

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

0-9/74

PRA 2.6

BEHANDLING AV AVLØPSVANN FRA NÆRINGSMIDDELINDUSTRI

I KOMMUNALE RENSEANLEGG

Fellingsforsøk i laboratorieflokkulator (Jar-Test)

DEL 2

8. juli 1977

Saksbehandler : Lasse Berglind

Medarbeidere : Rolf Tore Arnesen

Peter Balmér

Instituttstjef : Kjell Baalsrud

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	5
1. SAMMENDRAG	6
2. INNLEDNING	6
3. METODIKK	7
3.1 Prøvetaking av avløpsvann	7
3.2 Utførelse av fellingsforsøk	7
4. FELLINGSFORSØK MED ULIKE TYPER AV FORTYNNET MELK OG MELKEPRODUKTER	8
4.1 Målsetting	8
4.1.2 Fellingsforsøk med helmelk	9
4.1.3 Fellingsforsøk med skummet melk	12
4.1.4 Fellingsforsøk med myse	12
4.1.5 Vurdering av fellingsforsøk med fortytninger av helmelk, skummet melk og myse med og uten innblanding av kloakk	17
4.2 Felling av meieriavløpsvann	17
4.2.1 Felling av meieriavløpsvann med varierende doser av fellingskjemikalier	17
4.2.2 Undersøkelse av pH-verdiens betydning ved felling av Al-sulfat og Fe-klorid	22
4.2.3 Forsøk med syrebehandling av meieriavløpsvann før felling	26
4.2.4 Forsøk med hjelpekoagulanter	27
5. BIOLOGISK/KJEMISK BEHANDLING AV AVLØPSVANN FRA NÆRINGSMIDDELINDUSTRI	28
5.1 Metodikk	28
5.2 Forsøk med biologisk/kjemisk behandling av avløpsvann fra næringsmiddelindustrien	30
5.2.1 Meieriavløpsvann	30
5.2.2 Slakteriavløpsvann	31
5.2.3 Konservesavløpsvann	39
6. DISKUSJON	39
LITTERATURHENVISNINGER	45

TABELLFORTEGNELSE

	Side
1. Felling av fortynnet helmelk (1:50) i blanding med kloakk	10
2. Fellingsforsøk med fortynnet skummet melk i blanding med kloakk	13
3. Fellingsforsøk med fortynnet myse i blanding med kloakk	14
4. Felling av meieriavløpsvann i blanding med kloakk med varierende kjemikaliedoser	18
5. Felling av meieriavløpsvann med Al-sulfat og Fe-klorid ved varierende pH	23
6a. Resultater av biologisk/kjemisk behandling av avløpsvann fra A/L Hedmarksmeieriet avd. Nes. Lav belastning ved biologisk forbehandling av meieriavløpsvannet	32
6b. Resultater av biologisk/kjemisk behandling av avløpsvann fra A/L Hedmarksmeieriet avd. Nes. Middels belastning ved biologisk forbehandling av meieriavløpsvannet	33
6c. Resultater av biologisk/kjemisk behandling av meieriavløpsvann fra A/L Hedmarksmeieriet avd. Nes. Høy belastning ved biologisk forbehandling av meieriavløpsvannet	34
7a. Resultater av biologisk/kjemisk behandling av avløpsvann fra K/S Oslo Kjøttcenter A/S's slakteri. Lav belastning ved bio- logisk forbehandling av slakteriavløpsvannet før felling	36
7b. Resultater av biologisk/kjemisk behandling av avløpsvann fra K/S Oslo Kjøttcenter A/S's slakteri. Middels belastning ved biologisk forbehandling av slakteriavløpsvannet	37
8a. Resultater av biologisk/kjemisk behandling av avløpsvann fra A/S Nora-Sunrose Konservesfabrikker, Brumunddal. Lav be- lastning ved biologisk behandling av avløpsvannet før felling	40
8b. Resultater av biologisk/kjemisk behandling av avløpsvann fra A/S Nora-Sunrose Konservesfabrikker, Brumunddal. Middels belastning ved biologisk behandling av avløpsvannet før felling	41

FIGURFORTEGNELSE

	Side
1. Felling av fortynnet helmelk i blanding med kloakk	11
2. Felling av fortynnet skummet melk i blanding med kloakk	15
3. Felling av fortynnet myse i blanding med kloakk	16
4a. Prosentvis reduksjon av KOF, tot P og ort P ved Al-sulfat-felling av meieriavløpsvann med og uten innblanding av kloakk	19
4b. Prosentvis reduksjon av KOF, tot P og ort P ved Fe-klorid-felling av meieriavløpsvann med og uten innblanding av kloakk	20
4c. Prosentvis reduksjon av KOF og tot P ved kalk-felling av meieriavløpsvann med og uten innblanding av kloakk	21
5a. Prosentvis reduksjon av KOF, tot P og ort P ved felling av meieriavløpsvann/kloakk med Al-sulfat ved varierende pH-verdier	24
5b. Prosentvis reduksjon av KOF, tot P og ort P ved felling av meieriavløpsvann/kloakk med Fe-klorid ved varierende pH-verdier	25
6. Reduksjon av KOF, tot P og ort P ved biologisk behandling og felling av meieriavløpsvann	35
7. Reduksjon av KOF, tot P og ort P ved biologisk behandling og felling av slakteriavløpsvann	38
8. Reduksjon av KOF, tot P og ort P ved biologisk behandling og felling av konservesavløpsvann	42

## FORORD

Denne rapport beskriver en videreføring av forsøkene med felling av avløpsvann fra næringsmiddelindustri i kommunale fellingsanlegg (PRA 2.6. "Behandling av avløpsvann fra næringsmiddelindustri i kommunale renseanlegg" Mai 1975). Disse forsøkene viste at det i de fleste tilfeller ble oppnådd dårlig renseeffekt ved behandling av slikt vann ved de betingelser som er normale i kommunale fellingsanlegg og klarla et behov for ytterligere forsøk for å finne fram til bedre rensemetodikk.

På bakgrunn av dette sendte NIVA i brev av 6.5.75 programforslag for videre undersøkelser til PRA-komiteén og søkte om kr 115 000,- til dette arbeid. I brev av 10.7.75 fra PRA-komiteén ble NIVA meddelt at Miljøverndepartementet hadde bevilget disse midler.

Det vil bli utarbeidet en brukerrapport basert på resultatene i denne rapport og i foregående rapport fra mai 1975.

Blindern 22. juni 1977

Lasse Berglind

## 1. SAMMENDRAG

Det er utført forsøk med meieriavløpsvann for å klarlegge hvorledes slikt avløpsvann best kan behandles i kommunale fellingsanlegg sammen med vanlig kloakk.

Forsøkene har vist at høyere doser av fellingskjemikalier enn det som er vanlig i kommunale anlegg, gir en tilfredsstillende totalfosforfjerning (ca. 95%) ved felling av meieriavløpsvann med og uten innblanding av kloakk. Reduksjonen av organisk stoff som kjemisk oksygenforbruk, KOF, var imidlertid dårlig (20-35%) selv med meget høye kjemikalietilsatser. Bruk av anionisk hjelpekoagulant øker reduksjonen av organisk stoff noe, men bedringen er likevel ikke av avgjørende karakter. Syrebehandling av avløpsvannet før felling hadde heller ingen effekt med hensyn til å øke reduksjonen av organisk stoff. At fjerningen av organisk stoff var dårlig, må bero på høyt innhold av oppløste stoffer.

Fellingsforsøk ved varierende pH-verdier viste at felling med Al-sulfat og Fe-klorid tilsynelatende gikk best ved de pH-områder som normalt brukes for kommunal kloakk.

Forsøk med å forbehandle meieriavløpsvannet biologisk i kontaktvalse før felling ga gunstig resultat idet det ble oppnådd en samlet renseeffekt på ca. 95% eller bedre for både organisk stoff og fosfor. Biologisk/kjemisk behandelig ga like god effekt med avløpsvann fra slakteri og konserverfabrikk. Det kan derfor oppnås en betydelig forbedring av renseeffekt i et kjemisk fellingsanlegg dersom avløpsvann fra næringsmiddelindustri gis en biologisk forbehandling.

## 2. INNLEDNING

I innledende forsøk er det forsøkt å klarlegge noe nærmere hvilke komponenter i avløpsvann fra næringsmiddelindustrien som gjør at felling går så dårlig ved betingelser som er vanlige i kommunale renseanlegg.

Hovedsiktemålet med forsøkene har imidlertid vært å klarlegge hvorledes betingelsene bør være forat avløpsvann fra næringsmiddelindustri best mulig skal kunne felles med tilfredsstillende resultat i kommunale fellingsanlegg i blanding med kommunal kloakk. Dette har vært gjort ved å variere fellingsbetingelsene og ved å forbehandle avløpsvannet med forskjellige metoder før felling.

### 3. METODIKK

#### 3.1 Prøvetaking av avløpsvann

Det kommunale kloakkvannet var som ved tidligere forsøk hentet på Skarpsno renseanlegg (inngående råkloakk, tatt etter maskinrenset rist).

Avløpsvannet fra bedriftene ble hentet dagen før forsøkene og lagret i kjølerom ved 3°C.

Meieriavløpsvannet var fra A/S Hedmarksmeieriet avd. Nes som produserer hvitost. Avløpsvannet er tatt ved inngangen til sedimenteringstanken over en 2 timers prøvetakingsperiode.

Slakteriavløpsvannet var hentet ved K.S. Oslo Kjøttcenter A/S slakteri etter sedimenteringstanken over en prøvetakingsperiode på 1 time. Slakteriet driver kun med slakting og viderebehandler ikke kjøttet.

Avløpsvannet fra konservesfabrikkasjon ble hentet ved A/S Nora Sunrose Konservesfabrikker i Brumunddal. Vannet er tatt i samlelum før avledning til kommunal kloakk over en 2 timers periode. Prøvetakingsdagen ble det fremstilt surkål og blåbærkompott.

#### 3.2 Utførelse av fellingsforsøk

Forsøkene er utført med vann som først ble ristet opp og deretter fikk sedimentere i 30 minutter. Etter sedimentering ble det nødvendige volum med vann tatt ut fra klarfasen med hevert. I det følgende vil kloakk bli benyttet om kommunalt kloakkvann og industriavløpsvann for avløpsvann fra bedriftene.

Fellingsforsøkene ble utført ved hjelp av laboratorieflokkulator av fabrikat Phipps and Bird, utstyrt med røreverk for 6 stk. 1-liters begerglass (Jar-Test). Før felling ble prøvene temperert til ca. 15°C for å unngå flotasjon av slam under sedimenteringen.

Hovedkoagulentene var Al-sulfat, Fe-klorid og kalk ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). Al-sulfatet var fra Lysaker kemiske Fabrik (Formel  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ , Al-innhold 9,1%). Fe-kloridet var fra Elektrokemiska Aktiebolaget (Formel  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , Fe-innhold 20,7%). Kalken var fra Hole Kalkverker. De to førstnevnte ble tilsatt som 10-prosents løsning, mens kalken ble veiet ut direkte til hver prøve og slemmet opp i litt vann før dosering. Hjelpekoagulantene som ble benyttet ble etter utveiling fuktet med litt metanol og deretter tilsatt vann og rystet kraftig. Etter oppløsning ble det fortynnet til 0,01% bruksløsning.

Innblandingen av kjemikalier ble utført ved 140 omdreininger pr. minutt i 3 minutter, deretter flokkulering i 27 minutter ved 12 omdreininger pr. minutt. I de tilfeller hvor hjelpekoagulant ble benyttet, ble denne tilsatt 30 sekunder etter hovedkoagulanten. Sedimenteringstiden var 30 min. og deretter ble det med hevert tatt ut 900 ml prøve av sedimentert vann for analyser. Nivået i begeret før og etter uttak av prøve var henholdsvis 15 og 1,5 cm.

#### 4. FELLINGSFORSØK MED ULIKE TYPER AV FORTYNNET MELK OG MELKEPRODUKTER

##### 4.1 Målsetting

Hensikten med disse forsøkene var å prøve å klarlegge hvilke komponenter i meieriavløpsvann som har negativ effekt ved felling med den kjemikaliedosering som er vanlig i kommunale anlegg. Det ble valgt å utføre disse forsøkene med melk og melkeprodukter, ettersom komponentsammensetningen synes vel kjent.



Gjennomsnittlig prosentvis sammensetning av melk og melkeprodukter som er benyttet i fellingsforsøkene er følgende:

(Nemerow 1963)

	Helmelk	Skummet melk	Myse
Totalt tørrstoffinnhold	12.5	8.2	7.2
Organisk tørrstoff	11.7	7.4	6.4
Aske	0.8	0.8	0.8
Protein (kasein)	3.8	3.9	0.8
Fett	3.5	0.1	0.4
Melkesukker	4.5	4.6	4.4

Ovennevnte forbindelser må antas å utgjøre hovedkomponentene i meieriavløpsvann som følge av spill og vask. Dessuten forekommer rester av alkaliske vaskemidler og andre kjemikalier som brukes til å fjerne melk og melkeprodukter. Disse forbindelsene har imidlertid neppe noen vesentlig innvirkning på utfallet av kjemisk felling.

#### 4.1.2 Fellingsforsøk med helmelk

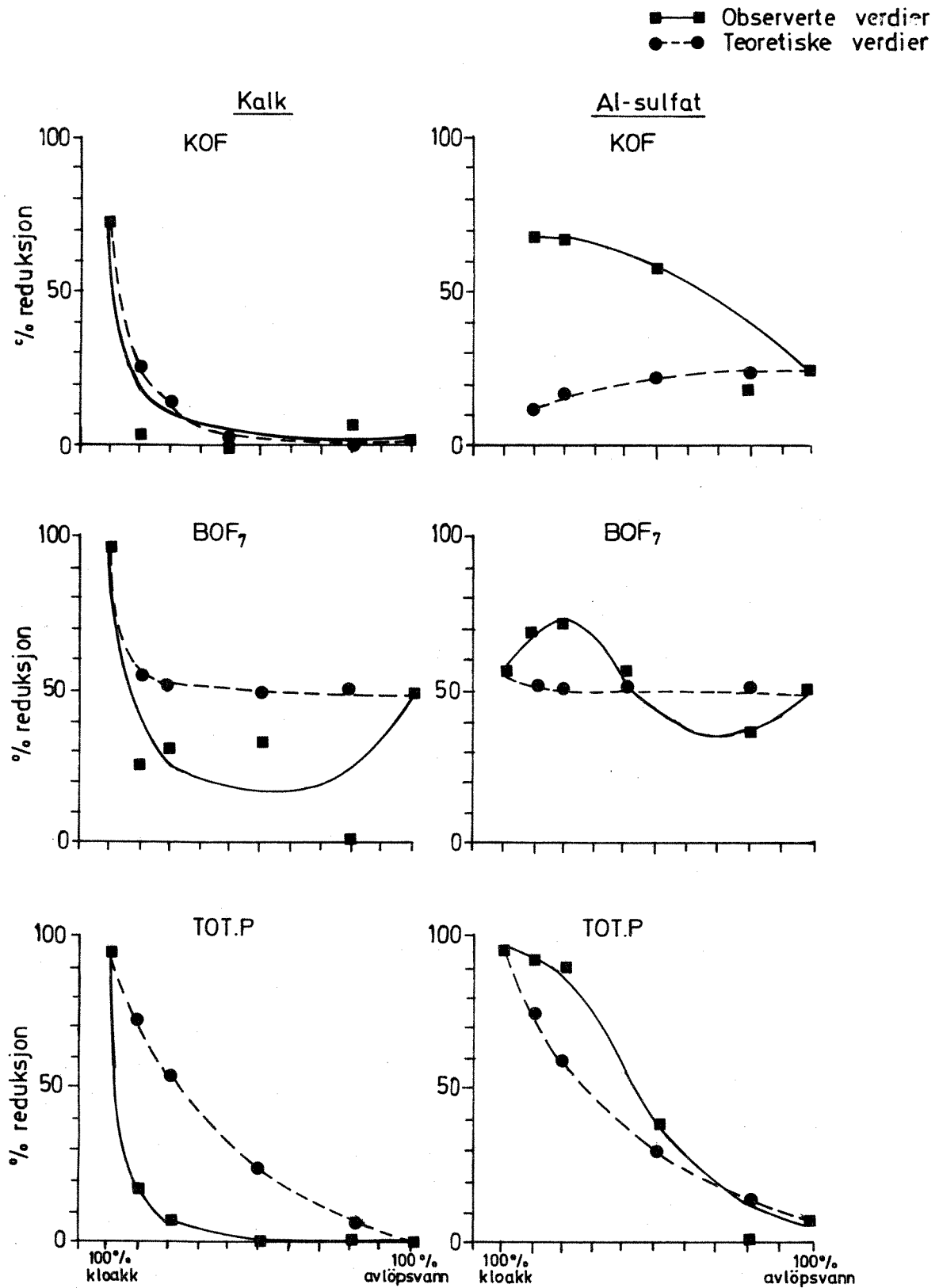
Helmelk er melk slik som den kommer til meieriet uten noen form for behandling, slik som separering, homogenisering, pasteurisering eller annen behandling, og de opprinnelige komponentene er i behold. Ved å gjøre fellingsforsøk med helmelk, skummet melk og myse er det forsøkt å klarlegge om reduksjonen av fett og protein har noen innflytelse på fellingen.

Helmelken ble fortynnet 1:50 for å gi et KOF-tall i samme størrelsesorden som i et meieriutslipp. Resultatene er oppført i tabell 1 og illustrert i fig. 1.

Tabell 1. Felling av fortynnet helmelk (1:50) i blanding med kloakk.

Prøve	Fellings- kjemikalie/dose	pH	KOF (Dikr.tall) mg O/1 % red.	Total fosfor mg P/1 % red.	BOF <sub>7</sub> mg O/1 % red.	Tørrstoff mg/l % red.
Kloakk (K)		7.15	207	5.5	112	74
Helmelk 1:50 (HM)		7.2	3272	16.0	2982	836
1000 ml K	Kalk	11.9	56	0.26	3	78
1000 ml HM	"	11.9	3345	16	1540	1043
900 ml K + 100 ml HM	"	11.9	500	5.5	300	340
800 ml K + 200 ml HM	"	11.9	855	7.1	476	282
500 ml K + 500 ml HM	"	11.9	1650	12	1052	1240
200 ml K + 800 ml HM	"	11.9	2715	15	2438	740
1000 ml K	Al-sulfat 150 mg/l	6.4	229	0.24	50	13
1000 ml HM	"	6.5	2510	15.0	1505	317
900 ml K + 100 ml HM	"	6.5	167	0.5	123	13
800 ml K + 200 ml HM	"	6.5	277	0.8	190	13
500 ml K + 500 ml HM	"	6.4	750	6.7	540	81
200 ml K + 800 ml HM	"	6.4	2215	14	1515	478
						82
						62
						91
						94
						82
						30

Fig. 1 Felling av fortynnet helmelk i blanding med kloakk.



Med kalkfelling var observert KOF-reduksjon omtrent som den teoretiske beregnet ut fra fellingsresultatene for kloakk og helmelk felt hver for seg. Reduksjonen av totalt fosfor var imidlertid lavere enn den teoretiske.

#### 4.1.3 Fellingsforsøk med skummet melk

Skummet melk inneholder 0,1% fett mot 3,5% i helmelk. Fjerningen av fett borttar også mindre mengder av fettløselige stoffer. På samme måte som ved helmelk ble skummet melken også fortynnet 1:50 før felling. Resultatene står oppført i tabell 2 og reduksjonene av KOF, tot. P og BOF<sub>7</sub> er illustrert i fig. 2 hvor også de teoretiske reduksjonene man skulle vente utfra felling av melk og kloakk hver for seg er vist.

Ved kalkfellingsforsøkene med skummet melk var reduksjonene av KOF og tot. P lave, og dette skyldes nok at pH var noe lav. Observerte og teoretiske KOF-reduksjoner var omtrent identiske, mens observerte tot. P-reduksjoner var lavere enn de teoretiske.

Ved felling med Al-sulfat var de observerte og teoretiske KOF-reduksjoner klart nærmere hverandre enn hva tilfellet var ved helmelk-fellingen, mens reduksjonene for tot. P's vedkommende var praktisk talt identiske med de som ble oppnådd med helmelk.

#### 4.1.4 Fellingsforsøk med myse

Myse er den væske som er tilbake etterat ostestoffene i melken er fjernet. Mysen ble fortynnet 1:25 før felling. Fellingsresultatene er ført opp i tabell 3 og illustrert i fig. 3.

Ved kalkfelling var KOF- og tot. P-reduksjonene lave antagelig på grunn av lav pH. De observerte og teoretiske reduksjonene var praktisk talt identiske for begge parametre.

Tabell 2. Fellingforsøk med fortynnet skummet melk i blanding med kloakk.

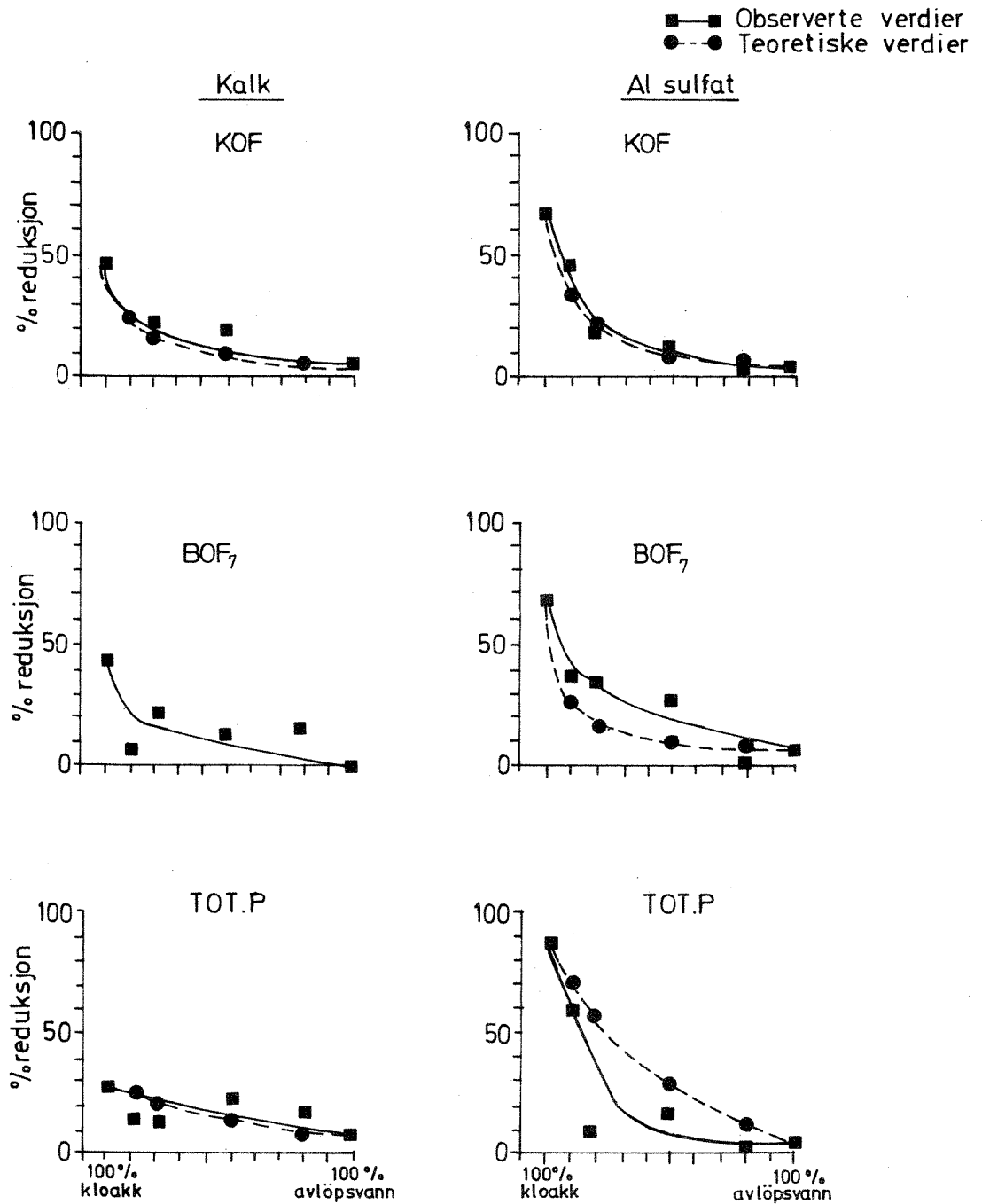
Prøve	Fellings- kjemikalie/dose	pH	KOF (Dikromattall) mg O/l % red.	Total fosfor mg P/l % red.	BOF <sub>7</sub> mg O/l % red.	Tørrstoff mg/l % red.
Kloakk (K)		7.11	234	5.7	74	117
Skummet melk 1:50 (SM)		7.21	2084	16.0	1105	33
1000 ml K	Kalk	10.96	130	3.9	55	87
1000 ml SM	"	11.34	2036	17.0	1348	170
900 ml K + 100 ml SM	"	11.13	343	6.3	252	120
800 ml K + 200 ml SM	"	11.17	536	7.9	372	154
500 ml K + 500 ml SM	"	11.31	1062	12.0	782	149
200 ml K + 800 ml SM	"	11.42	1574	16.0	1088	168
1000 ml K	Al-sulfat 150 mg/l	6.42	55	0.3	34	70
1000 ml SM	"	6.30	1608	15.0	1210	178
900 ml K + 100 ml SM	"	6.47	170	0.7	123	18
800 ml K + 200 ml SM	"	6.48	268	0.7	171	14
500 ml K + 500 ml SM	"	6.53	816	7.5	500	166
200 ml K + 800 ml SM	"	6.50	1514	13.0	1010	348

Tabell 3. Fellingsforsøk med fortynnet myse i blanding med kloakk.

Prøve	Fellings- kjemikalie/dose	pH	KOF (Dikromattall) mg O/1 % red.	Total fosfor mg P/1 % red.	Biol. oksygenforbruk mg O/1 % red.	Tørrstoff mg/1 % red.
Kloakk (K)		7.25	291	8	93	68
Myse 1:25 (M)		5.07	3272	21.0	2080	175
1000 ml K	Kalk 600 mg/1	11.4	155	5.8	53	129
1000 ml M	" 600 mg/1	11.5	3096	19.0	2472	194
900 ml K + 100 ml M	" 600 mg/1	11.4	445	7.8	271	146
800 ml K + 200 ml M	" 600 mg/1	11.5	696	9.1	384	182
500 ml K + 500 ml M	" 600 mg/1	11.5	1442	11.0	946	188
200 ml K + 800 ml M	" 600 mg/1		2540	15.0	1410	197
1000 ml K	Al-sulfat 150 mg/1	6.4	82	1.0	31	18
1000 ml M	" 150 mg/1	6.5	3168	20.0	1950	138
900 ml K + 100 ml M	" 150 mg/1	6.3	326	3.8	183	40
500 ml K + 200 ml M	" 150 mg/1	6.3	729	9.7	323	154
500 ml K + 500 ml M	" 150 mg/1	6.4	1572	12.0	790	113
200 ml K + 800 ml M	" 150 mg/1	6.4	2576	18.0	1850	164



Fig. 3 Felling av fortynnet myse i blanding med kloakk.





Ved Al-sulfat-felling var de observerte og teoretiske observasjonene omtrent identiske, mens de observerte tot. P-reduksjonene var lavere enn de teoretiske. Dette forhold var omvendt av det som var tilfelle ved fellingen av skummet melk.

#### 4.1.5 Vurdering av fellingsforsøk med fortynninger av helmelk, skummet melk og myse med og uten innblanding av kloakk

Det er vanskelig utfra fellingsresultatene å trekke noen sikre konklusjoner angående de enkelte melkekomponenters innvirkning på fellingsresultatene. Tar man utgangspunkt i Al-sulfat-fellingene, viser fig.1-3 at forskjellen mellom de observerte og teoretiske KOF-reduksjonene for helmelk er høyere enn hva tilfellet er for skummet melk og myse. Dette kan muligens tyde på at det er stoffer som virker hemmende på fellingsforløpet i helmelk, men som i bare noen grad forekommer i skummet melk og myse. Disse stoffene kan kanskje først og fremst være fett og/eller protein.

#### 4.2 Felling av meieriavløpsvann

Disse forsøkene er utført med meieriavløpsvann, kloakk og en blanding av disse to vanntyper i forholdet 1:1. Hovedkoagulantene var Al-sulfat, Fe-klorid og kalk. Virkningen av varierende kjemikaliedoser og fellings-pH er studert.

##### 4.2.1 Felling av meieriavløpsvann med varierende doser av fellingskjemikalier

Hensikten var å klarlegge om høyere kjemikaliedoser enn det som er vanlig i kommunale fellingsanlegg kan gi bedre felling. Med Al-sulfat er fellings-pH forsøkt holdt nær 6,0 og med Fe-klorid 5,0. Resultatene er ført opp i tabell 4 og illustrert i fig. 4a, b og c.

Fig. 4a og b viser at ved felling av meieriavløpsvann i doser som er vanlige i kommunale anlegg, det vil si ca. 150 mg pr. liter av henholdsvis Al-sulfat og Fe-klorid, oppnås bare 22-27% KOF-reduksjon.

Ved å øke dosen opp til 2000 mg/l oppnås det, som det vil ses

Tabell 4. Felling av meieriavløpsvann i blanding med kloakk med varierende kjemikaliedoser.

Prøve	Fellings- kjemikalie/dose		pH	KOF (Dikromattall)		Total fosfor		Ortofosfat		Suspensert stoff	
				mg O/l	% red.	mg P/l	% red.	mg P/l	% red.	mg/l	% red.
Kloakk (K)				208		6.3		4.2		156	
Meieriavløpsvann (MA)				2100		15.0		9.2		216	
1000 ml K	Kalk	600 mg/l	11.8	73	64.9	0.7	88.9	0.04	99.0	12	92.3
1000 ml MA	"	600 mg/l	11.9	1986	5.4	14.0	6.7	6.1	33.7	204	5.6
500 ml K + 500 ml MA	"	600 mg/l	11.9	1060	8.9	10.0	0.5	0.29	95.7	244	0.0
1000 ml K	"	1000 mg/l	12.2	72	65.4	0.6	90.5	0.017	99.6	5	96.8
1000 ml MA	"	1000 mg/l	12.2	2040	2.9	15.0	0.0	3.4	63.0	278	0.0
500 ml K + 500 ml MA	"	1000 mg/l	12.2	1010	12.5	9.1	14.6	0.29	95.7	192	0.0
1000 ml MA	"	2000 mg/l	12.5	2070	1.4	14.0	6.7	0.55	94.0	320	0.0
500 ml K + 500 ml MA	"	2000 mg/l	12.5	874	24.3	2.5	76.5	0.34	94.9	38	79.6
1000 ml MA	"	5000 mg/l	12.6	1340	36.2	0.8	94.7	0.54	94.1	232	0.0
500 ml K + 500 ml MA	"	5000 mg/l	12.7	805	30.2	1.3	87.8	0.29	95.7	32	82.8
1000 ml MA	"	10000 mg/l	12.7	1380	34.3	2.5	83.3	0.52	94.3	70	67.6
500 ml K + 500 ml MA	"	10000 mg/l	12.7	733	36.5	1.1	89.7	0.23	96.6	23	87.6
1000 ml K	Al-sulfat	150 mg/l	6.2	55	73.6	0.13	97.9	0.05	98.8	12	92.3
1000 ml MA	"	150 mg/l	6.0	1630	22.4	15.0	0.0	8.5	7.6	176	18.5
500 ml K + 500 ml MA	"	150 mg/l	6.3	768	33.4	10.0	6.1	2.6	61.2	208	0.0
1000 ml K	"	250 mg/l	6.3	73	64.9	0.9	85.7	0.04	99.0	10	93.6
1000 ml MA	"	250 mg/l	6.0	1610	23.3	10.0	33.3	5.2	43.5	108	50.0
500 ml K + 500 ml MA	"	250 mg/l	6.1	720	37.6	2.9	72.8	0.5	92.5	64	65.6
1000 ml MA	"	500 mg/l	5.9	1530	27.1	2.6	82.7	0.18	98.0	59	72.7
500 ml K + 500 ml MA	"	500 mg/l	6.1	404	65.0	1.0	90.6	0.02	99.7	35	81.2
1000 ml MA	"	1000 mg/l	6.1	1390	33.8	0.8	94.7	0.005	99.9	38	82.4
500 ml K + 500 ml MA	"	1000 mg/l	6.0	451	60.9	0.6	94.4	0.005	99.9	20	89.2
1000 ml MA	"	2000 mg/l	6.0	1620	22.8	0.7	95.3	0.007	99.9	62	71.3
500 ml K + 500 ml MA	"	2000 mg/l	6.1	424	63.3	1.0	90.6	0.012	99.8	73	60.8
500 ml K	Fe-klorid	150 mg/l	5.1	81	61.1	0.11	98.3	0.028	99.3	7	95.5
1000 ml MA	"	150 mg/l	5.0	1550	26.2	9.5	36.7	4.5	51.1	70	67.6
500 ml K + 500 ml MA	"	150 mg/l	4.9	957	9.4	10.0	6.1	1.4	79.1	216	0.0
1000 ml K	"	250 mg/l	4.8	41	80.3	0.21	96.7	0.018	99.6	2	98.7
1000 ml MA	"	250 mg/l	4.9	1540	26.7	3.2	78.7	0.55	94.0	71	67.1
500 ml K + 500 ml MA	"	250 mg/l	4.9	831	28.0	1.7	84.0	0.068	99.0	46	75.3
1000 ml MA	"	500 mg/l	5.0	1460	30.5	1.0	93.3	0.062	99.3	39	81.9
500 ml K + 500 ml MA	"	500 mg/l	5.2	378	15.3	0.5	95.3	0.009	99.9	20	89.2
1000 ml MA	"	1000 mg/l	5.1	2470	-	0.5	96.7	0.200	97.8	20	90.7
500 ml K + 500 ml MA	"	1000 mg/l	5.3	808	30.0	0.19	98.2	0.007	99.9	15	91.9
1000 ml MA	"	2000 mg/l	5.3	1790	14.8	0.28	98.1	0.003	99.9	23	89.4
500 ml K + 500 ml MA	"	2000 mg/l	5.2	776	32.8	0.32	97.0	0.003	99.9	29	84.4

Fig.4a Prosentvis reduksjon av KOF, tot P og ort P ved Al-sulfat-felling av meieriavløpsvann med og uten innblanding av kloakk

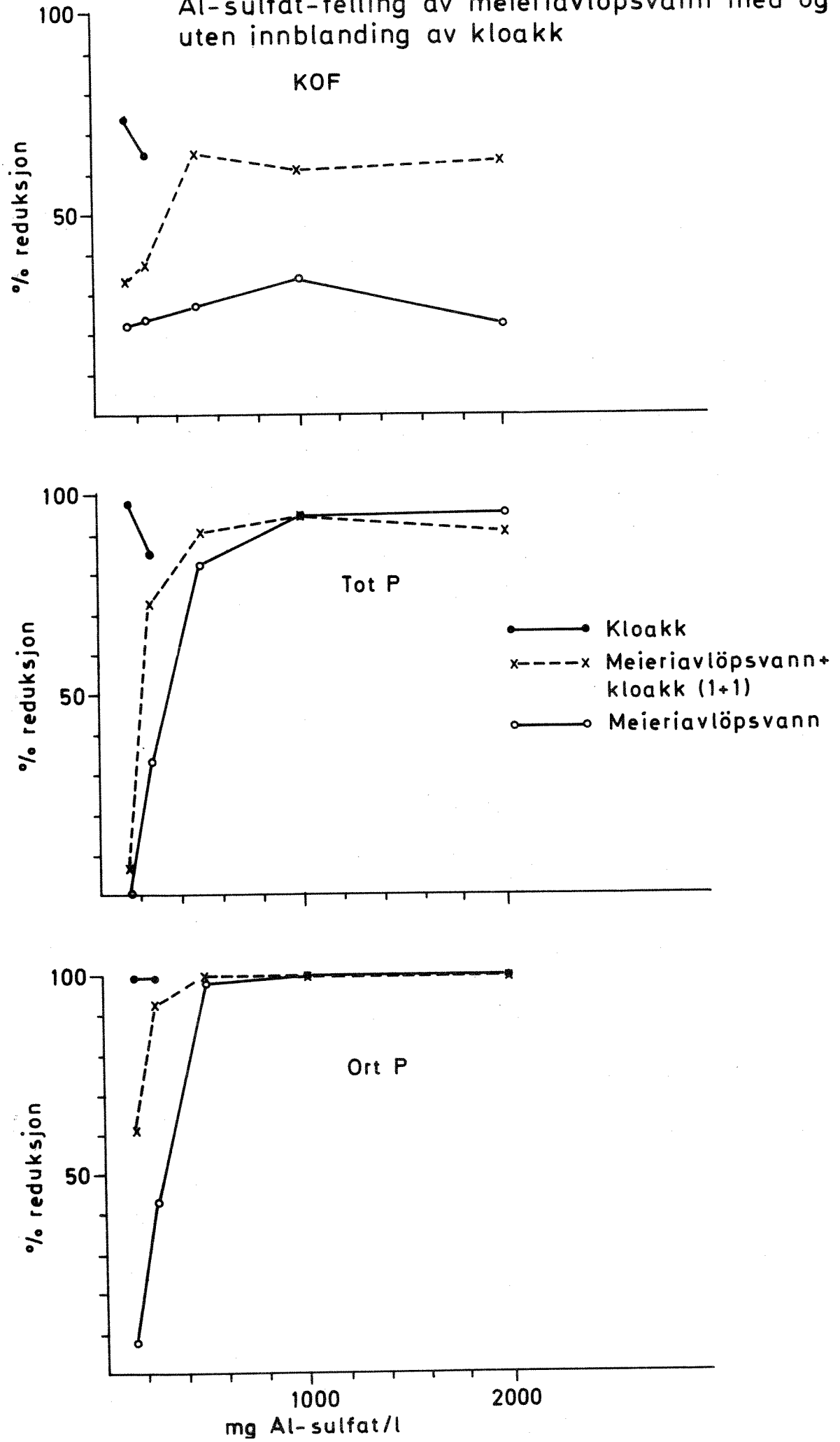


Fig. 4b Prosentvis reduksjon av KOF, tot P og ort P ved Fe-klorid-felling av meieriavløpsvann med og uten innblanding av kloakk

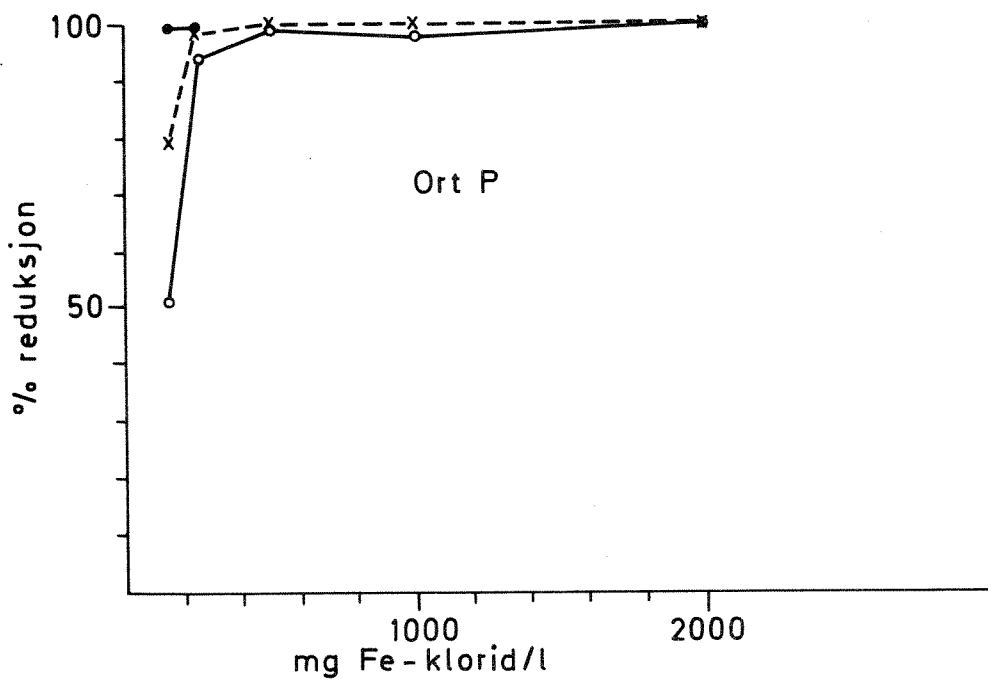
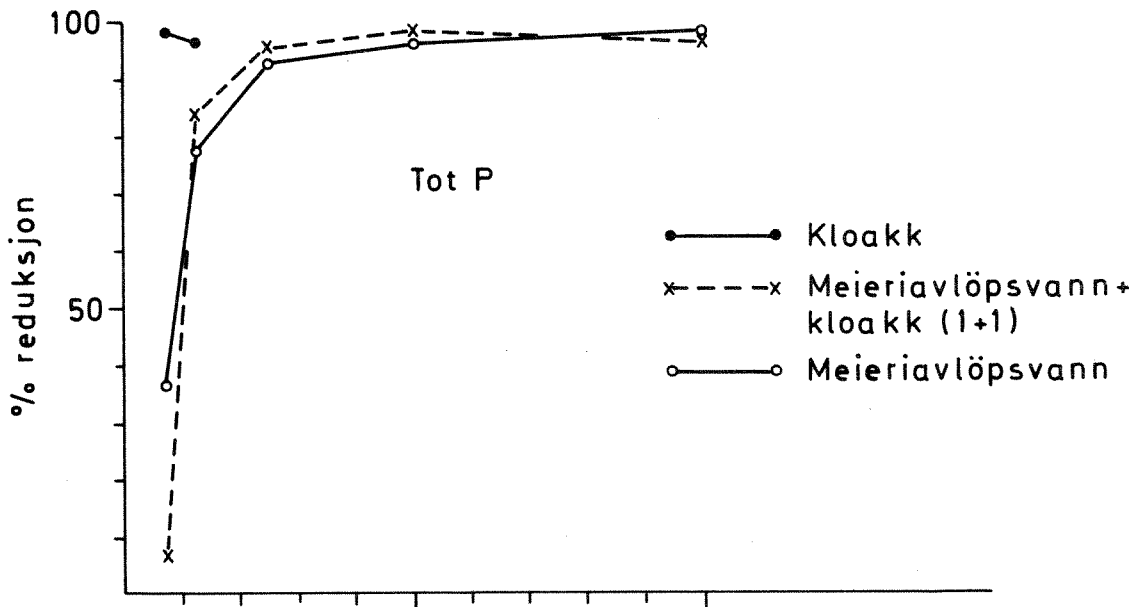
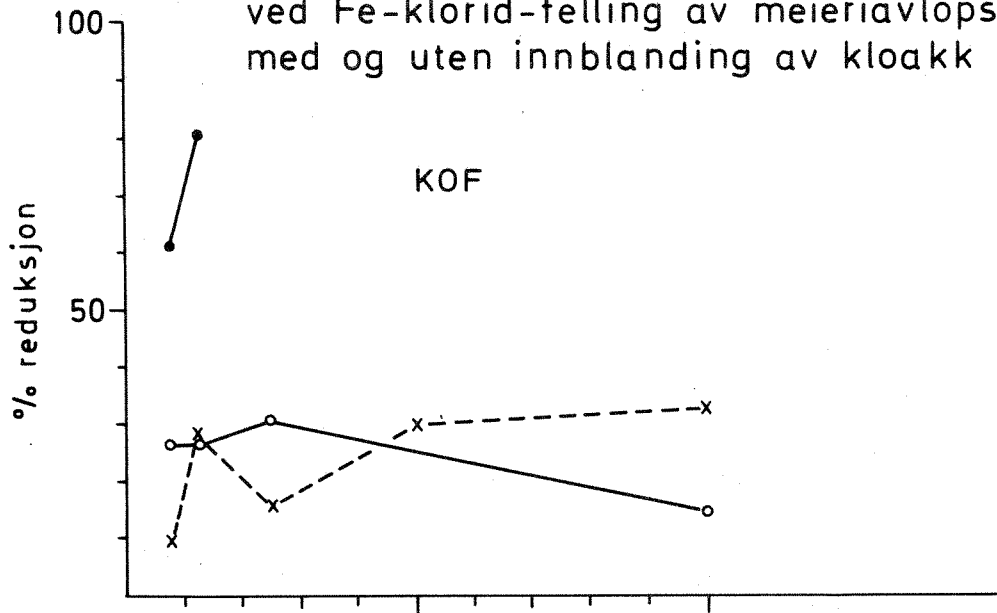
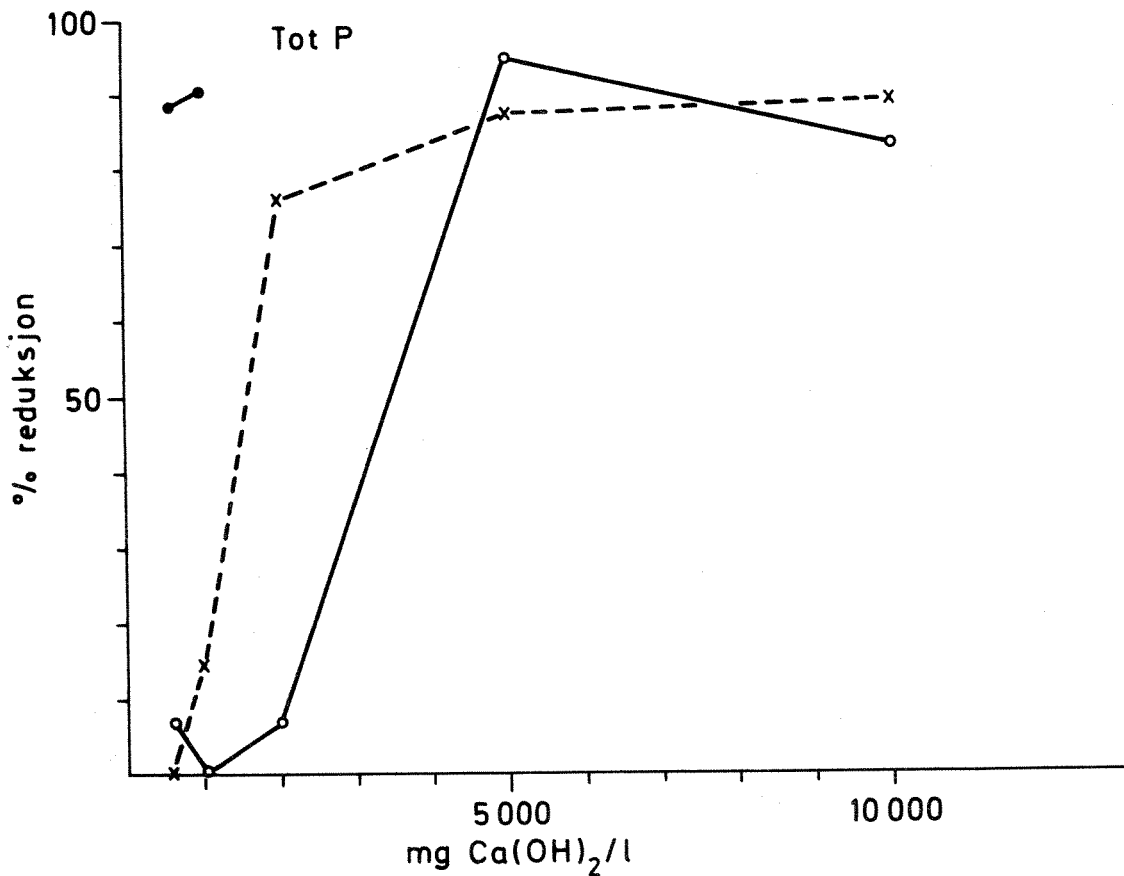
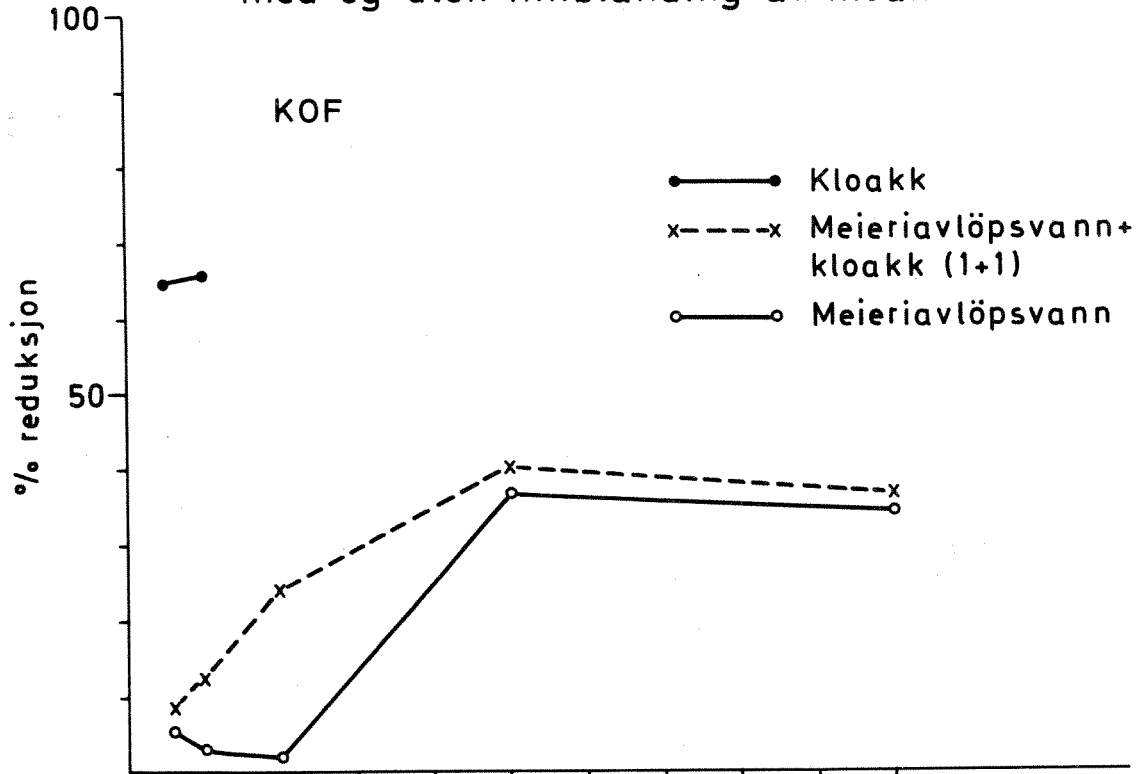


Fig.4c Prosentvis reduksjon av KOF og tot P ved kalk-felling av meieriavløpsvann med og uten innblanding av kloakk



ingen vesentlig forbedring. Med 600 mg  $\text{Ca(OH)}_2$ /l, som er noe over normalt nivå i kommunale anlegg, oppnås bare ca. 6% KOF-reduksjon. Reduksjonen ble ikke høyere enn ca. 35% ved å øke dosen til 10.000 mg/l. Ved felling av blanding av meieriavløpsvann og kloakk (1+1) var reduksjonen omtrent som ovenfor med kalk- og Fe-klorid-felling. Med Al-sulfat ble det oppnådd noe bedre resultat idet KOF-reduksjonen lå i området 35-65% med doser som varierte mellom 150-2000 mg/l.

Reduksjonen av tot.P i meieriavløpsvann var med 150 mg/l av Al-sulfat og Fe-klorid henholdsvis 0 og 37% og med 600 mg  $\text{Ca(OH)}_2$ /l bare ca. 6%, men i motsetning til KOF-reduksjonen ga økt dosering av kjemikalier en markert forbedret fosfor-reduksjon. Best var virkningen med Fe-klorid, hvor allerede 250 mg/l ga en reduksjon på rundt 80% i både meieriavløpsvann og i blandingen meieriavløpsvann/kloakk. Ved 500 mg Fe-klorid/l var tot.P-reduksjonen ca. 95% som er det vanlige ved felling av kloakk. En tilsvarende reduksjon ble oppnådd med ca. 1000 mg Al-sulfat pr. liter og 5000 mg  $\text{Ca(OH)}_2$  pr. liter.

Med hensyn til ortofosfat-reduksjonen (ort.P) oppnåddes 95-99% reduksjon i både meieriavløpsvann og i blandingen meieriavløpsvann/kloakk med 250 mg Fe-klorid/l, mens det var nødvendig med ca. 500 mg Al-sulfat/l og 2000 mg  $\text{Ca(OH)}_2$ /l for å oppnå samme effekt.

#### 4.2.2 Undersøkelse av pH-verdiens betydning ved felling av Al-sulfat og Fe-klorid

Ved disse fellingsforsøkene er det benyttet fast tilsetning av henholdsvis Al-sulfat og Fe-klorid, nemlig 500 mg/l, mens fellings-pH er variert over et vidt område. Hensikten var å finne hvilken pH-verdi som gir best felling. Forsøkene er utført med meieriavløpsvann med og uten innblanding av kloakk. Resultatene er oppført i tabell 5 og illustrert i fig. 5a og b.

Effekten av varierende fellings-pH illustreres best ved reduksjonen av tot.P og ort.P som vist i fig. 5a og b. Med Al-sulfat er fosforfjerningen dårlig ved pH lavere enn ca. 4,5-5 for meieriavløpsvann med og uten kloakk-

Tabell 5. Felling av meieriavløpsvann med Al-sulfat og Fe-klorid ved varierende pH.

Prøve	Fellings- kjemikalie/dose	pH	KOF (Dikr.tall) mg O/l	Tot. P mg P/l	Ort. P mg O/l	Susp. stoff mg/l
			% red.	% red.	% red.	% red.
Kloakk (K)			208	6.3	4.2	156
Meieriavløpsvann (MA)			2100	15.0	9.2	216
1000 ml MA	Al-sulfat 500 mg/l	4.2	2030	12.0	6.1	46
1000 ml MA	"	4.7	1910	12.0	5.3	224
1000 ml MA	"	5.1	1720	10.0	0.9	248
1000 ml MA	"	5.9	1650	1.5	0.046	40
1000 ml MA	"	6.5	1600	1.5	0.038	38
1000 ml MA	"	6.9	1750	1.7	0.03	45
500 ml K + 500 ml MA	"	4.5	898	8.8	5.8	8
500 ml K + 500 ml MA	"	4.8	936	7.5	3.4	78
500 ml K + 500 ml MA	"	5.6	816	1.8	0.049	53
500 ml K + 500 ml MA	"	6.2	824	0.7	0.021	22
500 ml K + 500 ml MA	"	6.6	814	0.7	0.006	27
500 ml K + 500 ml MA	"	6.9	871	0.9	0.014	30
1000 ml MA	Fe-klorid 500 mg/l	4.2	1680	12.0	3.3	284
1000 ml MA	"	5.0	1530	1.5	0.31	20
1000 ml MA	"	6.0	1640	2.3	0.57	30
1000 ml MA	"	6.4	1750	8.0	0.39	240
1000 ml MA	"	7.1	1690	2.5	0.34	29
1000 ml MA	"	8.5	1430	2.1	0.39	9
500 ml K + 500 ml MA	"	4.0	941	7.5	1.9	224
500 ml K + 500 ml MA	"	5.1	776	1.1	0.35	12
500 ml K + 500 ml MA	"	6.2	806	0.7	0.68	5
500 ml K + 500 ml MA	"	6.7	876	1.0	0.63	14
500 ml K + 500 ml MA	"	7.3	808	1.0	0.22	8
500 ml K + 500 ml MA	"	8.6	862	1.1	0.26	2

Fig.5a Prosentvis reduksjon av KOF, tot P og ort P ved felling av meieriavløpsvann/kloakk med Al-sulfat ved varierende pH-verdier

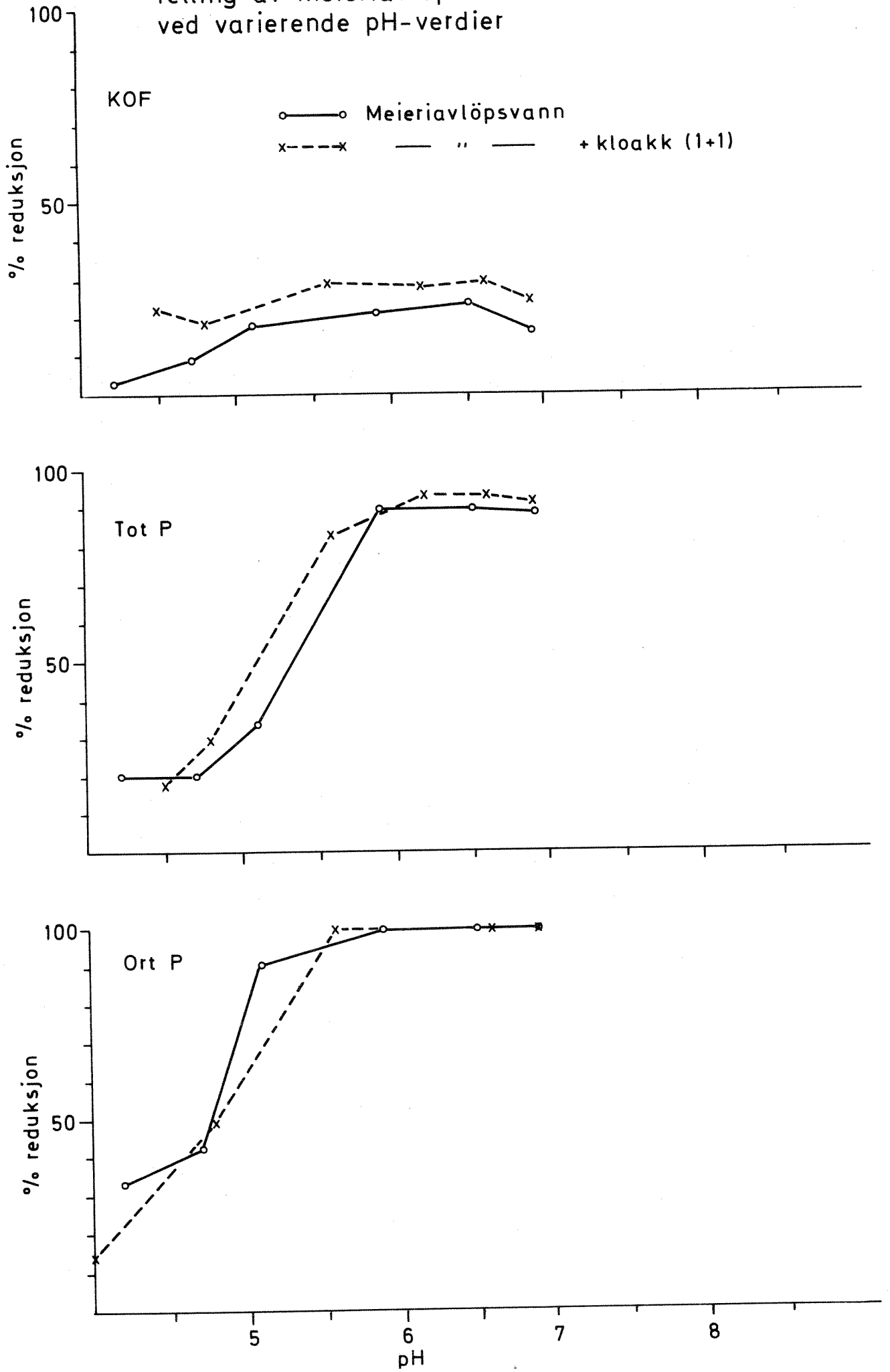
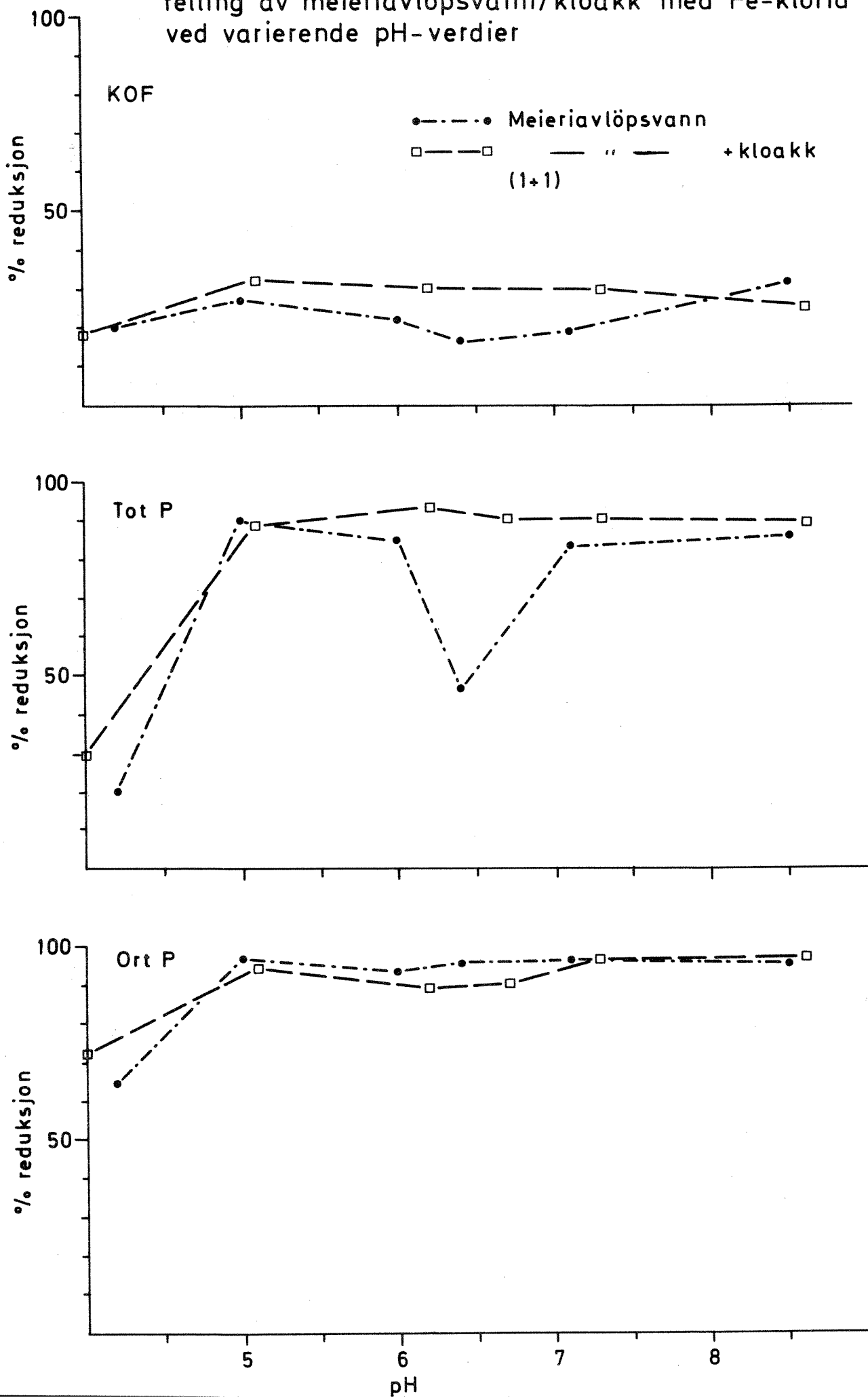




Fig.5b Prosentvis reduksjon av KOF, tot P og ort P ved felling av meieriavløpsvann/kloakk med Fe-klorid ved varierende pH-verdier



innblanding. Ved økende pH stiger fosfor-fjerningen og når sitt optimum i pH-området 6-7 hvor reduksjonen er ca. 90%. Med Fe-klorid når reduksjonen sitt optimum allerede ved pH på ca. 5.

Fig. 5a og b synes å vise at fosfor-fjerningen er maksimal ved de pH-verdier som er forsøkt brukt i forsøkene beskrevet i denne rapport, dvs. pH 5,0 for Fe-klorid og pH 6,0 for Al-sulfat. Ved kloakk-felling oppnåes også vanligvis best effekt ved disse pH-verdier.

#### 4.2.3 Forsøk med syrebehandling av meieriavløpsvann før felling

Det har vært hevdet at syrebehandling av meieriavløpsvann skulle gjøre det bedre egnet for kjemisk felling. For å undersøke det nærmere ble det gjort et enkelt forsøk med svovelsyrebehandling før Al-sulfat-felling. Svovelsyre ble tilsatt meieriavløpsvann til henholdsvis pH 1 og 2, og prøvene (500 ml) ble omrørt i 15 minutter. Prøvene ble deretter nøytralisert med kalsiumhydroksyd, iblandet kloakk og felt med Al-sulfat. Resultatene står oppført i følgende tabell:

Prøve	Syreforbruk ml 6MH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /l	Fellings- kjemikalie	pH	KOF		Tot. P		Ort. P		Susp.stoff	
				mg	O/l % red.	mg	P/l % red.	mg	P/l % red.	mg/l	% red.
Kloakk (K)				208		6.3		4.2		156	
Meieriavløpsvann (MA)				2100		15.0		9.2		216	
500 ml K + 500 ml MA		Al-sulfat 250 mg/l	6.0	902	21.8	1.4	86.9	0.27	96.0	16	91.4
500 ml K + 500 ml MA <sup>a)</sup>	0.8	" 250 mg/l	6.1	776	32.8	1.1	89.7	0.18	97.3	17	90.9
500 ml K + 500 ml MA <sup>b)</sup>	9.5	" 250 mg/l	6.2	832	27.9	1.2	88.7	0.008	99.9	53	71.5

a) Meieriavløpsvannet behandlet ved pH 2.0 før felling

b) Meieriavløpsvannet behandlet ved pH 1.0 før felling

Tabellen viser at forbedringen i renseeffekt er ubetydelig, og metodikken kan således neppe ha noen betydning ved felling av meieriavløpsvann. Forbruket av syre og kalk vil dessuten øke kostnadene i ikke ubetydelig grad.

#### 4.2.4 Forsøk med hjelpekoagulanter

Det er gjort forsøk med tilsats av hjelpekoagulanter for å klarlegge om dette forbedrer fellingen. Al-sulfat er benyttet som hovedkoagulant, og dosen ble holdt lav, 150 mg/l, for lettere å kunne se en eventuell effekt med hjelpekoagulant. Ettersom det partikulære materialet i meieriløpsvann vesentlig er av organisk karakter, ble det brukt anioniske hjelpekoagulanter. Fellingsresultatene ble følgende:

Prøve	Fellingskemikalier/dose		pH	KOF		Tot. P		Ort. P		Susp. stoff	
	Hovedkoagulant	Hjelpekoagulant		mg O/l	% red.	mg P/l	% red.	mg P/l	% red.	mg/l	% red.
Råkloakk (K)				208		6.3		4.2		156	
Meieriløpsvann (MA)				2100		15.0		9.2		216	
500 ml K + 500 ml MA	Al-sulfat 150 mg/l		6.4	839	27.3	9.2	13.6	0.9	86.6	192	
500 ml K + 500 ml MA	" 150 mg/l	Magnafloc 155 1 mg/l	6.4	939	18.6	9.2	13.6	1.9	71.6	172	7.5
500 ml K + 500 ml MA	" 150 mg/l	" 455 1 mg/l	6.3	911	21.1	8.9	16.4	0.6	91.0	208	
500 ml K + 500 ml MA	" 150 mg/l	Purifloc A22 1 mg/l	6.4	890	22.9	9.3	12.7	3.1	53.7	156	19.2
500 ml K + 500 ml MA	" 150 mg/l	Praestol 2932 1 mg/l	6.4	942	18.4	9.0	15.5	1.6	76.1	184	1.1
500 ml K + 500 ml MA	" 150 mg/l	AP 273 1 mg/l	6.4	1150	0.3	8.5	20.2	2.0	70.1	173	7.0
500 ml K + 500 ml MA	" 150 mg/l	AP 273 3 mg/l	6.3	504	56.3	4.1	61.5	1.1	83.6	66.2	64.4

Det fremgår av ovenstående at tilsats av 1 mg/l av hjelpekoagulant bare ga ubetydelig høyere KOF- og tot. P-reduksjon sammenlignet med prøven som ble felt uten hjelpekoagulanter. Ved økning av dosen av AP 273 til 3 mg/l ble fellingen klart forbedret idet KOF-reduksjonen ble 56,3% og tot. P-reduksjonen 61,5%. Sammenlignet med tidligere Al-sulfat-fellinger (tabell 4 ), ga tilsats av 3 mg AP 273 tilnærmeelsesvis like god KOF-reduksjon som 1000 mg Al-sulfat pr. liter og like god tot P-reduksjon som med 500 mg Al-sulfat pr. liter.

Det fremgår videre at bruken av hjelpekoagulant tilsynelatende som ventet ikke hadde noen markert effekt med hensyn til reduksjon av orto P.

## 5. BIOLOGISK/KJEMISK BEHANDLING AV AVLØPSVANN FRA NÆRINGSMIDDELINDUSTRI

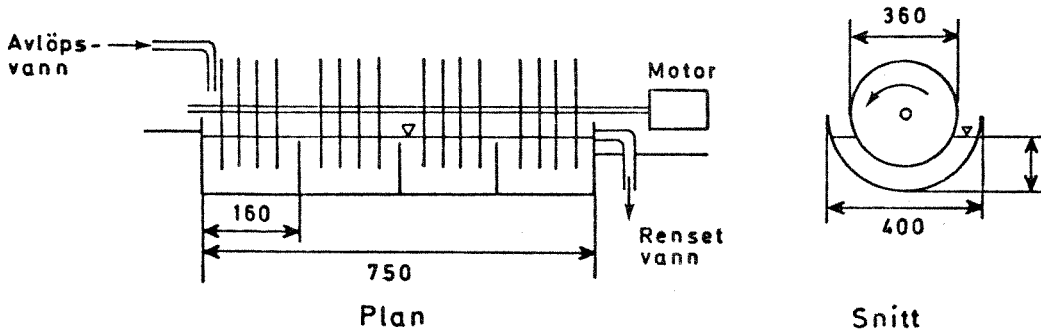
De tiltak som i det foregående har vært forsøkt for å øke renseseffekten ved kjemisk felling av meieriavløpsvann har bare delvis gitt tilfredsstillende rensing. Høye doser av fellingskjemikalier ga fosforfjerning som var av samme størrelsesorden som ved felling av kloakk, dvs. 85-95%, men fjerningen av organisk stoff som KOF ble gjennomgående ikke høyere enn ca. 20-55%, noe som antagelig skyldes en høy andel av oppløst organisk stoff.

Felling med de høye kjemikaliedoser det her er snakk om, øker driftskostningene for et renseanlegg i betydelig grad, og ettersom innholdet av organisk stoff i rensert vann likevel blir høyt, kan slik fellingsmetodikk neppe anses som akseptabel ved utslipp til resipienter som er følsomme for organisk stoff.

Det organiske stoffet i endel typer av næringsmiddelavløpsvann er lett nedbrytbart, og det var derfor nærliggende å forsøke med biologisk forbehandling før felling. Av særlig interesse var det å få klarlagt om reduksjonen av organisk stoff totalt kunne økes og om dosene av fellingskjemikalier ved den etterfølgende felling kunne reduseres.

### 5.1 Metodikk

Ved forsøkene ble avløpsvannet først behandlet biologisk for å redusere innholdet av oppløst organisk stoff som ikke fjernes ved kjemisk felling. En biologisk nedbrytning vil også kunne tenkes å frigjøre eventuell fosfor bundet til oppløst organisk stoff, slik at det bedre fjernes ved etterfelling. For den biologiske behandlingen ble det av praktiske grunner valgt å benytte en såkalt kontaktvalse (biorotor) for laboratorieforsøk, og denne er vist i følgende figur:



Prinsippskisse av kontaktvalse

Mål i mm

Kontaktvalsens plater hadde et samlet fuktet areal på  $2,9 \text{ m}^2$  og roterte med 4,8 omdreininger i minuttet. Ved oppstartingen av den biologiske nedbrytningen ble vannet i kontaktvalsens trau podet med aktivt slam fra Skarpsno rensanlegg. Ved den biologiske behandlingen av næringsmiddelavløpsvannet ble det tatt sikte på å holde fosforinnholdet på ca. 1 g pr. 100 g  $\text{BOF}_7$  og nitrogeninnholdet på ca. 4 g N pr. 100 g  $\text{BOF}_7$  i inngående vann (Rennerfelt 1967). Bortsett fra konservesavløpsvannet som det ble gjort rensforsøk med, var det tilstrekkelig med fosfor i avløpsvannet. Nitrogen ble imidlertid tilsatt som  $\text{NH}_4\text{Cl}$  til ovennevnte konsentrasjon i de typer av avløpsvann det ble gjort forsøk med. pH ble holdt innen området 6-8. Ved nødvendig justering ble kalk eller fortynnet svovelsyre benyttet.

Ved forsøkene ble følgende retningsgivende belastningstall forsøkt fulgt ved den biologiske behandlingen:

Høy belastning: 50 g  $\text{BOF}_7$  pr.  $\text{m}^2$  fuktet valseflate pr. døgn  
Middels belastning: 20 g  $\text{BOF}_7$  pr.  $\text{m}^2$  fuktet valseflate pr. døgn  
Lav belastning: 5 g  $\text{BOF}_7$  pr.  $\text{m}^2$  fuktet valseflate pr. døgn

Fremgangsmåten ved forsøkene var følgende: Utfra avløpsvannets KOF-tall ble  $BOF_7$  tilnærmet beregnet utfra formelen:  $BOF_7 : KOF = \sim 0,6$ , og doseringen av avløpsvann til kontaktvassen ble regulert etter dette. Avløpsvannet ble kontinuerlig tilsatt med en peristaltisk pumpe etterat den nødvendige mengde nærings salt var tilsatt. Anlegget ble så kjørt til KOF-tallet i det utgående vann hadde stabilisert seg. Dette tok normalt 1-2 døgn. Anlegget ble deretter holdt i gang lenge nok til at tilstrekkelige prøvemengder for analyser og fellingsforsøk var oppsamlet. Vannets temperatur i anlegget var i gjennomsnitt  $15^{\circ}C$ .

Biologisk behandling ble kun gjort med næringsmiddelavløpsvann, mens kloakken som ble innblandet ved forsøkene var ubehandlet før den etterfølgende felling. Kloakkvannet ble hentet på Skarpsno renseanlegg samme dag som fellingsforsøkene fant sted.

Ved fellingsforsøkene med biologisk rensset næringsmiddelavløpsvann ble det benyttet doser av fellingskjemikalier som ikke var vesentlig høyere enn det som er vanlig i kommunale fellingsanlegg. Al-sulfat- og Fe-klorid-dosene lå i området 150-300 mg/l, mens kalkdoseringen var 600-1200 mg  $Ca(OH)_2/l$ . pH ved Al-sulfat-fellingen ble forsøkt holdt ved ca. 6,0 og for Fe-klorids vedkommende ved ca. 5,0.

## 5.2 Forsøk med biologisk/kjemisk behandling av avløpsvann fra næringsmiddelindustrien

### 5.2.1 Meieriavløpsvann

Avløpsvannet ble hentet 1.11.76 på A/L Hedmarken Meieri avd. Nes. Prøvetakingsdagen ble det p.g.a. et uhell sluppet myse i avløpsvannet. Dette ga et høyere innhold av organisk stoff enn tidligere, men dette var ikke høyere enn det som kan forekomme i slikt vann. Det ble gjort forsøk med 3 ulike belastninger ved den biologiske behandlingen. Resultatene er vist i tabell 6 a, b og c og illustrert i fig. 6. Fellingsresultatene med kloakk med henholdsvis 150 mg/l av Al-sulfat og Fe-klorid viser KOF-reduksjoner i området 48-59% og tot. P-reduksjoner mellom 88 og 97 %. Ved felling av meieriavløpsvann som ble behandlet ved lav belastning ble det oppnådd høye totale renseeffekter. Reduksjonen av både KOF, tot. P og ort. P var stort sett 95% eller høyere. Det sees

av fig. 6. at den biologiske behandlingen står for størstedelen av renseeffekten. Ved middels biologisk belastning reduseres den samlede renseeffekten noe m.h.t. KOF og tot. P. Den må likevel kunne anses som tilfredsstillende. Fjerningen av ort. P er like god som ved lav belastning. Det fremgår videre av fig. 6. at den biologiske renseeffekten ikke forandrer seg vesentlig ved økningen av belastningen fra lav til middels. Ved høy belastning reduseres effekten av den biologiske behandlingen merkbart. Fig. 6. viser at den etterfølgende fellingen ikke bedrer vesentlig fjerningen av organisk stoff som totalt ikke er bedre enn 60-65%. M.h.t. reduksjonen av tot. P og ort. P har den etterfølgende fellingen ganske god effekt idet den øker reduksjonen fra hhv. 33% og 25% til ca. 80%.

Tabell 6a, b og c viser at ca. 200 mg/l av Al-sulfat og Fe-klorid kan anses som optimal dose ved forsøkene. Ytterligere økning til 500 mg/l gir ingen merkbar bedring i renseeffekten.

BOF<sub>7</sub>-reduksjonene ligger i stor grad nær de oppgitte KOF-reduksjonene.

Det sees også av tabell 6b og c at det er gjort noen forsøk med kalkfelling av biologisk behandlet meieriavløpsvann. Renseeffektene med kalk skiller seg ikke vesentlig ut fra de som ble oppnådd med Al-sulfat og Fe-klorid.

### 5.2.2 Slakteriavløpsvann

Avløpsvannet ble hentet på K/S Oslo Kjøttsenters slakteri den 25.11.76. Av praktiske hensyn ble den biologiske forbehandlingen kun foretatt med lav og middels belastning. Resultatene er oppført i tabell 7a og b og illustrert i fig. 7.

Det fremgår av fig. 7 at renseeffekten var høy etter felling av avløpsvann behandlet biologisk med både lav og middels belastning. Størstedelen av det organiske stoffet ble fjernet ved den biologiske behandlingen, mens det var felling med Al-sulfat og Fe-klorid som fjernet størstedelen av fosforet i avløpsvannet som ble behandlet ved middels biologisk belastning. Som det sees av fig. 7 var renseeffekten med kalkfelling bemerkelsesverdig dårlig både for organisk stoff og fosfor selv i så høy dose som 1200 mg Ca(OH)<sub>2</sub>/l.

Tabell 6a. Resultater av biologisk/kjemisk behandling av avløpsvann fra A/L Hedmarksmeieriet avd. Nes.  
 Lav belastning ved biologisk forbehandling av meieriavløpsvannet.

Prøve	Biol. belastning mg BOF <sub>7</sub> /m <sup>2</sup> /døgn	Fellings- kjemikalie/dose	pH	KOF (Dikromattall) mg O/l % red.	Tot. P mg P/l % red.	Ort. P mg P/l % red.	BOF <sub>7</sub> mg O/l % red.	SS mg/l % red.
Kloakk (K) Meieriavløpsvann (MA)			6.7	138 4370	4.9 30.0	3.9 20.0	58 2785	61 320
1000 ml K		150 mg Al-sulfat/l	6.1	68	0.6	0.29	30	12
1000 ml K		150 mg Fe-klorid/l	5.2	56	0.18	0.11	33	8
1000 ml MA	5.84			433	7.4	2.8	228	132
1000 ml MA	5.84	150 mg Al-sulfat/l	6.0	149	1.1	0.32		128
1000 ml MA	5.84	200 mg Al-sulfat/l	6.0	82	1.1	0.22		26
1000 ml MA	5.84	300 mg Al-sulfat/l	6.1	45	0.6	0.16	14	20
1000 ml MA	5.84	500 mg Al-sulfat/l	6.1	48	0.5	0.07	10	24
500 ml K + 500 ml MA	5.84	150 mg Al-sulfat/l	6.0	98	1.8	0.40		49
500 ml K + 500 ml MA	5.84	200 ml Al-sulfat/l	6.1	39	0.2	0.06	12	11
500 ml K + 500 ml MA	5.84	300 ml Al-sulfat/l	6.2	30	0.16	0.06		1
500 ml K + 500 ml MA	5.84	150 mg Al-sulfat + 3 mg AP 275/l	6.1	91	0.3	0.07	38	16
1000 ml MA	5.84	300 mg Fe-klorid/l	5.2	24	0.05	0.01	4	47
1000 ml MA	5.84	500 mg Fe-klorid/l	5.3	19	0.07	0.06	6	26
500 ml K + 500 ml MA	5.84	200 mg Fe-klorid/l	5.2	25	0.2	0.16		6
500 ml K + 500 ml MA	5.84	300 ml Fe-klorid/l	5.1	25	0.06	0.02	11	11



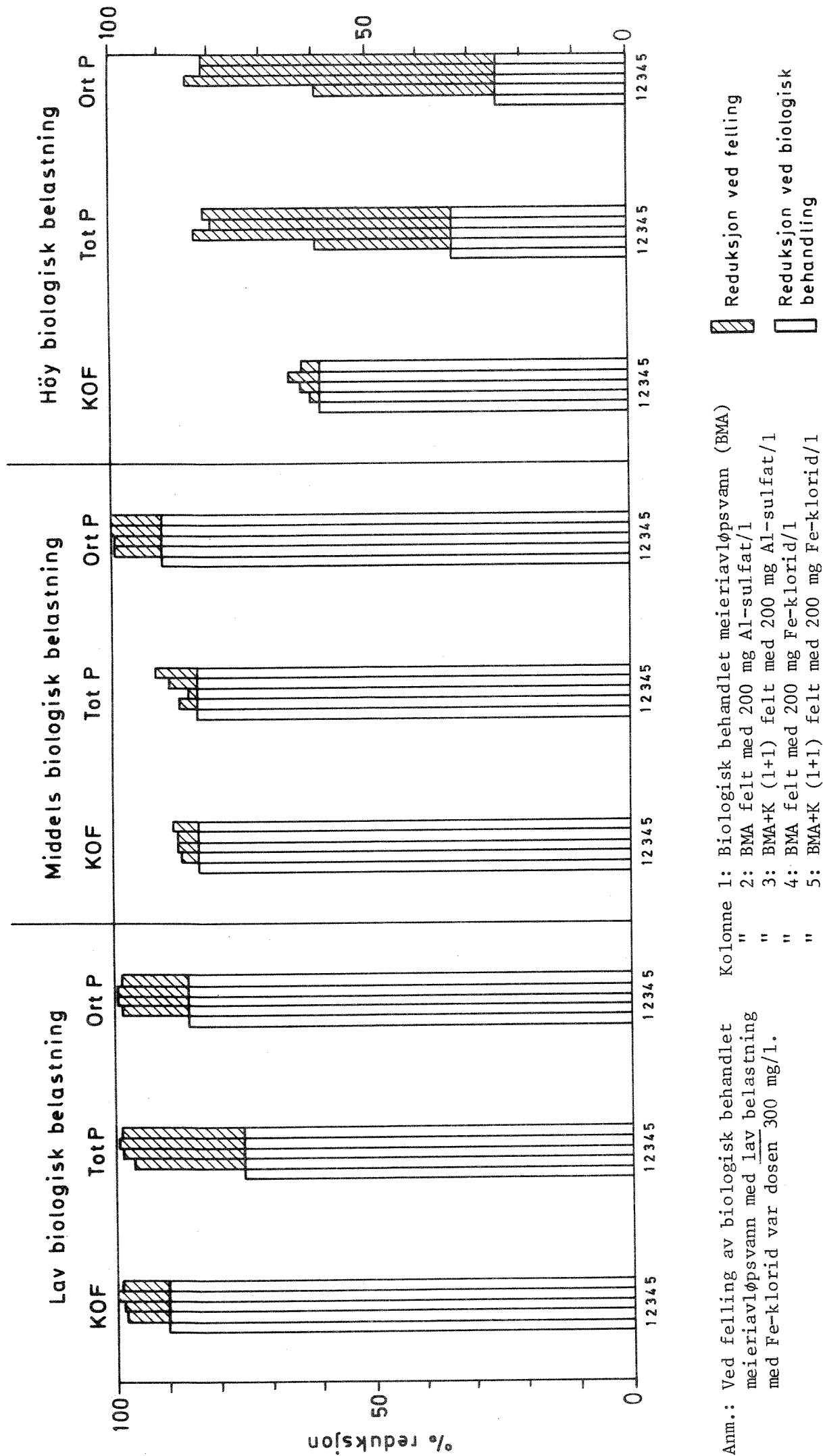
Tabell 6b. Resultater av biologisk/kjemisk behandling av avløpsvann fra A/L Hedmarksmeieriet avd. Nes.  
 Middele belastning ved biologisk forbehandling av meieriavløpsvannet.

Prøve	Biol. belastning g BOF <sub>7</sub> /m <sup>2</sup> /døgn	Fellings- kjemikalie/dose	pH	KOF (Dikromattall) mg O/l % red.	Tot. P mg P/l % red.	Ort. P mg P/l % red.	BOF <sub>7</sub> mg O/l % red.	SS mg/l % red.
Kloakk (K)				138	4.9	3.9	58	61
Meieriavløpsvann (MA)			6.7	4370	30.0	20.0	2785	320
MA	24.3		7.0	716	4.9	1.9	421	326
1000 ml MA	24.3	200 mg Al-sulfat/l	6.1	598	3.9	0.002		252
1000 ml MA	24.3	300 mg Al-sulfat/l	6.2	582	3.7	0.029		276
1000 ml MA	24.3	500 mg Al-sulfat/l	6.0	420	2.4	0.005	291	154
500 ml K + 500 ml MA	24.3	200 mg Al-sulfat/l	6.0	288	2.6	0.09		124
500 ml K + 500 ml MA	24.3	300 mg Al-sulfat/l	6.1	229	1.7	0.13	134	100
1000 ml MA	24.3	200 mg Fe-klorid/l	5.0	537	3.2	0.002		272
1000 ml MA	24.3	300 mg Fe-klorid/l	5.1	484	2.5	0.013		178
1000 ml MA	24.3	500 mg Fe-klorid/l	5.0	283	1.1	0.005	237	108
500 ml K + 500 ml MA	24.3	200 mg Fe-klorid/l	5.1	257	1.5	0.014		88
500 ml K + 500 ml MA	24.3	300 mg Fe-klorid/l	5.1			0.014	219	270
1000 ml MA	24.3	600 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /l	11.1	570	3.5	0.008		204
1000 ml MA	24.3	1200 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /l	12.3	563	3.1	0.008	251	356

Tabell 6c. Resultater av biologisk/kjemisk behandling av meieriavløpsvann fra A/L Hedmarksmeieriet avd. Nes.  
 Høy belastning ved biologisk forbehandling av meieriavløpsvannet.

Prøve	Biol. belastning mg BOF <sub>7</sub> /m <sup>2</sup> /døgn	Fellings- kjemikalier/dose	pH	KOF (Dikromattall) mg O/1 % red.	Tot. P mg P/1 % red.	Ort. P mg P/1 % red.	BOF <sub>7</sub> mg O/1 % red.	SS mg/1 % red.
Kloakk (K)			7.5	188	6.0	4.0	88.2	96
Meieriavløpsvann (MA)			6.7	4370	30.0	20.0	2785	320
1000 ml K		150 mg Al-sulfat/l	6.1	98	0.6	0.2	56	21
1000 ml K		150 mg Fe-klorid/l	5.2	89	0.2	0.03	39	9
1000 ml MA	62.5		6.6	1778	20.0	15	1380	455
				59.3	25.0		50.4	0
1000 ml MA	62.5	200 mg Al-sulfat/l	6.2	1678	12.0	8.0		388
1000 ml MA	62.5	300 mg Al-sulfat/l	6.1	1536	9.0	6.5		224
1000 ml MA	62.5	500 mg Al-sulfat/l	5.8	1578	11.0	7.5	1244	320
500 ml K + 500 ml MA	62.5	200 mg Al-sulfat/l	6.1	844	3.0	1.8		94
500 ml K + 500 ml MA	62.5	300 mg Al-sulfat/l	5.9	840	3.5	2.4	635	116
				63.1	80.0		55.8	44.2
1000 ml MA	62.5	200 mg Fe-klorid/l	5.1	1524	6.0	3.6		116
1000 ml MA	62.5	300 mg Fe-klorid/l	5.0	1476	4.0	2.5	1202	210
1000 ml MA	62.5	500 mg Fe-klorid/l	5.0	1434	3.9	2.8		85
500 ml K + 500 ml MA	62.5	200 mg Fe-klorid/l	5.1	850	3.3	2.2		73
500 ml K + 500 ml MA	62.5	300 mg Fe-klorid/l	5.0	778	3.3	2.2	528	94
				65.9	81.7		63.3	54.8
1000 ml MA	62.5	600 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /l	11.7	1658	4.0	2.2		121
1000 ml MA	62.5	1200 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /l	12.3	1680	3.0	1.5	1143	127
				61.6	90.0		59.0	60.3

Fig.6 Reduksjon av KOF, tot P og ort P ved biologisk behandling og felling av meieriavløpsvann



Anm.: Ved felling av biologisk behandlet meieriavløpsvann med lav belastning med Fe-klorid var dosen 300 mg/l.

Kolonne 1: Biologisk behandlet meieriavløpsvann (BMA)  
 " 2: BMA felt med 200 mg Al-sulfat/l  
 " 3: BMA+K (1+1) felt med 200 mg Al-sulfat/l  
 " 4: BMA felt med 200 mg Fe-klorid/l  
 " 5: BMA+K (1+1) felt med 200 mg Fe-klorid/l

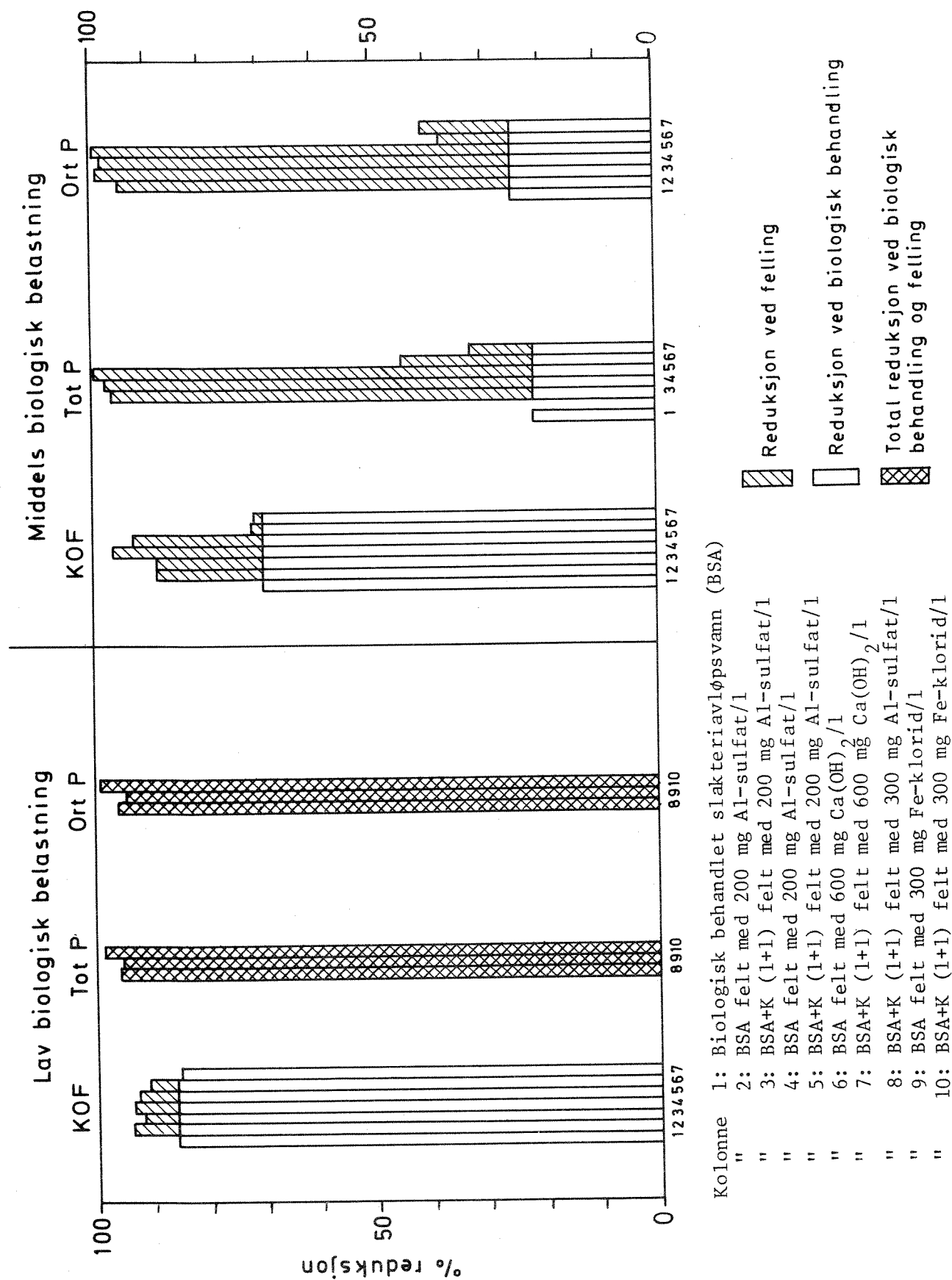
Tabell 7a. Resultater av biologisk/kjemisk behandling av avløpsvann fra K/S Oslo Kjøttcenter A/S's slakteri.  
Lav belastning ved biologisk forbehandling av slakteriavløpsvannet før felling.

Prøve	Biol. belastning g BOF <sub>7</sub> /m <sup>2</sup> /døgn	Fellings- kjemikalie/dose	pH	KOF (Dikromattall) mg O/l % red.	Tot. P mg P/l % red.	Ort. P mg P/l % red.	BOF <sub>7</sub> mg O/l % red.	SS mg/l % red.
Kloakk (K)			8.1	212	5.7	4.1	99	66
Slakteriavløpsvann (SA)			6.95	856	6.5	4.0	516	196
SA	5.18		7.6	123	85.6		26	95.0
1000 ml SA	5.18	200 mg Al-sulfat/l	6.2	55	93.6			
1000 ml SA	5.18	300 mg Al-sulfat/l	6.2	39	95.4		4	99.0
500 ml K + 500 ml SA	5.18	200 mg Al-sulfat/l	6.3	47	91.2			18
500 ml K + 500 ml SA	5.18	300 mg Al-sulfat/l	6.2	43	91.9	0.17	15	95.1
1000 ml SA	5.18	200 mg Fe-klorid/l	5.3	56	93.5			64
1000 ml SA	5.18	300 mg Fe-klorid/l	5.1	29	96.6		3	99.4
500 ml K + 500 ml SA	5.18	200 mg Fe-klorid/l	5.3	41	92.3	0.235		16
500 ml K + 500 ml SA	5.18	300 mg Fe-klorid/l	5.2	32	94.0	0.048	11	96.4
1000 ml SA	5.18	600 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /l	11.2	83	90.3			148
1000 ml SA	5.18	1200 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /l	12.2	60	93.0			115
500 ml K + 500 ml SA	5.18	600 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /l	11.7	80	85.0			102
500 ml K + 500 ml SA	5.18	1200 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /l	12.3	59	89.0			118

Tabell 7b. Resultater av biologisk/kjemisk behandling av avløpsvann fra K/S Osio Kjøttssenter A/S's slakteri. Middels belastning ved biologisk forbehandling av slakteriavløpsvannet.

Prøve	Eiol. belastning g ROF <sub>7</sub> /m <sup>2</sup> /døgn	Fellings- kjemikalie/dose	pH	KOF (Dikromattall) mg O/1 % red.	Tot. P mg P/1 % red.	Ort. P mg P/1 % red.	ROF <sub>7</sub> mg O/1 % red.	SS mg/1 % red.
Kloakk (K)			8.1	212	5.7	4.1	99	66
Slakteriavløpsvann (SA)			6.95	856	6.5	4.0	516	196
1000 ml K		150 mg Al-sulfat/1	6.0	78	0.5	0.26		15
1000 ml K		150 mg Fe-klorid/1	5.1	57	0.13	0.059		4
1000 ml K		600 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /1	11.9	62	0.33	0.22		26
SA	20.7		7.45	262	5.1	3.0	172	50
1000 ml SA	20.7	200 mg Al-sulfat/1	6.2	101		0.21		18
1000 ml SA	20.7	500 mg Al-sulfat/1	6.3	77	0.23	0.017		8
500 ml K + 500 ml SA	20.7	200 mg Al-sulfat/1	6.0	62	0.23	0.054	21.2	17
500 ml K + 500 ml SA	20.7	300 mg Al-sulfat/1	6.0	63	0.31	0.20	93.1	16
1000 ml SA	20.7	200 mg Fe-klorid/1	5.0	34	0.16	0.08	20	11
1000 ml SA	20.7	500 mg Fe-klorid/1	5.1	42	0.3	0.3		49
500 ml K + 500 ml SA	20.7	200 mg Fe-klorid/1	5.1	39	0.05	0.013	11	2
500 ml K + 500 ml SA	20.7	300 ml Fe-klorid/1	5.2	42	0.29	0.2		20
1000 ml SA	20.7	600 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /1	11.4	245	3.6	2.5		158
1000 ml SA	20.7	1200 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /1	12.2	173	3.6	2.5		152
500 ml K + 500 ml SA	20.7	600 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /1	11.7	154	4.1	2.4		107
500 ml K + 500 ml SA	20.7	1200 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /1	12.2	78	4.0	2.6		152

Fig. 7 Reduksjon av KOF, tot P og ort P ved biologisk behandling og felling av slakteriavløpsvann



Fellingen av kloakkvann med 150 mg/l av hhv. Al-sulfat og Fe-klorid og 600 mg  $\text{Ca(OH)}_2$ /l ga normale reduksjoner av organisk stoff og fosfor. KOF-reduksjonene varierte mellom 62 og 78%, tot.P- og ort. P-reduksjonene mellom 91 og 99%.

### 5.2.3 Konserveravløpsvann

Forsøkene ble utført med avløpsvann hentet 30.11.76 ved A/S Nora-Sunrose Konserverfabrikker i Brumunddal. Av praktiske hensyn kunne den biologiske forbehandlingen bare foretas med lav og middels belastning. Resultatene er ført opp i tabell 8a og b og illustrert i fig. 8.

Det fremgår av fig. 8 at renseeffekten var høy, dvs. 90% eller mer for organisk stoff og tot. P ved felling av avløpsvann forbehandlet biologisk ved både lav og middels belastning. Den biologiske behandlingen fjernet det aller meste av organisk stoff mens tot. P og ort. P i stor grad ble fjernet ved etterfellingen.

Kalkfellingen ga bedre renseeffekt med konserveravløpsvann enn hva tilfellet var med slakteriavløpsvannet. Virkningen var likevel gjennomgående litt dårligere enn med Al-sulfat og Fe-klorid.

Fellingen av kloakk med hhv. 150 mg/l av Al-sulfat og Fe-klorid samt  $\text{Ca(OH)}_2$  pr. liter ga KOF-reduksjoner i området 62-68%, tot. P- og ort. P-reduksjoner av størrelsesorden 93-96%. Dette kan anses som normale reduksjoner for kloakk.

## 6. DISKUSJON

Forsøkene som er beskrevet i denne rapport har tatt sikte på å klarlegge hvorledes avløpsvann fra næringsmiddelindustri kan renses tilfredsstillende i kommunale fellingsanlegg. Fellingsforsøkene med meieriavløpsvann hvor det ble benyttet høyere doser enn tidligere (vår rapport fra mai 1975) av Al-sulfat (maks. 2000 mg/l), Fe-klorid (maks. 2000 mg/l), og kalk (maks. 10 000 mg  $\text{Ca(OH)}_2$ /l ga ikke bedre KOF-reduksjoner i forhold til tidligere

Tabell 8a. Resultater av biologisk/kjemisk behandling av avløpsvann fra A/S Nora-Sunrose Konserverfabrikker, Brumunddal.  
Lav belastning ved biologisk behandling av avløpsvannet før felling.

Prøve	Biol. belastning & BOF <sub>7</sub> /m <sup>2</sup> /døgn	Fellings- kjemikalie/dose	pH	KOF (Dikromattall) mg O/l % red.	Tot. P mg P/l % red.	Ort. P mg P/l % red.	BOF <sub>7</sub> mg O/l % red.	SS mg/l % red.
Kloakk (K) Konserveravløpsvann (KA)			8.3 8.6	180 685	5.3 2.9	4.4 1.1	85 440	66 78
KA	4.81		7.1	63 90.8	5.5 <sup>x)</sup> 30.4	2.8 <sup>x)</sup> 54.1		7 91.0
1000 ml KA	4.81	200 mg Al-sulfat/l	6.3	19 97.2	0.18 97.7	0.062 99.0		7 91.0
1000 ml KA	4.81	300 mg Al-sulfat/l	6.4	23 96.6	0.12 98.5	0.072 98.8		3 96.2
500 ml K + 500 ml KA	4.81	150 mg Al-sulfat/l	6.2	43 90.1	1.1 83.3	0.8 84.8		20 72.2
500 ml K + 500 ml KA	4.81	200 mg Al-sulfat/l	6.1	37 91.4	0.28 95.8	0.17 96.8		
1000 ml KA	4.81	200 mg Fe-klorid/l	5.8	21 96.9	0.06 99.2	0.038 99.4		4 94.9
1000 ml KA	4.81	300 mg Fe-klorid/l	5.1	13 98.1	0.15 98.1	0.11 98.2		6 92.3
500 ml K + 500 ml KA	4.81	150 mg Fe-klorid/l	5.6	39 91.0	0.7 89.4	0.5 90.5		17 76.4
500 ml K + 500 ml KA	4.81	200 mg Fe-klorid/l	5.3	30 93.3	0.17 97.4	0.01 99.8		6 91.7
1000 ml KA	4.81	600 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /l	12.0	41 94.0	1.8 77.2	1.4 77.0		51 34.6
1000 ml KA	4.81	1200 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /l	12.4	33 95.2	1.5 81.0	1.2 80.3		45 42.3
500 ml K + 500 ml KA	4.81	600 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /l	11.9	52 88.0	0.8 87.9	0.6 88.6		21 70.8
500 ml K + 500 ml KA	4.81	1200 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /l	12.3	48 88.9	0.6 90.9	0.39 92.6		52 27.8

x) Avløpsvannet ble tilsatt 5 mg P/l som KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> før biologisk behandling.

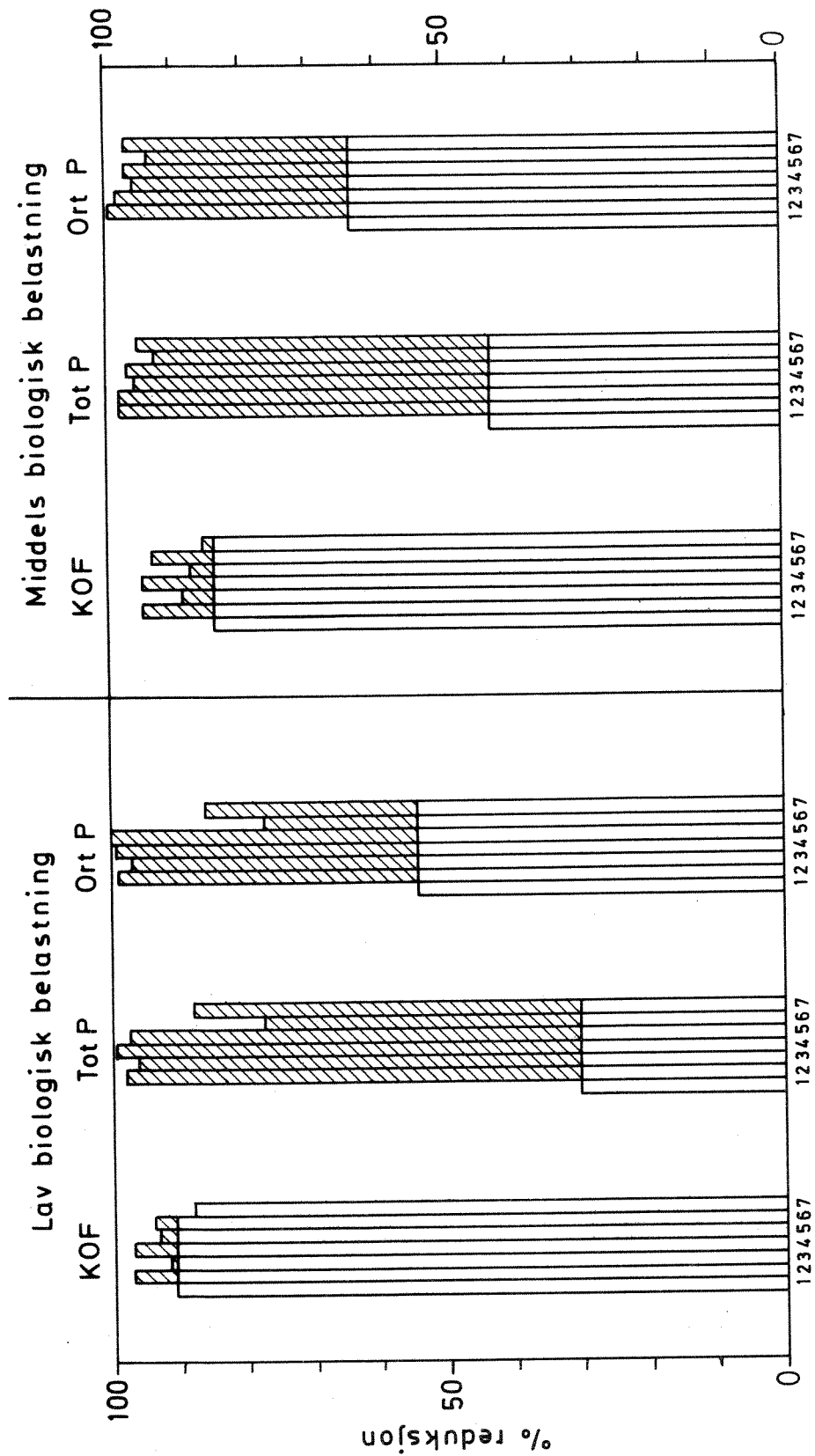


Tabell 8b. Resultater av biologisk/kjemisk behandling av avløpsvann fra A/S Nora-Sunrose Konserverfabrikker, Brumunddal. Middels belastning ved biologisk behandling av avløpsvannet før felling.

Prøve	Biol. belastning g BOF <sub>7</sub> /m <sup>2</sup> /døgn	Fellings- kjemikalie/dose	pH	KOF (Dikromattall) mg O/l % red.	Tot. P mg P/l % red.	Ort. P mg P/l % red.	BOF <sub>7</sub> mg O/l % red.	SS mg/l % red.
Kloakk (K)			8.3	180	5.3	4.4	85	66
Konserveravløpsvann (KA)			8.6	685	2.9	1.1	440	78
1000 ml K		150 mg Al-sulfat/l	6.3	68	0.38	0.3	35	8
1000 ml K		150 mg Fe-klorid/l	5.1	57	0.32	0.18	28	8
1000 ml K		600 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /l	12.0	68	0.23	0.17	37	51
KA	17.5		7.1	108	4.5 <sup>x)</sup>	3.8 <sup>x)</sup>	42	33
1000 ml KA	17.5	200 mg Al-sulfat/l	6.1	36	0.14	0.045	15	8
1000 ml KA	17.5	300 mg Al-sulfat/l	6.1	36	0.1	0.032	15	8
500 ml K + 500 ml KA	17.5	200 mg Al-sulfat/l	6.3	40	0.13	0.083	22	9
500 ml K + 500 ml KA	17.5	300 mg Al-sulfat/l	6.2	49	0.07	0.034	22	10
1000 ml KA	17.5	200 mg Fe-klorid/l	4.9	34	0.34	0.26	15	13
1000 ml KA	17.5	300 mg Fe-klorid/l	5.0	30	0.2	0.13	15	9
500 ml K + 500 ml KA	17.5	200 mg Fe-klorid/l	5.2	42	0.2	0.16	22	12
500 ml K + 500 ml KA	17.5	300 mg Fe-klorid/l	5.2	38	0.19	0.14	22	9
1000 ml KA	17.5	600 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /l	12.0	45	0.6	0.39	24	36
1000 ml KA	17.5	1200 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /l	12.4	42	0.36	0.2	24	45
500 ml K + 500 ml KA	17.5	600 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /l	12.0	49	0.29	0.16	23	33
500 ml K + 500 ml KA	17.5	1200 mg Ca(OH) <sub>2</sub> /l	12.4	47	0.21	0.09	23	54

x) Avløpsvannet ble tilsatt 5 mg P/l som KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> før biologisk behandling

Fig.8 Reduksjon av KOF, tot P og ort P ved biologisk behandling og felling av konserveravløpsvann



- Kolonne 1: Biologisk behandlet konserver-avløpsvann (BKA)  
 " 2: BKA felt med 200 mg Al-sulfat/l  
 " 3: BKA+K (1+1) felt med 200 mg Al-sulfat/l  
 " 4: BKA felt med 200 mg Fe-klorid/l  
 " 5: BKA+K (1+1) felt med 200 mg Fe-klorid/l  
 " 6: BKA felt med 600 mg Ca(OH)<sub>2</sub>/l  
 " 7: BKA+K (1+1) felt med 600 mg Ca(OH)<sub>2</sub>/l

▨ Reduksjon ved felling  
 □ Reduksjon ved biologisk behandling

forsøk. Av tabell 4 fremgår det at selv med ovennevnte høye doser ble ikke KOF-reduksjonene bedre enn i gjennomsnitt ca. 20-35% verken med meieriavløpsvann alene eller i blanding med kloakk. Bruken av hjelpekoagulant ga som tabellen på side 27 viser, en viss bedring av KOF-reduksjonen. Med 150 mg Al-sulfat/l og 3 mg AP 273/1 ble det oppnådd 56% KOF-reduksjon i blanding av meieriavløpsvann/kloakk. Dette kan likevel ikke anses som tilfredsstillende når man ser på det høye innholdet av organisk stoff i meieriavløpsvann.

Den dårlige renseeffekten som ble oppnådd ved felling av meieriavløpsvann synes å kunne forklares av følgende:

Prøve	KOF (Dikromattall) mg O/l		% ikke frafiltrerbart stoff som KOF
	Ufiltrert	Filtrert <sup>x)</sup>	
Helmelk fort. 1:50	4140	3800	92
Myse fort. 1:50	900	776	86

x) GF/C filter

Av ovenstående fremgår det at det organiske stoff i melk i stor grad må foreligge i oppløst form, og dette må være forklaringen på hvorfor felling har begrenset effekt.

Når det gjelder fjerning av fosfor i meieriavløpsvann ga som tabell 4 viser, høyere doser av fellingskjemikalier langt bedre renseeffekt enn hva tilfellet var for KOF. Med 500-1000 mg/l av hhv. Fe-klorid og Al-sulfat ble det som tabell 4 viser oppnådd nær 95% reduksjon av tot. P, dvs. av samme størrelsesorden som for kloakk. Men det var imidlertid nødvendig med hele 5000 mg Ca(OH)<sub>2</sub>/l for å oppnå samme renseeffekt. Forholdet filtrerbart/ufiltrerbart tot. P i helmelk og myse er følgende:

		Tot. P mg/l		% ikke frafiltrerbart tot. P
		Ufiltrert	Filtrert <sup>x)</sup>	
Helmelk	fort. 1:50	14.0	14.0	100
Myse	fort. 1:50	6.2	5.9	95.2

x) GF/C filter

Av ovenstående går det fram at også fosforet i meieriavløpsvann i stor grad må antas å foreligge i oppløst form. Når fosforet likevel lar seg felle, beror dette på at det reagerer kjemisk med fellingskjemikaliene til uløselige forbindelser når det foreligger som orto-P.

Ved de biologisk/kjemiske renseforsøkene ble det som tabell 6, 7 og 8 og fig. 6, 7 og 8 viser, oppnådd høye renseeffekter ved alle tre typer av næringsmiddelavløpsvann. De samlede renseeffektene for både KOF og tot. P lå nær 100% ved gunstig biologisk forbehandling. Med meieriavløpsvann ble størstedelen av organisk stoff og tot. P fjernet ved den biologiske forbehandling, mens med slakteriavløpsvann og konservesavløpsvann ble en stor del av fosforet fjernet ved den etterfølgende fellingen. Det bør her også fremheves at det ikke var nødvendig å bruke høyere kjemikaliedoser enn ved kommunale anlegg som behandler vanlig kloakk.

Det må understrekes at de resultater som ble oppnådd ved biologisk/kjemisk behandling er å anse som orienterende da de er utført ved laboratorieforsøk med f.eks. gunstige temperaturforhold. Resultatene kan heller ikke overføres til andre typer av næringsmiddelindustri hvor det oppløste organiske stoffet i avløpsvannet er tungt nedbrytbart. En stor del av næringsmiddelindustrien utgjøres imidlertid av slakterier, meierier og konservesfabrikker, og resultatene bør derfor være av interesse.

LITTERATURHENVISNINGER

1. Nemerow, N.L.: "Theories and Practices of Industrial Waste Treatment"  
Addison-Wesley Publishing Company Inc. 1963.
2. Rennerfelt, J.: Foredrag holdt på kurset "Industriens vattenvårds-  
frågor" STF-TLI Ronneby 30. oktober - 1. november 1967.

BRG/KEN

1/7-77