, og hvilke driftserfaringer som foreligger. (Samarbeid i NORDFORSK).

Når det gjelder punkt a, blir det viktig for oss å holde oss ajour med det som andre land, (særlig England og USA) har kommet fram til, først og fremst vedrørende instrumentering og automatisering av biologiske anlegg og slambehandlingsprosesser.

(Av spesiell interesse i denne sammenheng er IAWPR-konferansen i London neste år hvor temaet er "Instrumentation and control



Figur 3. Arbeidsprogram.

of wastewater treatment". Konferansen er den andre i sitt slag, og man venter denne gang at driftserfaringer fra eksisterende systemer vil bli presentert i større grad enn tidligere. Deltagelse her anser vi som nødvendig.) Vedrørende punkt b bør man studere i større detalj hvilke instrumenter og reguleringsutstyr som tilbys på markedet samt eventuelle brukserfaringer med disse. (Vedrørende rapport, se punkt 7.) Når det gjelder punkt c, så har det allerede kommet et konkret programforslag innen NORDFORSK til gjennomføring av et samarbeid i de nordiske land. Prosjektet "Erfaringer med instrumentering og regulering av rensningsanlegg", betyr at man inspiserer en del utvalgte norske renseanlegg og registrerer hvilke driftserfaringer man har med utstyret. (Dermed har man også besvart en del av punkt a).

2. Foreløpig Modellanalyse

En forutsetning for en vellykket regulering av en prosess er at en kan uttrykke hovedtrekkene ved prosessen i matematisk form på en slik måte at det kan danne grunnlaget for en analysestrategi. Følgelig vil en her klarlegge hovedtrekkene ved prosessene i et mekanisk-kjemisk kloakkrenseanlegg slik at en får fram den analysestrategi som man vil anvende i neste fase. En modell av renseprosessene er også nødvendig også av fundamental vekt for valg av instrumenter mv.

3. Valg av anlegg - forslag til instrumentering

Gjennom arbeidet nevnt under punkt 1 regner en med å få en oversikt over eksisterende renseanlegg slik at det skal være mulig å velge ut et anlegg der mulighetene for en praktisk utprøving skulle ligge godt til rette.

Fortrinnsvis bør man velge et mekanisk-kjemisk anlegg av typen primær- eller sekundærfellingsanlegg (størrelse; 200-2000 pe). (Alternativt, eller på et senere tidspunkt, velges anlegg av andre typer, f.eks. et simultanfellingsanlegg.)

Når en har funnet et passende anlegg der anleggets eiere er interessert i å delta i et prosjekt, vil en på basis av arbeidet nevnt under punkt 1 og 2 kunne sette opp konkrete forslag til instrumenterings-, automatiserings- og regulerings-utstyr.

4. Prosjektrapport nr. 1 - Evaluering av prosjektet

Prosjektrapport nr. 1 vil omfatte en redegjørelse for den instrumentering, regulering og automatisering som fins på renseanlegg i Norge og i andre land, og hvilke erfaringer som fins med dette. Det vil også inneholde en oversikt over det utstyr som tilbys på i første rekke det skandinaviske markedet.

Rapporten vil også gi forslag til gjennomføring av fase 2 og fase 3. En vil presentere et konkret forslag til instrumentering av anlegg der forsøksvirksomhetene planlegges, slik at realistiske kostnadsoverslag for det fortsatte arbeid er mulig (fase 2 og 3).

Hovedhensikten med prosjektrapport nr. 1 er å gi et grunnlag for en evaluering av prosjektet, slik at det er mulig å ta standpunkt til om prosjektet skal videreføres.

FASE 2. Installasjon og prøvekjøring

5. Installasjon og prøvekjøring

Innkjøp av instrumenter og nødvendig reguleringsutstyr er første post i fase 2. (En må regne med en leveringstid for utstyret som vil forlenge fase 2 med ca. et par måneder.) Man installerer deretter utstyret og setter i gang prøvekjøring av innkjøpte og eventuelt leide instrumenter på det anlegg man har valgt for forsøksvirksomheten. Etter installasjon vil prøvekjøringen foregå i det tidsrom som gjenstår i fase 2 (se tidsplan, side 42).

6. Oppfølging av situasjonsanalysen

Ved siden av installasjon og prøvekjøring er det viktig at man følger opp det arbeid som ble påbegynt i første fase (se punkt 1),

slik at man holder seg ajour med nye instrumenter og regulerings-systemer som har kommet på markedet, og driftserfaringer som eventuelt foreligger.

7. Spesialrapport nr. 1 - instrumentering

En antar at en i slutten av fase 2 vil ha grunnlag for å gi ut en "brukervennlig" rapport som gir en oversikt over markedsførte instrumenter, pågående nyutviklinger, samt driftserfaring fra eksisterende anlegg i den grad dette kan presenteres som almen-gyldig erfaring.

En slik rapport vil ikke være nødvendig for fremdriften av prosjektet, men det er uten tvil behov for informasjon på dette felt. En "brukervennlig" rapport med en oversikt og vurdering av markedet mv. vil være den første praktiske nytte en vil kunne trekke ut av prosjektet.

FASE 3. Analyse

8. Datainnsamling

Datainnsamling har til hensikt å gi grunnlaget for en utprøving av den foreløpige modell som er utarbeidet (fase 1, pk. 2). Rense-anlegget der en har installert utstyr vil bli drevet med intens overvåking og datainnsamling i ca. 6 måneder. Man tenker seg å registrere data på magnetbånd, for lettere etterfølgende bearbeiding. Det vil også bli tatt manuelle prøver som analyseres i laboratoriet. Alle disse dataene innføres i modellanalysen. - Samtidig vil en registrere praktiske instrumentproblemer og kontrollere hvilke målenøyaktigheter som kan påregnes.

9. Modellanalyse

Arbeidet som ble gjort i fase 1, pkt. 2 fortsettes og utdypes slik at man med hjelp av det datamateriale som innsamles

- a) kan bearbeide måleresultatene på datamaskin og
- b) kan teste ulike hypoteser for prosessmessige sammenhenger

og kontrollstrategier. Disse kontrollstrategiene kan i praksis tenkes realisert automatisk, halvautomatisk og manuelt.

Resultatet vil bl.a. være den reguleringsstrategi som vil bli brukt i fase 4.

10. Utarbeide måle- og kontrollopplegg

På basis av erfaringer og resultater fra arbeidet under punkt 8 og 9 velger man ut instrumenter og automatiseringsutstyr for senere installasjon i "prototypanlegget".

11. Spesialrapport nr. 2 - Modellanalyse

Denne rapporten vil beskrive den metodikk som er brukt ved modellanalysen og hvilke prosesstekniske sammenhenger man er kommet fram til. Endelig vil resultatene av bruk av de ulike kontrollstrategier bli gitt.

12. Prosjektrapport nr. 2 - Evaluering av prosjektet

Hovedhensikten med prosjektrapport nr. 2 er å gi et grunnlag for en evaluering av prosjektet, slik at det er mulig å ta standpunkt til om prosjektet skal videreføres.

Rapporten skal derfor gi status etter fase 3, og gi forslag til gjennomføring av sluttfasen (fase 4). En vil presentere et konkret forslag til instrumentering av et "prototypanlegg", hvor det optimale instrumenterings- og reguleringsystem utprøves, slik at en tidsplan og et realistisk kostnadsoverslag for fase 4 kan fremskaffes.

FASE 4. Utprøving av et prototypanlegg

13. Prototypanlegg

Anlegget vil kunne være det samme som en har utført det tidligere arbeid ved, eller en kan velge et nytt anlegg. (For- og bakdeler med dette er forutsatt vurdert i samarbeid med pro-

sjektrapport nr. 2 og evalueringen av denne). Prototypanlegget er gitt en instrumentering og en automatiseringsgrad som etter foregående arbeid antas optimal for den klasse renseanlegg prosjektet sikter på i første rekke. Anlegget vil inneholde kun det "nødvendige" utstyr og drives av den vanlige driftsoperatøren. Oppfølgingen fra NIVA og SI tar i første rekke sikte på å samle inn erfaringer fra "normal drift" slik at eventuelt forbedringer av instrumenterings- og reguleringsopplegget kan gjøres.

14. Oppfølging av instrumentering og automatisering

Arbeidet fra punkt 1, 6, 8 og 10 blir ført videre ved at den internasjonale utvikling registreres og sammenholdes med erfaringene fra oppfølgingen av prototypanlegget.

15. Prosjekt sluttrapport

Denne rapporten refererer prosjektets hovedtapper, henviser til spesialrapportene, og gir endelig følgende spesifikke utredninger:

- a) Instrumentering - en oppdatering av spesialrapport nr. 1.
- b) Modellanalyse - en oppdatert prosessmodell.
- c) Forslag til instrumentering og automatisering av mindre anlegg, slik presentert at planleggere kan utnytte resultatene selv om anleggenes utforming avviker i en viss rimelig grad fra prototypanlegget.
- d) Krav til betjening og vedlikehold.

Hovedfaser i arbeidsprogrammet, tidsplan og kostnadsvurdering

Hovedfaser i arbeidet

FASE 1. Innledende arbeid - detaljplanlegging

Hensikten med fase 1 er å skaffe grunnlag for en detaljplanlegging. Som første ledd vil man ved en situasjonsanalyse skaffe seg erfaringer vedrørende instrumenter og reguleringsystemer som er benyttet ved kloakkrenseanlegg. Spesielt skal situasjonsanalysen omfatte; erfaringer i andre land, markedsoversikt og driftserfaringer. (Når det gjedler driftserfaringer vil man, som tidligere nevnt, delta i en undersøkelse i NORDFORSKs regi.)

En modellanalyse påbegynnes hvor hensikten er å klarlegge hovedtrekken ved prosessene slik at man kan sette opp en matematisk grovmodell for et mekanisk-kjemisk kloakkrenseanlegg som skal være representativt for den hovedgruppe man sikter på. En prosjektrapport (nr. 1) avslutter fase 1, og denne skal gi status og videre arbeidsplan med kostnadsvurdering for videreføring, dvs. fase 2 og 3 i arbeidsprogrammet. Prosjektrapport nr. 1 utformes slik at det skal være mulig å ta standpunkt til om prosjektet skal videreføres.

FASE 2. Installasjon og prøvekjøring

Man foretar installasjon og setter i gang prøvekjøring på renseanlegget. En vil parallelt arbeide med at situasjonsanalysen blir videreført, for å holde seg ajour med nye instrumenter, reguleringsystemer og eventuelle driftserfaringer med disse. En spesialrapport om instrumentering og regulering av kloakkrenseanlegg kan om så ønskes være avslutningen på fase 2. Denne skal i så fall være "brukervennlig".

FASE 3. Analyse

I denne perioden foregår datainnsamling ved det anlegg der utstyret er installert. Den foreløpige modell fra fase 1 testes mot innsamlede data og videreutvikles. Modellanalysen skal teste ulike hypoteser for prosessmessige sammenhenger for å finne fram til den beste kontrollstrategi. Resultatet vil være den kontrollstrategi og det instrumenterings- og reguleringsopplegg som vil bli brukt i fase 4. Videre vil man utarbeide et måle- og kontrollopplegg for det instrument- og det reguleringsssystem man velger for installasjon i et prototypanlegg. (I denne fasen vil det være en viss overinstrumentering og intens oppfølging av anlegget fra NIVA og SI.) Fase 3 avsluttes med en spesialrapport om modellanalyse, som skal beskrive den metodikk som er brukt og hvilke prosessstekniske sammenhenger som er funnet. Til slutt skal prosjektrapport nr. 2 gi status og videre arbeidsplan med kostnadsoverslag for fase 4 (sluttfasen), slik at prosjektet bli evaluert og et standpunkt tatt om mulighet for videreføring.

FASE 4. Utprøving av et prototypanlegg

Hensikten med fase 4 er å teste det instrumenterings- og reguleringsopplegg som man har funnet best, og som anbefales som standard under normale driftsbetingelser.

Det optimale reguleringsssystem installeres i prototypanlegget prøvekjøres. Man ønsker også en oppfølging av instrumentering og automatisering ved kloakkrensaneanlegg, dels ved at en følger prototypanlegget, dels ved at den internasjonale utvikling registreres. (I fase 4 inneholder anlegget kun det "nødvendige" utstyr og drives av den vanlige driftsoperatøren. Oppfølgingen fra NIVA og SI tar i første rekke sikte på å samle inn erfaringer fra "normal drift" slik at eventuelle forbedringer av instrumenterings- og reguleringsopplegget kan gjøres.)

Prosjektets sluttrapport utarbeides. Denne skal referere til etappene, henviser til spesialrapporten, og dessuten gi spesi-

fikke utredninger, se side 36, punkt 15.

Ved avslutning av fase 4 vil man kunne fremlegge en auourført oversikt over muligheter og erfaringer vedrørende instrumentering, regulering og automatisering av renseanlegg. Videre en prosessmodell for kjemiske renseprosesser, og et konkret forslag til instrumentering, regulering og automatisering av mindre renseanlegg med angivelse av de krav til betjening og vedlikehold som det foreslåtte opplegg krever.

KOSTNADSVURDERING

FASE 1:

Situasjonsanalyse

a. Erfaringer	2 pers. i 2 mndr.	= kr 50 000,-
b. Markedsoversikt		
c. Driftserfaringer	2 pers. i 2 mndr.	= " 50 000,-
(Besøk og undersøkelse ved ca. 10 anlegg)		
+ div. kostn., reiser, møter (NORDFORSK)		= " 10 000,-

Deltagelse i IAWPR-konferanse,
London, 2 pers. = " 6 000,- kr 116 000,-

Modellanalyse

2 pers. i 2 mndr.	" 50 000,-
Valg av prøveanlegg (→ gjøres under veis, dvs. i forbindelse med driftserfaringer etc. - Ingen ekstra kostn.)	" 0,-

Prosjektrapport nr. 1

2 pers. i 1-1½ mndr.	" 35 000,-
----------------------	------------

SUM FASE I: kr 201 000,-
=====

Det er vanskelig på nåværende tidspunkt å vurdere kostnadene for fase 2-4. Disse faser betyr imidlertid en opptrapping av arbeidet og innkjøp/leie av til dels kostbart utstyr hvor en må regne med vesentlig høyere kostnader enn i fase 1.

Tidsplan

En tidsplan for fase 1 og 2 er vist i figur 4. Når det gjelder fase 2 så må tidsplan for denne betraktes som foreløpig. Det har liten hensikt nå å detaljere en tidsplan for fase 3 og 4, men det forutsettes at prosjektet avsluttes 1979/1980.

Samarbeid

Ved planleggingen av arbeidsprogrammet er det forutsatt at prosjektet skal gjennomføres som et samarbeid mellom Sentralinstitutt for industriell forskning (SI) og Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Det er bare gjennom et slikt samarbeid en vil kunne få den nødvendige kompetanse for gjennomføring av det skisserte prosjekt.

TIDSPLAN

		1977						1978							
		FASE I			FASE II										
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb
<p>FASE 1: <u>Innledende arbeid - detaljplanlegging</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Situasjonsanalyse 2. Foreløpig modellanalyse 3. Valg av anlegg - forslag til instrumentering 4. Prosjektrapport nr. 1 - evaluering av prosjektet 															
<p>FASE 2: <u>Installasjon og prøvekjøring</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 5. (Leveringstid - instrumenter. (Installasjon og prøvekjøring 6. Oppfølging av situasjonsanalysen 7. Spesialrapp. nr. 1 - instrumentering 															

Referanser

- (1) Paulsrud, B.: "Driftsundersøkelser av kloakkrenseanlegg".
Artikkel i NIVAs årbok, 1975, s. 101.
- (2) Johansen, O.J., Paulsrud, B. og Eikum, A.: "Bare halvparten av norske kloakkrenseanlegg renser avløpsvannet tilfredsstillende".
Artikkel i Teknisk Ukeblad TEKNIKK, Nr. 31, 1976.
- (3) St.meld. nr. 107 (1974-75): "Om arbeidet med en landsplan for bruken av vannressursene". Miljøverndepartementet.
- (4) Norsk institutt for vannforskning (NIVA), 0-150/73: "Arbeidsrapport nr. 1 - Kostnader for tiltak i byer og tettsteder, spredt boligbebyggelse, fritidsbebyggelse m.v.", i Landsplan for bruken av vannressursene, utg. av Miljøverndepartementet, 1975, side 22-24.
- (5) Vråle, L: "Kjemiske fellingsanlegg - Prosessmessige driftsforhold".
Forelesning ved NIF-kurs om Drift av kommunale renseanlegg, Fagernes, 1976.
- (6) Roesler, J.F., Bishop, D.F. and Kugelman, I.J.: "Current Status of Research in Automation of Wastewater Treatment in the U.S.", EPA, Cincinnati, USA.

Vedlegg 1

VEDLEGG 1

A. INSTRUMENTERING OG AUTOMATISERING/REGULERING - På hvilket nivå? - Mulig klassifisering

Man har her forsøkt å vurdere på hvilket nivå, med hensyn til instrumentering og automatisering, de fleste operasjoner/funksjoner ved kjemiske kloakkrensaneanlegg ligger. En klassifisering som følger ble valgt:

- a. Vanlig i bruk i dag
- b. Ennå ikke standard
- c. Trenger videre utvikling
- d. Fremtidig, eller ved større anlegg

B. MULIGHETER FOR INSTRUMENTERING OG AUTOMATISERING

Ut fra en tidligere identifisering (se s. 14) og klassifisering (nevnt foran, pkt. A) av operasjoner/funksjoner ved kjemiske kloakkrensaneanlegg, har man her forsøkt å gi en så vidt mulig komplett oversikt over:

- anleggsoperasjoner/-funksjoner
- beskrivelse av hver operasjon
- gi mulighetene for instrumentering og automatisering
- fordeler, ulemper og kommentarer

C. EKSEMPEL - STYRINGSBEHOV OG MULIGHETER

Noen få kommentarer om andre lands arbeid med instrumentering og automatisering av kloakkrensaneanlegg fremgår. (Dette er inntrykk fra korte "streiftog" i litteraturen.) Et eksempel på et konkret pilot-forsøk (EPA, USA) i forbindelse med en automatisering av kalkdosering er beskrevet med de styringsmuligheter som ble prøvet.

A. INSTRUMENTERING OG AUTOMATISERING/REGULERING

På hvilket nivå? - Mulig klassifisering

- a. Vanlig i bruk i dag - Veletablert praksis, ev. forskningsinnsats vil i første rekke bestå i erfaringsinnsamling, dette for (f.eks.) å kunne peke ut "beste løsning".

Styring av maskinrenset rist

Flyteslamfjerning

Proporsjonal prøvetaking (automatiske prøvetakere og styring fra vannføringsmåler)

Overvåking av utstyrsfunksjoner (pumper, rister, skraper etc.)

Vannføringsmåling (med skriver og summeringsverk)

Registrere vannføring til resipient

- b. Ennå ikke standard - Instrumenter og utstyr som kan anvendes for instrumentering og automatisering (regulering) som ikke er vanlig, men som har vært brukt ved noen anlegg (inkludert forsøksanlegg) - etter vårt skjønn en naturlig automatisering i første trinn - forskningsinnsatsen vil bestå i å skaffe erfaring fra andre, samt prøve dette selv.

Sandtapping

Slamtapping

Transport av slamvann

Kjemikaliedosering (og styring fra vannføringsmåler) (a-b)

pH-måling (kontinuerlig registrering)

Overløp, kontroll og registrering (vannføring)

Tilløp og utjevning

Registrere slamnivå - slamtapping (b-c)

- c. Trenger videre utvikling - Instrumentering og automatisering (regulering) som har vært på forsøksstadiet (og ved noen større anlegg), men som trenger videre utvikling eller nødvendigvis forskning for å oppnå ønskelige resultater; eller har ikke vært prøvet, men er ønskelig. Forskningsinnsats vil delvis bestå i å skaffe erfaring fra andre hvis dette fins, og ev. egeninnsats.

Flyteslamavtapping

Avløpsvannets sammensetning (sensorer som registrerer kontinuerlig forskjellige parametre) (c-d)

Kjemikaliedosering og styring fra forureningsparameter (b-c)

Fnokkbygging i flokkuleringstanken

Godt siktedyp (klarhet) i sedimenteringsbassenget og lite sedimenterbart stoff og suspendert stoff i utløpet (c-d)

Redusere vann i overløp (fordrøyning) (c-d)

d. Fremtidig, el. ved større anlegg - Instrumentering, automatisering eller regulering som er ønskelig i fremtiden, spesielt ved større kloakkrenseanlegg. Forskningsinnsats er her nødvendig; f.eks. med utprøving av automatikk (regulering) på forsøksanlegg før oppfølging ved større anlegg.

- fordeling av vann til og avdrag fra sedimenteringsbassenger
- Kjemikaliedosering (kombinert styring; fra forureningsparameter og/eller vannføring og pH) (a-d)

(NB! En god del vedrørende instrumentering og automatisering (regulering) i forbindelse med slambehandlingsprosessene vil komme inn her.)

Regulering og styring med datamaskiner kan bli aktuelt (lønnsomt) ved større anlegg og må komme inn her.

B. MULIGHETER FOR INSTRUMENTERING OG AUTOMATISERING

Operasjon	Beskrivelse	Muligheter	Fordeler - ulemper - kommentar
Fjerne ristgods	Rutinemessig operasjon som utføres daglig, avhengig av mengde større (og flytende) avfall i avløpsvannet. Vanligvis løst i praksis. Alle maskinrensede rister har automatikk.	<p>a) Tid-ur: "pre-set" tid med "pre-set" intervall.</p> <p>b) Innsjalling etter nivå. Registrere nivå foran risten og tid-ur med "pre-set" intervall (+ alarm ved høyt nivå).</p> <p>c) Nivåforskjell registreres (f.eks. med boblerøremetode) og tid-ur med "pre-set" intervall (+ alarm ved høyt nivå).</p>	Enkelt, men tar ikke prosessmessig hensyn. Også enkelt, men trenger instrument som registrerer nivå og impulsgeber, tid-ur etc. (+ alarmutrustning)
Slamtapping	Rutinemessig operasjon som utføres hver dag. Automatisering vil kunne bety mindre arbeid og jevnere belastning på etterfølgende prosessenhet (i vannfasen). To muligheter ved slamtapping:	<p>I <u>Gravitasjonstapping</u>. Enkel regulering med en ventil.</p> <p>II <u>Pumping</u>.</p> <p>a) Tid-ur. Pumpen går "pre-set" tid med "pre-set" intervall.</p> <p>b) Pumpen går "pre-set" tid når x m³ vann har passert.</p> <p>c) Pumpen starter med "pre-set" intervall og pumper til sensor varsler at slamm er tynt, eller slamm nivå synker under "pre-set" nivå.</p> <p>d) Kombinasjon av b) og c).</p>	<p>Starte på registrert nivåforskjell (overlagret tid-uret). Nivåregistrering med følere på begge sider som viser en trykkdifferanse (metoden mye brukt i dag og virker bra).</p> <p>Enkelt og ofte brukt. Kontinuerlig tapping, men mindre enn det som akkumuleres.</p> <p>Enkel og rimelig, men tar ikke prosessmessige hensyn.</p> <p>Enkel og rimelig. Trenger vannføringsmåler med summerende verk og impulsgeber. Prosessmessig tiltalende. Krever sensor som ennå ikke er godt utprøvet. (Mulig med manuell overvåking av slamm.)</p>

Operasjon	Beskrivelse	Muligheter	Fordeler - ulemper - kommentar
Sandtapping	En rutineoperasjon som ofte utføres daglig. Automatisering vil bety arbeidsbesparelse.	<p>I Med bevegelig pumpe:</p> <p>a) Tid-ur; pumpen går med jevn fart langs bassenget (nedsenket pumpe).</p> <p>b) Sensor som måler sandslamnivå og starter pumpen og pumpen går med jevn fart (som a).</p> <p>c) Pumpen går til sensor kutter den ut.</p> <p>II Med sandskrape:</p> <p>a) Tid-ur; "pre-test" tid og intervall.</p> <p>b) Sensor registrerer når bassenget er tomt for sand, og pumpen stopper etc.</p>	<p>Enkelt; benytter vogn m/tid-ur og endebrytere på hver side.</p> <p>Krever sensor som ikke fins.</p> <p>" " " " " "</p> <p>Enkelt, (ev.) styring i kombinasjon med sandskrape. " " " "</p>
Transport av slamvann	Normalt ledes slamvann (rejektvann) umiddelbart tilbake til vannbehandlingsdelen. Dette kan forstyrre vannrensingen. Det vil kunne være behov for magasinering og kontinuerlig tilbakeføring.	<p>a) Intermittent pumping.</p> <p>b) Turtallsregulerte pumper og manuell innstilling kombinert med start-stopp ved høyt nivå.</p>	<p>(Som ovenfor) Enkelt. Enkelt, men pumpene koster mer.</p>
Flyteslamavtapping	En arbeidsoperasjon som må utføres rutinemessig - som oftest daglig. Neppe ønskelig å automatisere, da det anses som best å ha et manuelt system på de fleste anlegg (<50 000 p).	<p>I Kontinuerlig flyteslamavdrag:</p> <p>Benyttes som regel i runde sedimenteringsbassenger - en arm (skape) som går med sakte fart på vannflaten. Også i mange rektangulære sedimenteringsbassenger brukes kontinuerlig kjedeskape med flyteslamavdrag.</p>	<p>Enkelt, brukes i alle runde sedimenteringsbassenger, og virker godt.</p> <p>Enkelt, virker godt og er helt vanlig.</p>

Operasjon	Beskrivelse	Muligheter	Fordeler - ulemper - kommentar
II	<u>Diskontinuerlig flyteslam-</u>	<u>avdrag:</u>	
	Benyttes som regel i rektangulære bassenger.	a) Tid-ur, "pre-set" tid og "pre-set" intervall.	Enkelt, men tar ikke prosesshensyn.
	b) Andre muligheter med tid-ur, f.eks. "pre-set" tid etter at x m ³ vann har passert.	c) Sensor; registrerer flyteslam og starter tid-ur etc.	Tar mer hensyn til variasjoner i vannføring og mer hensyn til prosessen.
			Ønskelig, men krever sensor som er lite utprøvet.
	(NB! Pumping av flyteslam anses ikke som et problem, og styring av denne operasjon er vel ikke nødvendig.)		
Prøvetaking	Også en rutine arbeidsoperasjon som utføres ofte, fra flere ganger daglig til et par ganger i måneden, avhengig av dennes formål (drift el. kontroll etc.)	<p>(Forutsatt proporsjonal prøvetaking)</p> <p>a) Tid-ur (tidsrelé) styrer prøvetakeren og delprøvevolumene gjøres proporsjonale med vannføringen.</p> <p>b) Delprøvene tas med faste volum, og frekvensen gjøres proporsjonal med vannføringen (vannføringsmåler og styreenhet er nødvendig).</p>	Enkelt, men trenger manuell håndtering av delprøvene for å justere volumene etter målt vannføring.
Overvåking av utstyrsfunksjoner, (- pumper - rister - skraper - kompressor - dosering - klorering)	Overvåking av de forskjellige utstyrsfunksjoner bør i prinsipp skje så hurtig som mulig. En automatisering (ev. alarm) vil gjøre at en hurtig kan rette på feil og hindre prosessen fra å "skli ut". Noen anlegg benytter alarmering og sentral overvåking allerede.	I Kontroll ved prosessen: a) Alarm, signal fra utstyr ved feil. b) Kontrolltavle med lys og (ev.) alarm. Registrerer feil på stedet og f.eks. hvor feilen ligger.	Ønskelig, instrum. fins i dag til at dette blir gjort ved flere anlegg. Bedre automatiske prøvetakere er ønskelig, særlig på innløpsvann.

Operasjon	Beskrivelse	Muligheter	Fordeler - ulemper - kommentar
Vannføringsmåling (avløpsvannets variasjon i mengde)	Instrumentering for kontinuerlig registrering og summering av vannføringen (Q) er nødvendig da man ofte styrer andre funksjoner ut fra denne. Nøyaktig måling og styring er nødvendig for andre prosessoperasjoner (Q er den viktigste parameter som måles.) Som f.eks. styring av pumper, kjemikaliedosering etc. Q er nødvendig også til å styre automatiske prøvetakere.	<p>II Sentral kontroll:</p> <p>a) Signal/alarm ved feil el. instrument startes, registreres på panel i kontrollrommet.</p> <p>b) Kombinasjon av Ib og IIa.</p> <p>c) Overvåking/styring, med muligheter for styring fra kontrollrommet.</p>	<p>Ønskelig i fremtiden, blir mer og mer benyttet (Sverige), også her til lands (Sandvika)</p> <p>Beste løsning (?) ved anlegg. Ved større anlegg bør man kunne kombinere overvåkning og styring fra kontrollrommet.</p>
	Instrumentering for kontinuerlig registrering og summering av vannføringen (Q) er nødvendig da man ofte styrer andre funksjoner ut fra denne. Nøyaktig måling og styring er nødvendig for andre prosessoperasjoner (Q er den viktigste parameter som måles.) Som f.eks. styring av pumper, kjemikaliedosering etc. Q er nødvendig også til å styre automatiske prøvetakere.	<p>I Kanaler, kummer etc.:</p> <p>Metode som bruker måleren (Venturi, Parshall etc.) eller overløp (V-overløp, rektangulære overløp etc.). Nivå opp-lære overløp etc.). Nivå oppstrøms måles - som er en funksjon av Q.</p>	<p>Målenøyaktighet ved autom. måling av Q i målebyggverk med nivåmåling er 1-3% (USA). Best for kloakkvann med hensyn til vedlikehold, levetid etc.</p>
		<p>II Trykkledning:</p> <p>Trykkdiff. over tverrsnittsinnsnevring, elektromagnetiske strømningsmålere, ultralydmålere, propeller, rotametre etc. (mest i rent vann).</p>	<p>NB! I praksis viser det seg at det beste man kan oppnå er 5-10% målenøyaktighet-og det med Parshallrenne på det beste!</p> <p>Målenøyaktighet for magnetiske Q-målere - 1-2% (USA).</p>
			<p>Brukt i væsker og slam med god pålitelighet.</p>
			<p>Er prøvet i Danmark (Danfors A/S)</p>
		<p>Både i tilfelle I og II.</p> <p>Vannføringsmåler og styreenhet er nødvendig ved autom. måling.</p>	<p>En trenger: En giver, en transmitter, summeringsverk (ev. skriver) og styreenhet.</p>

Operasjon	Beskrivelse	Muligheter	Fordeler - ulemper - kommentar
<p>Konsentrasjonsmåling (Avløpsvannets variasjon i sammenstilling) og analyse (kontin. registrering og utskrift). Se P.-E. Sørensen (side 50-51)</p>	<p>Variasjonene i avløpsvannets sammensetning kan være store. Forurensningskonsentrasjonene varierer sterkt over døgnet, noe som betyr at det er ønskelig å tilsette mengde kjemikalier etter disse variasjoner. En trenger da instrumenter som registrerer de enkelte parametre kontinuerlig, og herfra styres så kjemikaliedoseringen.</p>	<p><u>Temp.</u>: Motstandstermomenter (m/egnede beskyttelsesrør). <u>pH</u>: Giaselektroder (vanlig) med f.eks. neddykkingsarmatur og autom. elektroderensning. <u>Ledningsevne</u>: En 4-Ring-elektrode som neddykkingsgiver. <u>Alkalitet</u>: Med autom. titreringsapparat (en må ta prøver etc.) <u>Susp. stoff</u>: Utstyr for direkte måling av SS fins ikke. Turbiditet brukes som indirekte mål på SS. <u>Turbiditet</u>: Lysabsorpsjon anvendes ved turbiditetsmålinger el. nefelometriske målinger (lysspredning). <u>Organisk stoff</u> (BOF, KOF, TOC etc.): BOF = biokjem. oksygenforbruk KOF = kjemisk oksygenforbruk TOC = totalt organisk karbon <u>Fosfor</u>: autom. registrerende instrument (EPA)</p>	<p>Enkelt og i vanlig bruk. Problemer med avsetninger på elektrodene - trenger bedre selvrensende pH-elektroder. Skulle ikke være noe problem (gode instrumenter). Vanskeligere, manuelt arbeid også, tar tid.</p>
<p>Parametre som det er tenkelig å måle kontinuerlig: - temp. - BOF - pH - KOF - ledn.evne - TOC - alkalitet - Tot-P - turbiditet (orto-P) - susp.stoff (sedim.stoff)</p>	<p>Instrument fins, men er ikke helt tilfredsstillende utviklet ennå. BOF, uhensiktsmessig, tar tid, respirometer (par timer), ellers 7 døgn. Autom.instrument - resultat på ½ time. " - er blitt brukt ved flere anlegg (aktivt slam) - instrumentene bør utvikles langt mer. Iflg. EPA (USA) bør mer forskning gjøres her (flame emission photometry).</p>		

Operasjon	Beskrivelse	Muligheter	Fordeler - ulemper - kommentar
Kjemikalie-dosering	<p>Dosering av kjemikalier er en kontinuerlig prosess som krever mye arbeid med påfyll, vedlikehold, kontroll av dosering etc. Prosessen er allerede automatisert i forskjellig grad, avhengig av anleggsstørrelse, type kjemikalie, krav til dosering etc.</p> <p>Full automatisk styring og kontroll er nødvendig for optimal drift - kostnadsbesparelser. (Dosering: Al, Fe, Ca).</p> <p>Spes. forhold:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Al</u>: -pH i avløpsvann -alkalitet i avløpsv. - må balansere mellom to ytterverdier for opt. pH (hurtig innblanding kan være viktig her). 2. <u>Fe</u>: - pH i avløpsvann - alkalitet i avløpsv. - større pH-område enn ved Al-felling. 3. <u>Ca</u>: - pH i avløpsvann betyr aller mest - inngående konsentrasjoner betyr mindre enn ved Al og Fe. - Doserer over en terskel dvs. pH > 11,5. 	<p>I <u>Lagring</u>: Silo (tørrdosering) el. lagringstank (våt dosering) - ønskelig med nivåregistrering, dvs. (ev.) alarm når påfyll er nødvendig.</p> <p>NB! Ved tørrdos. er det nødvendig med autom. oppløsning av kjemikalier.</p> <p>II <u>Dosering</u>: (som f.eks. med Al)</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Fast dos. pr. tidsenhet, m/tid-ur, uansett vannføring og andre ting. b) Dos. proporsjonalt med vannføring - en fast konsentrasjon av Al i vannet. c) Dos. avhengig av variasjon i forurensningsmengde. d) Dos. regulert i forhold til pH i flokkulering. e) Dos. regulert etter kvalitet på utgående vann. f) Dos. en tidsstyrt, fast mengde, som varierer etter erfaringsmessige variasjoner i f.eks. fosforkonsentrasjon. g) Dos. på grunnlag av zetapotensial. h) Dos. regulert etter en eller flere av ovennevnte pkt. (a-g). 	<p>Viktig med sikker lagring og registrering av nivå for påfyll.</p> <p>Enkelt, fins utstyr som automatiserer denne operasjon (Sandvika).</p> <p>Enkelt, men tar ikke prosessmessige hensyn.</p> <p>Vanligste metode, en trenger da: Giver, transmitter, nett- og lineariseringseenhet, prop. regulator, skriver (ev.), sum. instrum.</p> <p>Mer avansert, trenger i tillegg sensor (konsentrasjonsmåler - f.eks. for fosfor) som ikke er godt utviklet ennå.</p> <p>Trenger pH-elektrode (selvrenset) som trenger noe videre utvikling.</p> <p>Sensor for kvalitet er ikke godt utviklet pr. i dag.</p> <p>Enkelt, og er blitt gjort, men er ikke så bra, da variasjonene lett forandrer seg med hensyn til tid på døgnnet fra dag til dag.</p> <p>Så vidt vi vet ikke prøvet på avløpsvann (prøvet i USA?).</p>

Operasjonen	Beskrivelse	Muligheter	Fordeler - ulemper - kommentar
pH-registrering (i flokkulering)	<p>pH er av stor betydning ved alle fellingsprosesser. Registrering av pH i flokkuleringsbassenget er viktig for optimal dosering (feedback).</p> <p>Enten gjøres dette manuelt (v/små anlegg) el. automatisk er installert.</p>	<p>I <u>Manuell pH-måling</u> (transportabelt pH-meter)</p> <p>II <u>Automatisk pH-måling</u></p> <p>a) <u>Autom. pH-måler</u> og registrering</p> <p>b) <u>Autom. pH-måler</u>, registrering og styring.</p> <p>Utstyr: pH-måler (giver pH-forsterker elektron.regulator skriver).</p>	<p>Arbeidet tar tid, og som oftest har en liten kontroll med prosessen.</p> <p>Enkelt, men arbeid med å justere dosering etc.</p> <p>Ønskelig, og kan utføres uten altfor store problemer i dag. Kostnadsbesparelser! (Vedlikehold er dog nødvendig). Regulerer doseringen.</p>
Tilløp og utjevning	<p>Styring og kontroll med tilløp ved bruk av utjevningssystemer etc. vil ofte medføre bedre effektivitet, større pålitelighet og kontroll. De fleste avløpsanlegg i dag behandler avløpsvann som har store variasjoner både i mengde og sammensetning. En ønsker å oppnå en konstant vannføring etc., og det gjelder</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) under tørrvær 2) under regnvær, avrenning fra separate systemer 3) under regnvær, avrenning fra kombinerte systemer. <p>Spesielt utjevning i tørrværsavrenningen (1) kan utnyttes ved avløpsanlegg.</p>	<p>I <u>Pumping</u></p> <p>a) Ved bruk av flere pumper med forskjellig kapasitet slik at en øker vannføringen i trappe-trinn (reducerer på samme måte) og styring av pumpene ut fra nivå i sump etc.</p> <p>b) Turtallsregulerte pumper (høyere engangskostnader).</p> <p>c) Anvendelse av snekkepumpe.</p>	<p>Enkelt, brukes av flere konsulenter i dag, men fremdeles variasjoner i vannføringen, (ev.) styring av tilslag og fraslager av pumpene er her viktig.</p> <p>Hastighetsstyring av pumper skjer vanligvis ved hjelp av trinnvis eller trinnløs styrbar motor.</p> <p>Snekkepumpen gir kontinuerlig vannføring. Den er hydraulisk selvregulerende og skal operere kontinuerlig (dvs. ingen automatikk kreves).</p> <p>Snekkepumpen har høy virkningsgrad og den er driftssikker - dvs. lave drifts- og vedlikeholdskostnader. Ulempene er begrenset løftehøyde, større byggevolum og høy investeringskostnad.</p>

Utjevning i de andre tilfeller er svært vanskelig. Også ved pumping inn på anlegget kan styring med henblikk på utjevning være viktig. Utjevning vil kunne gi bedre og jevnere renseresultat. Det kan også medføre enklere instrumentering og styring senere i prosessen, f.eks. ved dosering.

II Utjevningsbasseng

a) "in-line equalization":

f.eks. etter rister og ev. sandfang, når pumpestasjon kommer etter.

b) "side-line equalization":

Overløp plassert etter de første enheter (rist, sandfang) eller foran disse, som sender vann til equaliz. og (ev.) pumpes her tilbake til prosessene.

Et utjevn.basseng kan være delt opp i flere deler, - "in-line equalization" er også enkelt, men en vil trenge utstyr til regulering av nivåer etc. Lufting i bassengene kan bli aktuelt.

Må styre overløp, og kontrollere pumringen tilbake til prosessene.

NB! Ved kjemisk felling vil "in-line equaliz." bety mye for å lette kontrollen med dosering etc.

Således kan det også være med på å redusere kostnadene for dyre, komplekse instrumenter osv.

Styring og overvåking kommer inn som et svært viktig ledd ved utjevning.

Er dette for kostbart ved små anlegg med store varisjoner?

Overløp

Ved dimensjonering av et avløpsanlegg ledes vann til overløp når hydraulisk belastning overstiger f.eks. 2 Qdim. Dette skjer fordi renseanleggets rensegrad er avhengig av belastningen. En optimalisering av de mengder som ledes gjennom renseanlegg, resp. i overløp, vil kunne gi økt total rensegrad, men vil trolig kreve omfattende innstyrings- og regulerings tiltak.

Tiltak for å redusere vann i overløp (urensset vann):

a) Utjevningsbasseng.

b) Regulering av overløpet; en må da slippe ut urensset vann til resipient ved for høye belastninger.

c) Regulere slik at en del av avløpsvannet ledes forbi en del av anlegget til neste trinn (f.eks. forbi biologisk til kjemisk trinn).

(Som ovenfor.)

Kan være fordelaktig for å oppnå en optimalisering (se beskrivelse), men vil kreve omfattende styring og reguleringsutstyr.

Enkelt å utføre, men stort sett ikke ønskelig.

Der resipienten er god, kan slike ting komme på tale. Bør benyttes bare til nødløsninger.

C. EKSEMPEL - STYRINGSBEHOV OG MULIGHETER

Korte "streiftog" i litteraturen har styrket troen på det man antok på forhånd, nemlig at de fleste har studert instrumentering og automatisering (regulering) i forbindelse med biologiske renseanlegg. Dette av forskjellige grunner, som f.eks. at man har flest anlegg av denne typen, eller at den biologiske prosessen(e) er vanskeligere å prosessregulere og styre manuelt (f.eks. regulering av oksygentilførsler etc.), og at ønske om automatikk er større her.

I USA og England har man forsøksanlegg (pilot plants) i gang på den fysisk-kjemiske siden også, hvor kjemisk felling inngår, eller som de kaller det; "Physical-Chemical Wastewater Treatment".

En del resultater ventes å bli presentert på IAWPR-konferansen i London neste år (mai 1977), og det ventes her en del resultater fra forsøksanlegg og reelle anlegg som har vært i drift de siste par årene.

Danmark og Sverige er i gang med instrumentering og styring på biologiske forsøksanlegg i København og Stockholm. I 1973-74 startet de nemlig opp med studiereiser til USA, og siden har forprosjekter blitt utarbeidet og konkrete forsøk startet opp. Fra et samarbeid innen NORDFORSK kan vi få nyttige impulser og lærdom fra våre naboland når det gjelder biologiske anlegg, inklusive slambehandling.

Av spesiell interesse er de forsøk som er utført av EPA, Cincinnati-laboratoriet, ved laboratoriets pilot-anlegg i Blue Plains, Washington D.C., USA. Man har her studert forskjellige styringsopplegg i forbindelse med kjemikalidoserings med kalk (Ca). Videre har de gjort forsøk for å bevise de kostnadsbesparelser man vil oppnå ved instrumentering og automatisering (regulering) kontra "no control" (dvs. doserer bare for å møte maks. nødvendig dose) av dosering med aluminium og jern. Disse forsøk er beskrevet nedenfor i pkt. 1 og 2.

1. Styring av kjemikaliedosering med kalk (Ca) - forsøk utført ved pilot-anlegg i Blue Plains,

Washington D.C. (Convery, J.J., Roesler, J.F., and Wise, R.H.: "Automation & Control of Physical-Chemical Treatment for Municipal Wastewater", in: "Applications of New Concepts of Physical-Chemical Wastewater Treatment, IAWPR, Sept. 18-22, 1972 (London).")

Styringsmuligheter	Fordeler - ulemper	Kommentarer
Kalk: a) "conductivity ratio" måler lednings- evne i flokkulering og i tilløp, forholdet bestemmes, og dette gir opphav til kon- trollsignalet til styre-enheten som endrer doseringen etc.	Det minst nøyaktige system, men det vil være bra som back-up system. Krever lite vedlikehold.	Semi-autom. kontroll, dvs. justert av driftsoperatør ved avvik.
b) "flow proportional", måler vannmengden inn, og når denne forandres overføres et signal til doseringsapp. etc.	Sensitivt mot forandring i kalk-slurry- konsentrasjon og er selvfølgelig mest avhengig av nøyaktigheten til vann- føringsmåler.	Semi-automatisk kontroll.
c) "pH + flow proportional", pH måles i flokkulering, og gir opphav til et signal som justerer signalet fra vannmengde- målingen.	Det beste styringssystem, men problemer med elektroderensning (clogged after 7 days), virket bra med hyppig elektroderensning.	Hel-autom. kontroll, men elektroderensning ble utført hver 2. dag.
d) "Alkalinity + flow proportional", en prøve pumpes fra sedimenterings- bassenget (clarified zone) og føres gjennom et porøst steinfilter til en "autom. titrator". Alk.-signalet over- føres og justerer signalet fra vann- føringsmålingen.	God kontroll med hensyn på alkalitet, men systemet feilet ofte (filter clogging!). Vedlikehold - unødvendig oppholdstid med- førte store svingninger i utgående kvalitet.	Hel-autom. kontroll, men med "response time" på 2 timer og "filter clogging" er dette system ikke ansett så bruk- bart som c).

2. Alum (og jern) - forsøk for å bevise kostnadsbesparelser

Styringsmuligheter	Fordeler - ulemper	Annual cost (\$1000/yr)	Savings/yr (\$1000)
Alum (og jern):			
a) Ingen kontroll, doserer bare for å møte maks. nødvendig dose.	Ulemper er at for mye kjemikalier går med.	156	0
b) Kontroll av driftsoperatør, periodisk justering av operatøren, dvs. doserer bare etter tidligere viten om P-konsentrasjonsforandringer.	Optimale forhold kommer ikke fram, fremdeles store variasjoner i brukt og nødvendig mengde kjemikalie.	127	24
c) "Flow-proportional" kontroll, vannføringmåling styrer dos. (+ trenger transmitter og styre-enhet).	Noe mer instrumenter er nødvendig, men innsparing på kjemikaliekostnader.	121	30
d) "Mass-proportional" kontroll, trenger analytisk giver, signalomformer (tyristor?) og transmitter.	En god analytisk giver er ikke utviklet ennå (og også forholdsvis dyr).	81	40,5 ^x

x) Kostnadene inkluderer ikke besparelsene i slambehandling ved redusert mengde slam.

Vedlegg 2

VEDLEGG 2

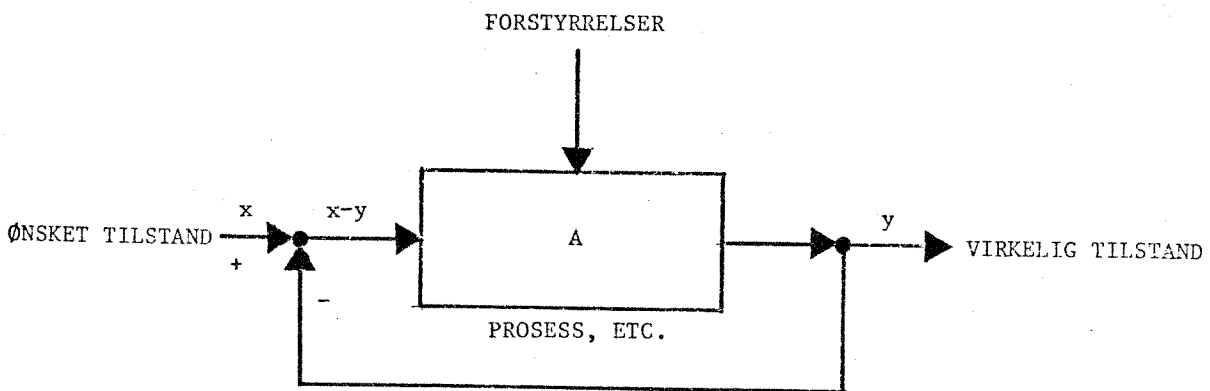
Hovedproblemer ved automatisk regulering av kjemiske kloakkrenseanlegg

Man har her forsøkt å kommentere de forskjellige reguleringstekniske problemer generelt, og dessuten med henblikk på kjemiske renseanlegg. Videre har man gitt et eksempel på nåværende praksis ved mindre (små) kloakkrenseanlegg her til lands. (Dette fra besøk på noen anlegg i Bærum kommune og Østfold fylke.)

HOVEDPROBLEMER VED AUTOMATISK REGULERING AV KJEMISKE RENSEANLEGG

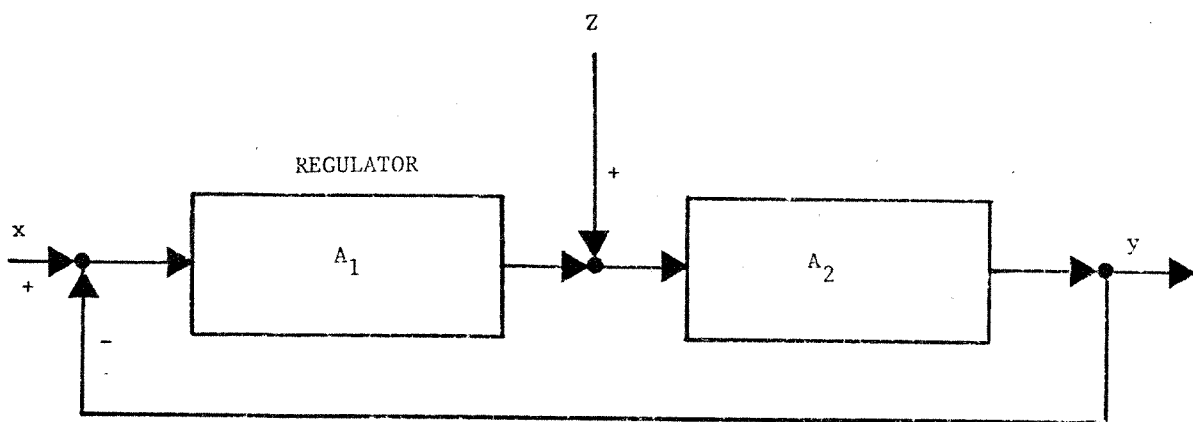
GENERELT

Hovedprinsippet ved enhver automatisk regulering er at man måler resultatet, sammenligner dette med det ønskede resultat og lar forskjellen påvirke prosessen. Den klassiske reguleringsløyfen er gjengitt i figur 4.



Figur 4. Den klassiske reguleringsløyfen.

Blokken "A" omfatter her såvel den virkelige prosessen (f.eks. flokkuleringstanken), som måleinstrumentet, regulatoren og doseringsanordningen. Reguleringen skal gjøre resultatet uavhengig av de ukontrollerbare forstyrrelsene, som kan komme inn på flere forskjellige steder i prosessen. For illustrasjonens skyld, kan vi anta at forstyrrelsene adderer seg til prosessen like etter regulatoren, se figur 5.



Figur 5. Reguleringsløyfe med forstyrrelser.

Tilstanden y vil nå være gitt av følgende ligning:

$$y = A_2(Z + (X-Y) A_1)$$

dvs.

$$y = \frac{A_1 A_2}{1+A_1 A_2} X + \frac{A_2}{1+A_1 A_2} Z$$

Hvis nå $A_1 A_2$ er mye større enn 1, får vi:

$$y = X + \frac{1}{A_1} Z$$

Vi ser her at reguleringen reduserer forstyrrelsene. Jo større A_1 er, desto mindre vil resultatet være påvirket av forstyrrelsene. Disse betraktningene gjelder uansett hvordan den praktiske realiseringen skjer, med konvensjonelle regulatorer eller med mikrodatamaskiner.

Teorien for analyse og syntese av reguleringstekniske systemer er for nærværende formål meget vel utviklet, som foran nevnt.

PROBLEMER VED REGULERING AV KJEMISKE RENSEANLEGG

Hvis man så vender seg mot det praktiske problem å regulere kjemikaliedoseringen i et renseanlegg, melder det seg i første rekke 4 spørsmål:

1. Hvilke kriterier skal det styres etter?
2. Fins det egnede måleinstrumenter for formålet?
3. Hvordan arter forstyrrelsen seg?
4. Er selve prosessen kjent i den forstand at man ut fra en gitt måling vet hva slags korreksjon som kreves, og det tidsmessige forløp av virkningen som en slik korreksjon har på prosessen?

Med hensyn til siste punkt så er flere grunnmekanismer aktive, se figur 6. For felling med jern og aluminium er mekanisme nr. 1 og 2 aktive. Området for disse er vist i figur 7.

Det er ikke hensikten å gå nærmere inn på dette her, men det kan konstateres at selv likevekstforholdene (de statiske) er ganske kompliserte.

TYPE FELLINGSMEKANISME	BILDE AV SKJEMATISK FLOKKULERINGSPROSSESSEN	GRAD AV DESTABILISERING α MOT KJEMIKALIEDOSERING	ELECTROPHORETIC MOBILITY (CHARGE) MOT KJEMIKALIEDOSERING	NOVENDIG DOSERING FOR α OPTIMUM MOT KOLLOIDAL OVERFLATE KONSENTRASJON	BETYDNING I VANN- OG AVLØPS- VANN BEHNDLING
1 ADSORPSJON	$nAl^{3+} + m(OH)^+$ 			DIREKTE PROPOSJONAL	VIKTIG NÅR PAR- TIKKELOVERFLATE- KONS. ER MØJERAT HØY. Al(III) ELLER Fe(III) I KONS- OMRÅDET. 10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁴ M/l pH 6-8.
2 BRØYGGING				DIREKTE PROPOSJONAL	VIKTIG FOR NEG. POLYELEKTROLYTTER SOM ANVENDES I VANN- OG AVLØPS- BEH. VIKTIG VED AKTIVSLAM FLOK- KULERING. ANIONISKE POLY- ELEKTROLYTTER.
3 FYSISK OMSLUTNING AV METALHYDROKSYD PARTIKKLENE	$nAl^{3+} + 3n(OH)^+$ 			UAVHENGIG	VIKTIG NÅR Al. (III) ELLER Fe (III) DOSERING ER HØY. 10 ⁻³ M/l pH 6-8 OG VED KALK- FELLING.
4 DOBBELT-LAGS TEORIEN	nNa^+ 			OMVENDT PROPOSJONALT FORHOLD	ANTATT IKKE Å VÆRE AV BE- TYDNING VED DE PH VERDIER SOM ANVENDES I VANNRENSING. IKKE HYDROLYSER- ENDE SALT SOM NaCl.

Fig. 6. Skjematisk oversikt over fellingsmekanismene (etter Jordan 1968). - (5).

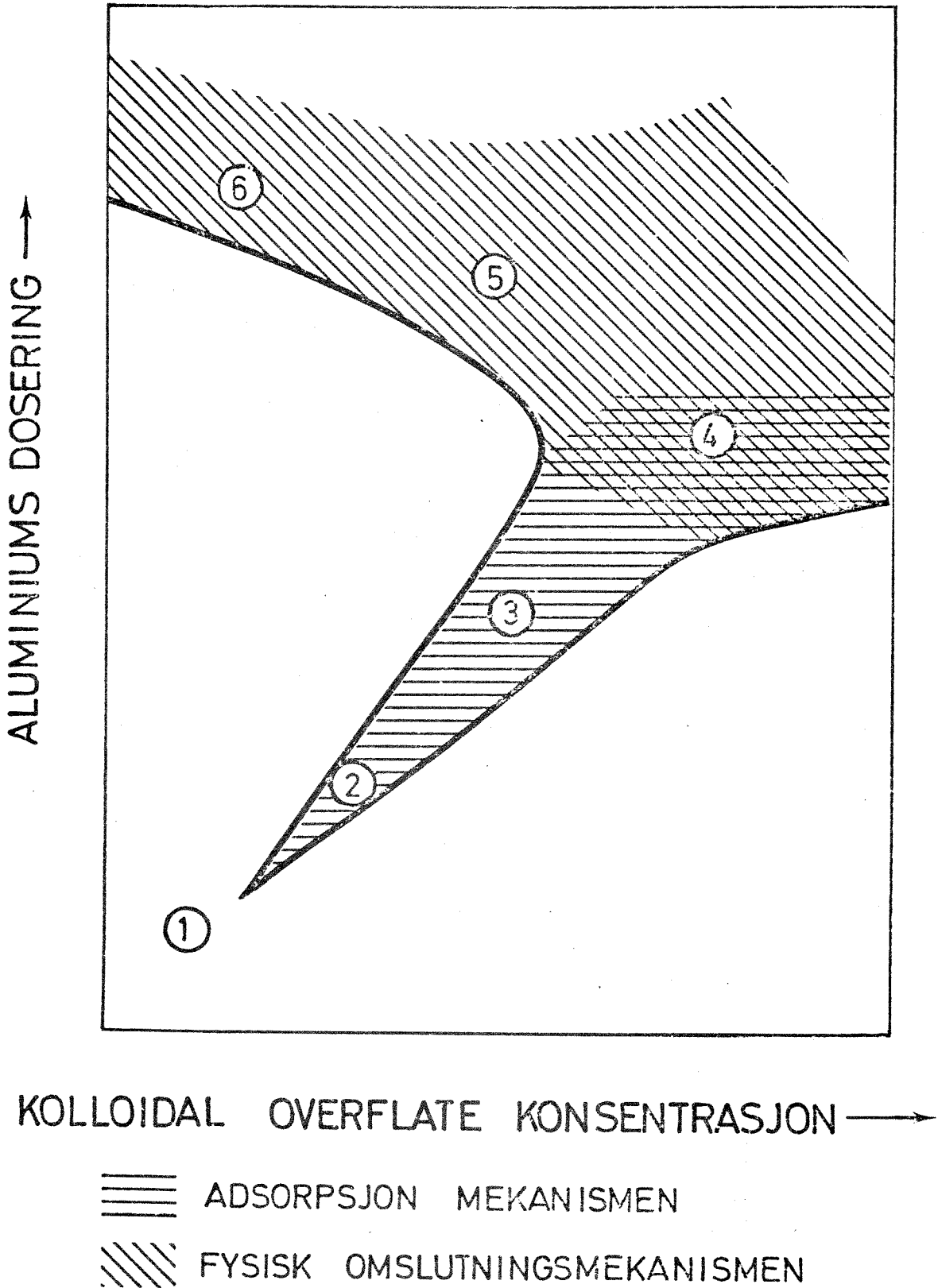


Fig. 7. Skjematisk oversikt over områder hvor fellingsmekanismene for Al (III) og Fe (III) er dominerende (etter Stumm og O'melia 1968), - (5).

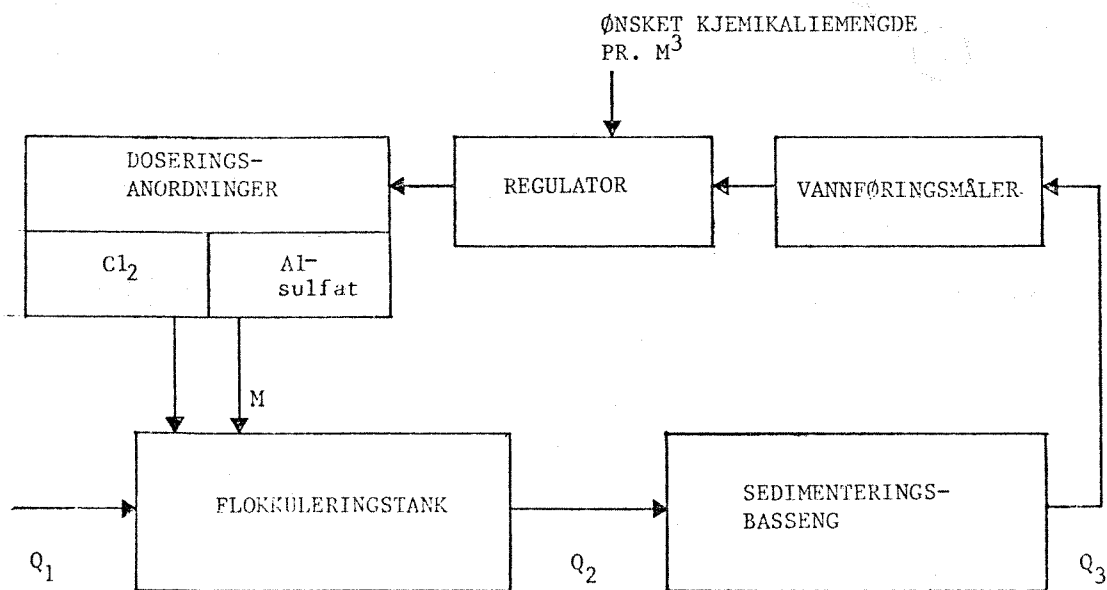
Det synes som om ideell regulering både vil kreve flere forskjellige målinger og en relativ komplisert kontrollstrategi. Dertil kommer de dynamiske forhold: Hvor hurtig skjer reaksjonene? Er prosessene irreversible slik at de lokale blandingsforhold til enhver tid må være korrekte og at transportforsinkelser og tidskonstanter for blandingen derved blir kritiske?

Med hensyn til pkt. 3 er det generelle inntrykk at man ikke har kartlagt forstyrrelsene særlig godt.

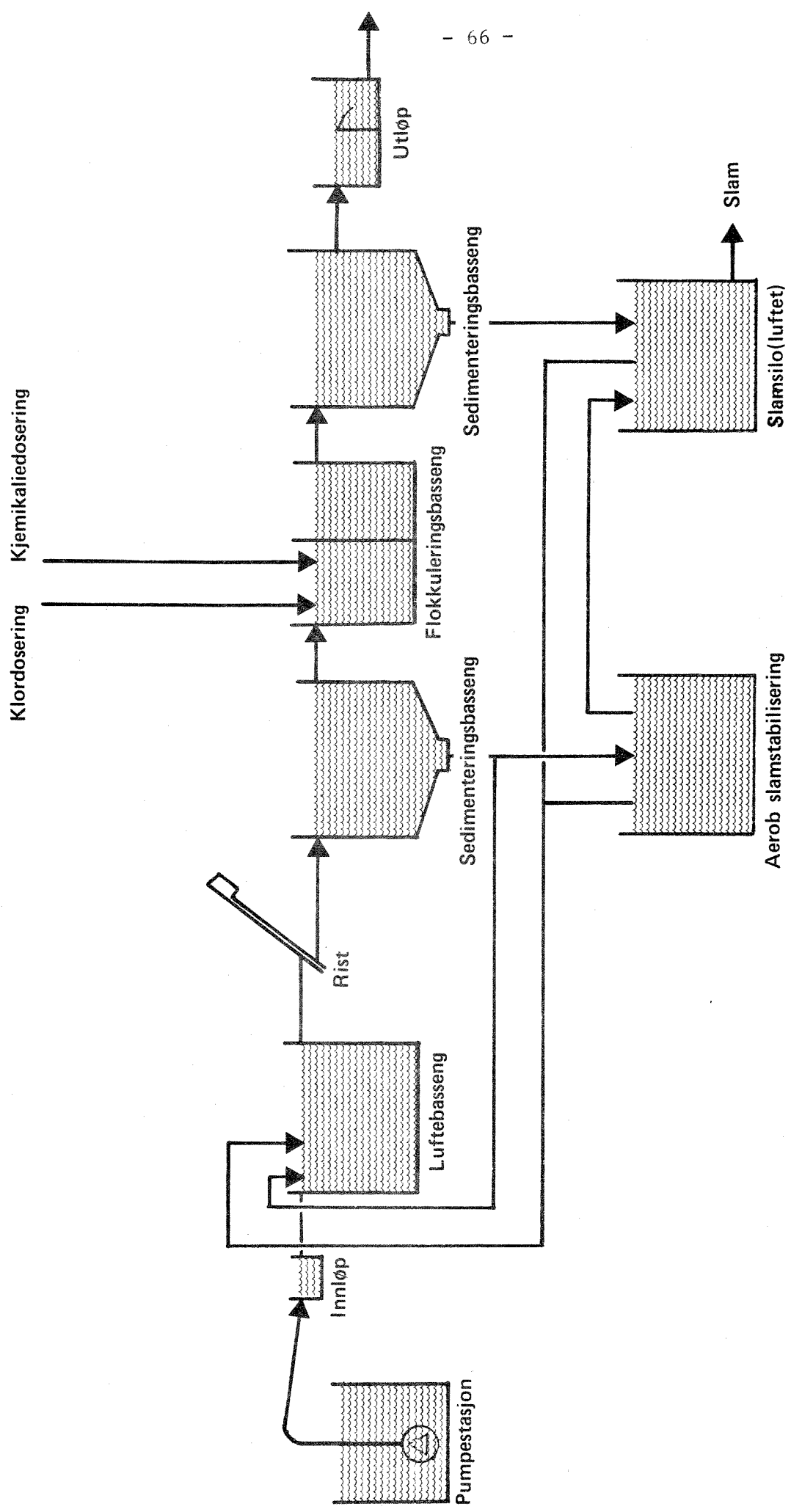
En konsekvens av uklarheten på punkt 3 og 4, er at man heller ikke har et godt svar på spørsmål 1. Med hensyn til pkt. 2 så synes det uten videre klart at man er dårlig utstyrt med rimelige driftssikre instrumenter.

NÅVÆRENDE PRAKSIS VED DE MINDRE OG SMÅ ANLEGG

Som supplement til foregående avsnitt (problemer ved regulering av kjemiske renseanlegg) skal vi se nærmere på en del av Østerbo-anlegget, nemlig kjemikalidoseringen. I figur 8 er flyteskjemaet for kjemikaliedoseringen gjengitt. (Flyteskjema for Østerbo-anlegget er vist i figur 9.)



Figur 8. Blokkskjematisk fremstilling av enheter i Østerbo-anlegget (se figur 9). Q er vannføring, M er kjemikalie-mengde pr. tidsenhet.



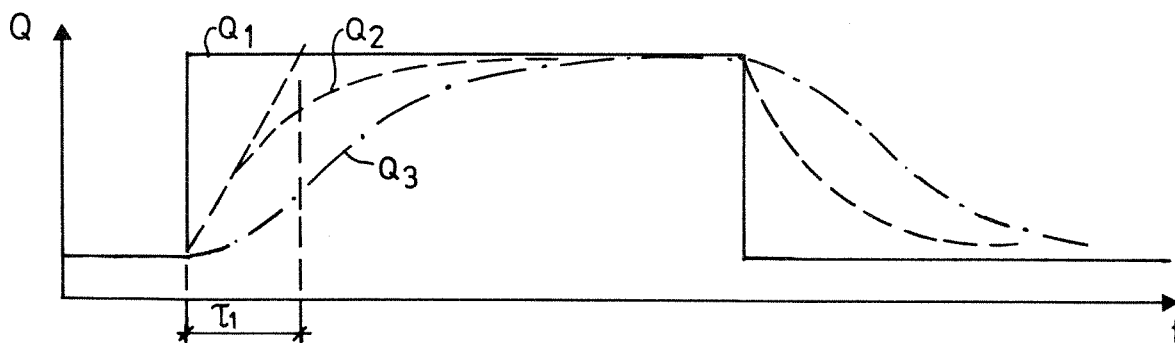
Figur 9. Høyteknjerna for østerbo kloakkrensianlegg i østfold (600 pe.).

Aluminiumsulfat og klor doseres i et fast forhold til vannføringen. Dette forhold kan også korrigeres periodisk etter manuelle prøver. En satsvis dosering av kalk til luftetanken er nødvendig fordi lave pH-verdier i vannet ut fra den biologiske enheten har skapt problemer ved etterfellingen (med aluminiumsulfat).

Østerboanlegget er ett av dem som etter NIVAs undersøkelser virker godt. Dette skyldes bl.a. påpasselig og dyktig betjening.

Prinsipielt er det flere bemerkninger man kan gjøre vedrørende automatiseringen.

- Kjemikaliedoseringen følger vannmengden, noe som forutsetter konstant konsentrasjon.
- Vannføringen måles ved utløpet av sedimenteringsbassenget mens doseringen foregår ved innløpet til flokkuleringstanken. Dette medfører at målingen blir noe "forsinket" i forhold til tilstanden på det sted doseringen skjer, fordi hvert basseng har en tidskonstant på anslagsvis 5 minutter hva inn- og utløps-hastighet angår, se figur 10.



Figur 10. Den tidsmessige forskjell i vannmengden på de tre målesteder angitt i figur 8. T er en tidskonstant av størrelsesorden 5 minutter.

Hvis variasjonene i vannmengde er raske (under en time), vil doseringen være ute av fase med behovet. En sak for seg er at doseringen i dette tilfelle skjer i en beholder med blandetidskonstant i størrelsesorden 1 time, slik at kjemikaliekonsentrasjonen målt ved utløpet vil være ganske jevn og korrekt. Men en rask regulering av kjemikaliedoseringen ut fra Q_3 er i beste fall hensiktsløs, i verste fall skadelig, nemlig hvis de aktuelle prosessene er irreverible.

I tilfelle en rask regulering skulle være nødvendig, måtte vannføringen måles på blandestedet, Q_1 , og sannsynligvis et hurtigblandekammer anordnes.

I konklusjonen er det klart nok at reguleringen av Østerbo-anlegget i prinsippet ikke er ideell. Til det ville kreves flere måleinstrumenter, modifikasjon av anlegget og en mer komplisert reguleringsstrategi. Nå er som nevnt innledningsvis, driftsresultatene fra dette anlegget gode. Kanskje er instrumenteringen og automatiseringen av Østerbo-anlegget nettopp den praktisk ideelle? Og det vil være et sentralt spørsmål i det videre arbeid hvilken kombinasjon av ressurser som vil være optimale å sette inn for å sikre tilfredsstillende drift av det store antall mindre rensesanlegg.