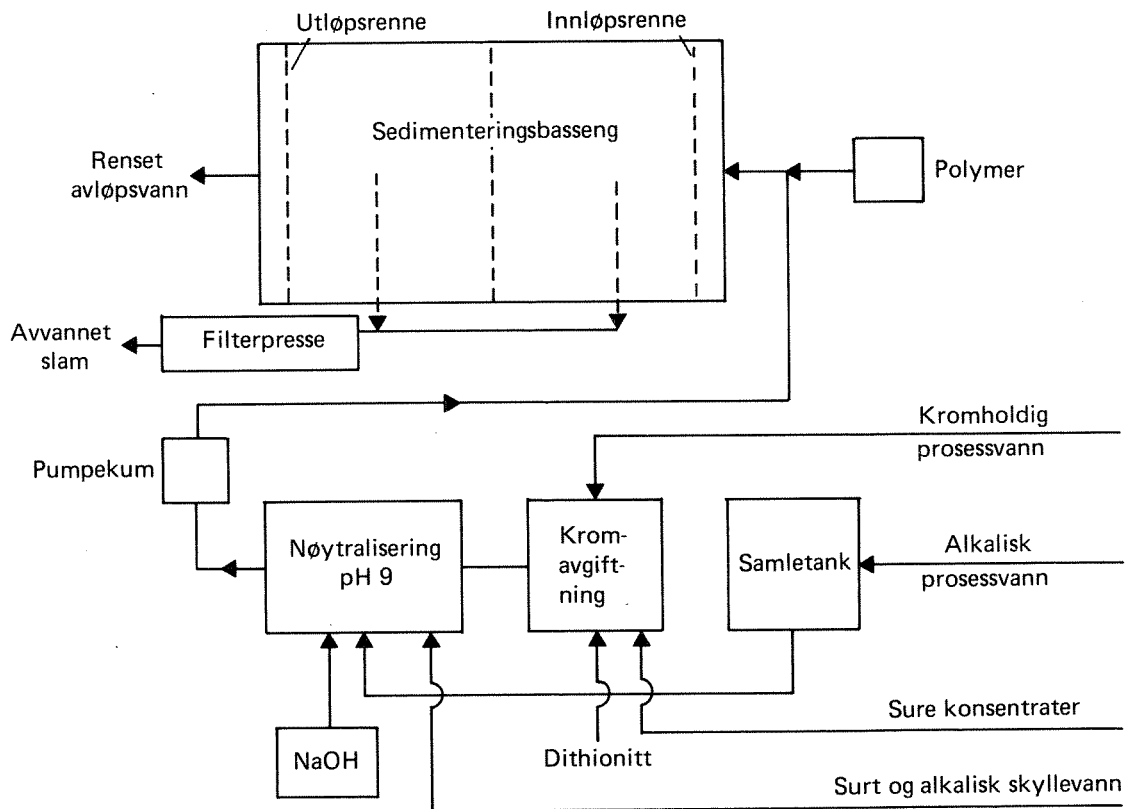




RAPPORT 6/85

0-84157

Driftsassistanse - vannrenseanlegg Steens fornikling A/S



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor Sørlandsavdelingen Østlandsavdelingen Vestlandsavdelingen
Postboks 333 Grooseveien 36 Rute 866 Breiviken 2
0314 Oslo 3 4890 Grimstad 2312 Ottestad 5035 Bergen - Sandviken
Telefon (02)23 52 80 Telefon (041)43 033 Telefon (065)76 752 Telefon (05)25 53 20

Prosjektnr.:	0-84157
Undernummer:	
Løpenummer:	1741
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: Driftsassistanse - Vannrenseanlegg ved Steens Fornikling A/S VA-Rapport 6/85	Dato: 19.8.85
	Prosjektnummer:
Forfatter (e): Øivind Tryland	Faggruppe: Miljøteknikk
	Geografisk område: Akershus
	Antall sider (inkl. bilag): 19

Oppdragsgiver: NTNF Indrens (Utvalg for utvikling og kontroll av industriens rens tiltak), Oslo	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: Renseanlegget ved Steens Fornikling A/S, Ski kommune er på mange måter typisk for flere små galvanotekniske bedrifter som har vanskeligheter med å overholde utslippskravene til rensset avløpsvann. Ufullstendig utfelling av metallhydroksydslam og slamflukt fra sedimenteringsbasseng er gjennomgående trekk. Årsakene kan ligge i forhold som bedriften ikke har kontroll over foruten anvendelser av prosesskjemikalier som forstyrrer metallutfellingen. Driftsundersøkelsene ved Steens Fornikling A/S viste at renskravet for totalt krom på 1 mg Cr/l er vanskelig å overholde til tross for optimal fellings-pH og tilsats av polymer. Grunnen kan være at overflateaktive eller kompleksdannende stoffer forstyrrer fnokkdannelsen og metallutfellingen.
--

4 emneord, norske:
1. Avløpsvann
2. Galvanoteknisk
3. Renseanlegg
4. Tungmetaller
Utfelling

4 emneord, engelske:
1. Waste water
2. Galvanotechnic
3. Treatment plant
4. Heavy metals
Precipitation

Prosjektleder:

Øivind Tryland

For administrasjonen:

Oddvar Lindholm

ISBN 82-577-0932-8

Mette Johansen

0-84157

DRIFTSASSISTANSE - VANNRENSANLEGG
VED STEENS FORNIKLING A/S

Oslo, 19. august 1985

Saksbehandler: Øivind Tryland
Medarbeider: Eigel Iversen

FORORD

Steens Fornikling A/S, Ski kommune er en av mange galvanotekniske bedrifter som har opplevd vanskeligheter med å rense avløpsvannet. Et gjennomgående trekk er ufullstendig utfelling av tungmetallhydroksyder og slamflukt. Årsakene kan i mange tilfeller være forhold som bedriftene ikke har kontroll over og anvendelser av prosesskjemikalier som bidrar til å forstyrre renseprosesser.

Prosjektet er finansiert av INDRENS v/Gunnar Jordfald og Steens Fornikling A/S v/Terje Steen. Det er utført i sammen med bedriften, Dag Nordbye, Miljøvern-Kjemi A/S og Eigil R. Iversen, NIVA. Hver enkelt takkes for deltakelsen i prosjektet slik at det kunne gjennomføres.

Oslo, 28. mars 1985

Øivind Tryland

SAMMENDRAG

Et gjennomgående trekk ved galvanotekniske bedrifter som har renseanlegg for behandling av metallholdig avløpsvann, er ufullstendig utfelling av metallhydroksydslam og slamflukt fra sedimenteringsbasseng. Årsakene kan være forhold som bedriftene ikke har kontroll over og anvendelser av prosesskemikalier som bidrar til å forstyrre renseprosesser.

Renseanlegget ved Steens Fornikling er på mange måter typisk for flere små galvanotekniske bedrifter. Det består av oppsamlingstanker for surt og alkalisk avløpsvann, kromavgiftning, nøytraliseringstank, sedimenteringsbasseng med to slamlommer og slamfilterpresse. Prosessavløpsvannet inneholder krom og nikkel og vannmengden er gjennomsnittlig ca. $1,5 \text{ m}^3/\text{time}$, 8-10 timer pr. dag. Sedimenteringsbassenget belastes støtvis ved innpumping av nøytralisert avløpsvann fra pumpekum med nivåstyrt pumpe.

Driftsundersøkelser har vist at det rensede avløpsvannet har hatt et høyt krom- og nikkelinnhold på grunn av ineffektiv fnokkdannelse og slamflukt. Etterat polymerdosering startet økte anleggets rensesgrad og det ble produsert atskillig mer avvannet slam enn tidligere.

I forbindelse med denne driftsassistansen monterte bedriften inn- og utløpsrenner i sedimenteringstanken for å bedre på strømningsforholdene. Det er også gjennomført laboratoriefellingsforsøk med sikte på å undersøke virkningene av polymer- og kalsiumtilsetning.

Driftsundersøkelsene viste at polymerdoseringen og monteringen av inn- og utløpsrenner hadde en gunstig innvirkning på krom- og nikkelinnholdet i rensed avløpsvann. Analysene viste dessuten at 6-verdig krom ble fullstendig avgiftet ved å benytte natriumdithionitt. Slamutfelling var imidlertid ikke fullstendig i og med at slammet var lett og samlet seg høyt oppe i sedimenteringstanken. Dette vanskeliggjør slamavvanningen.

Utfellingen av metallhydroksydslam forstyrres sannsynligvis av overflateaktive eller kompleksbindende stoffer som benyttes i prosessbadene. Dette underbygges gjennom laboratorieundersøkelser som viste at metallutfellingen forbedres drastisk ved en surgjøring før pH-justering til 8-9. Kom-

pleksdanner og/eller overflateaktive stoffer i avløpsvannet kan føre til at utfelling av metallhydroksyd forhindres. Det er imidlertid ikke analysert hvilke stoffer som kan ha denne virkning.

Dersom fremtidige kontrollanalyser viser at utløpsvannet har et for høyt innhold av krom og nikkel til tross for optimal fellings-pH bør årsakene til dette klarlegges ved bl.a. å analysere hvilke stoffer som kan forstyrre metallutfellingen. Dessuten kan det være aktuelt å undersøke om polymeren innblandes fullstendig og om støtbelastningen nedsetter rensegraden.

1. INNLEDNING

Et av de mest vanlige driftsproblemene ved avløpsrensingen innen galvanotekniske bedrifter er ineffektiv fnokkdannelse og slamflukt fra sedimenteringsbasseng. SFT's konsesjonskrav for maksimalt metallinnhold i det rensede avløpsvannet vil derved lett kunne overskrides ettersom analysemetoden inkluderer metall i både løst og partikulært form.

Slik slamflukt i form av mer eller mindre finfordelte partikler skyldes ofte at renseanleggene ikke har et eget flokkuleringstrinn etter nøytralisering/pH-justering. Slampartiklene er ofte lette med en lav spesifikk vekt i forhold til vannet. En normal situasjon er derfor at slammet står høyt oppe i sedimenteringstanken fordi det trekkes ikke ut under slamavvanningen. Støtbelastningen ved pumping av vann inn på sedimenteringstanken kan i slike tilfeller føre til at slam går overløp. Når det benyttes en egnet polymer i renseanlegget vil slammet pakke seg mer sammen mot bunnen i sedimenteringstanken. Da unngår man problemene med slamflukt og slamavvanningen vil være enklere å få til.

Den normale fnokkoppybyggingen av metallhydroksyder som skal finne sted etter nøytraliseringen kan også forstyrres av overflateaktive stoffer som benyttes i prosessbadene. Likeså vil stoffer som kompleksbinder og holder metaller i løsning, f.eks. EDTA bidra til at metallutfellingen blir ufullstendig.

Mange galvanotekniske bedrifter har erfart at kravene til maksimalt metallinnhold i utløpsvannet overskrides til tross for lav hydraulisk belastning og optimal fellings-pH. Rapporter fra driftsundersøkelser (1), (2), (3), (4), (5) har vist at dette er generelle problemer for en bransje som omfatter omkring 200 bedrifter. Hovedtyngden av disse bedriftene er små med mindre enn 10 ansatte i gjennomsnitt. Den enkelte bedrift har imidlertid satset betydelig beløp for å rense sitt avløpsvann. SFT har pålagt den enkelte bedrift å sende inn en prøve av rensed avløpsvann til et analyselaboratorium 2 ganger hvert år. Gjennom den tiden renseanleggene har vært i drift foreligger det således et omfattende analysemateriale. I bilag 1 er det gitt en oversikt over de generelle utslippskrav til rensed avløpsvann sammen med en statistisk analyse av analysemateriale i perioden 1977-1979. Det er ikke foretatt en lignende statistisk analyse av nyere kontroll-analysedata.

Steen Fornikling A/S, Ski kommune er en typisk galvanoteknisk bedrift som har erfart noen av de praktiske driftsvanskelighetene med renseanlegget. Gjennom bl.a. prosjektet "Service ved renseanlegg i galvanoidustrien" (5), viste det seg at renseanlegget ikke funksjonerte optimalt. Dette prosjektet ble derfor igangsatt med sikte på å hjelpe bedriften og andre som er i en lignende situasjon til å forbedre renseprosessene.

2. RENSEANLEGGET

2.1. Oppbygging

Renseanlegget har vært i drift siden 1977. Renset avløpsvann slippes ut i det kommunale avløpsnett hvor det føres videre til kommunalt renseanlegg.

Figur 1 viser en prinsippskisse over anleggets oppbygging. Følgende trinn inngår i renseprosessen:

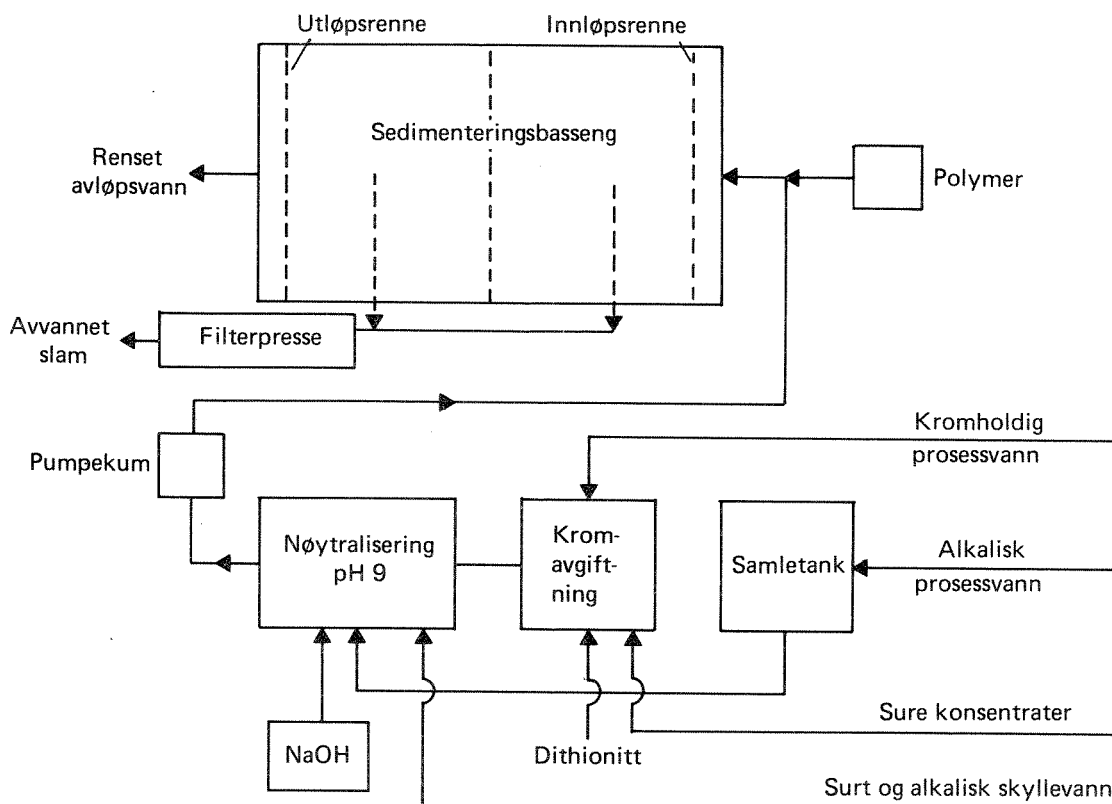
- Oppsamlingstanker for surt avløpsvann
- " " " alkalisk avløpsvann

- Kromavgiftning
- Nøytralisering
- Sedimentering
- Slamfilterpresse.

Den totale vannmengden tilført anlegget er anslått av bedriften til ca. $1,5 \text{ m}^3/\text{time}$. Anlegget er i drift 8-10 timer hver dag.

2.2. Kromavgiftning

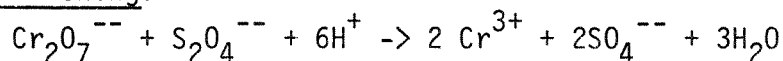
Seksverdig krom ble tidligere redusert til treverdig med natriumbisulfitt ved $\text{pH} < 2,5$. Siden høsten 1984 er det valgt å bruke natriumdithionitt ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) fordi prosessavløpsvann som inneholder krom i 6-verdig form har pH omkring 4. Ved å bruke dithionitt er det ikke nødvendig å surgjøre vannet før avgiftningen, slik at tilsetning av reduksjonsmiddelet kan foregå direkte i oppsamlingstank. Laboratorieundersøkelser (5) og analyser av Cr-6 i utløpsvannet viser at denne type kromavgiftningen er effektiv i praksis. Ulempen med dithionitt er en noe høyere innkjøpspris enn bisulfitt, men det oppveies ved at man unngår å surgjøre, - dessuten er kjemikalieforbruket relativt lite.



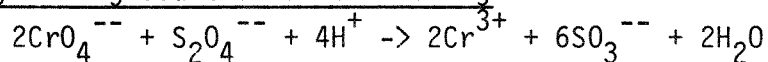
Figur. 1. Skisse av renseanlegget, Steens Fornikling A/S.

Reaksjonsligninger for kromavgiftning med dithionitt:

I sur løsning:



I nøytral og svakt alkalisk løsning:



Dithionitt er virksom over et bredere pH-område enn bisulfitt. I alkalisk løsning må det tilsettes en større mengde enn i sur løsning, jfr. Bilag 2.

2.3. Nøytralisering

Det benyttes alkalisk prosessvann oppsamlet i egen samletank for å heve pH i nøytraliseringstanken til pH omkring 9,0. Når det ikke er tilstrekkelig med alkalisk prosessvann i oppsamlingstanken doseres lut (NaOH) fra en separat tank. Tilsettingen styres av to pH-elektrode i nøytraliseringstank. Et kraftig røreverk sørger for en hurtig innblanding av luten.

Optimal fellings-pH for krom er 8-9, mens den er omkring 10 for nikkel. Bedrifter som har en høy andel av nikkel i skyllevannet har derfor vanligvis tillatelse til å heve utløpsvannets pH til 9,5.

Vannet går videre til pumpekum hvor vannet pumpes opp i sedimenteringsbasseng. Pumpingen er nivåstyrt og foregår derfor diskontinuerlig.

2.4. Polymertilsetning

Polymeren Magnafloc 592 er benyttet siden høsten 1984 (jfr. Bilag 3). Denne polymeren er kationisk og den er funnet egnet av leverandøren som har foretatt tester på stedet. Den doseres fra oppløsningstank på rørledningen like foran innløpet på sedimenteringstanken. Tilsettingen skjer når det pumpes vann fra pumpekummen.

For at polymeren skal ha den tilsiktede virkning er det viktig at den innblandes i vannet som skal renses. Derfor kan det være gunstig å tilsette den på flere punkter i rørsystemet.

2.6. Sedimenteringstank

Sedimenteringstanken er en rektangulær ståltank plassert oppå gulvet i hallen jfr. figur 1. Lengde, bredde og høyde er henholdsvis ca. 4 m, 2 m og 1,4 m. Bassengvolumet er ca. 11 m³. I tillegg kommer tankens to slamlommer som hver er ca. 1,1 m dype med en kvadratisk bunn på 0,4 m x 0,4 m. Helningsvinkelen er ca. 55⁰.

For å unngå at vannet skal passere gjennom tanken i overflaten er det montert en ca. 1,0 m dyp skjerm nær midten av bassenget som vannet må passere under.

Vannets teoretiske oppholdstid definert som forholdet mellom tankvolum og gjennomsnittlig vanntilførsel er ca. $11\text{m}^3/\text{ca. } 1,5\text{ m}^3/\text{time}$, det vil si ca. 7 timer. Oppholdstiden ligger med andre ord over den oppholdstid som vanligvis regnes som standard (ca. 4 timer).

Slammet har stått høyt i begge delene av sedimenteringstanken. Det er derfor forsøkt å dytte slammet ned mot bunnen av slamlommene for å få det avvannet. Slammet har med andre ord vært svært lett og deler av det har gått i utløp. Slammet var også forholdvis finpartikulært og det sank langsomt til tross for lav hydraulisk belastning. Forholdene bedret seg etter at polymerdoseringen startet og da ble det avvannet og produsert en større slammengde enn tidligere.

Årsaken til driftsvanskelighetene har vært slamflukt og ineffektiv fnokkdannelse. For å redusere slamflukten ble det som en del av prosjektet montert inn- og utløpsrenner. Tidligere kom vannet inn i sedimenteringstanken gjennom en rørstuss uten noen fullstendig fordeling over tankens tverrsnitt. Vannet rant også ut av tanken gjennom en tilsvarende rørstuss.

For å klarlegge hvilken betydning dette hadde for utløpsvannets kvalitet ble det gjennomført et måleprogram med automatisk prøvetaking av det rensede avløpsvannet (kap. 4).

Forut for disse prøvetakingene ble fnokkdannelsen og utfellingen av slammet undersøkt i jartester (kap. 3).

3. UTFELLING AV METALLHYDROKSYDER

Utfellingen av metallhydroksyder er undersøkt med prøver fra nøytraliseringsstank. Prøvens pH var 9,3. Jartester ble først utført med polymeren Magnafloc 592, 0,05 % løsning i en tilsetning på 1,0-5,0 ml/l. Polymeren gav en fnokkdannelse, men vannfasen var forholdsvist turbid etter 15 minutters sedimentering. En kombinasjon av kalsiumklorid-tilsetning og Magnafloc 592 gav en klarere vannfase og et bedre fellingsresultat.

Polymeren Separan AP 273 alene gav omtrent samme resultat som Magnafloc 592. Når kalsiumklorid (10 ml mettet løsning pr. liter vannprøve) var tilsatt før AP 273 var det en forholdsvis rask fnokkdannelse og vannfasen var klar etter 15 minutters sedimentering. Kalsiumklorid hadde her en klart gunstig innvirkning på fellingsresultatet. Leverandørens datablad for Separan AP 273 er vist i Bilag 4.

De beste fellingsresultater ble oppnådd når vannet først ble tilsatt syre (HCL) til pH 2,5, deretter tilsatt 10 ml kalsiumkloridløsning, NaOH til pH 9,0 og 1,0 ml Separan AP 273 (0,25 %). I dette tilfellet var fnokkdannelsen ekstremt hurtig og vannfasen var klar i løpet av 1-2 minutters sedimentering. Dette tyder på at vannet inneholder overflateaktive eller kompleksdannende stoffer som kan forstyrre en normal utfelling av Ni- og Cr- hydroksyder.

Erfaringen fra andre renseanlegg har vist at kalsiumklorid har en gunstig innvirkning på fellingsresultater når lut (NaOH) brukes for pH-justering. I tilfeller der kalk eller lignende brukes for pH-heving vil det være tilstrekkelig med Ca^{++} -ioner tilstede i vannet og tilsetning av kalsiumklorid har derfor liten eller ingen innvirkning på fnokkdannelsen. Felling og pH-justering med kalsiumhydroksyd gir normalt en bedre utfelling av tungmetaller enn pH-justering med lut. Den positive virkningen skyldes at Ca^{++} -ioner i vannet påvirker ladingen til de finpartikulære partiklene på en gunstig måte. Na^+ -ioner tilsatt som lut vil ikke ha en tilsvarende virkning. Finfordelte metallhydroksyder o.l. har derfor en tendens til å agglomerere og danne partikkelaggregater når Ca^{++} -ioner er tilstede. Effekten av Ca^{++} -ioner var særlig fremtredende når vannet surgjøres (spalter komplekser) og det benyttes en høymolekylær og anionisk polymer som Separan AP 273.

Kompleksbinding av metaller forekommer av og til ved kjemisk overflatebehandling av metaller. Metall-ioner i skyllevannet vil i noen tilfeller være sterkt bundet til spesielle kompleksbindende stoffer som er tilstede i bad-kjemikalierne. Slike kjemikalier skal forhindre at metaller utfelles under produksjonsprosessene. I renseanlegget vil det derfor være vanskelig å få felt ut kompleksbundet metall som

metallhydroksyder. Ved pH-heving til ekstremt høye verdier (pH > 11,5) vil bindinger brytes og metallet vil kunne felles som metallhydroksyd. En annen mulighet er å først senke pH til 1-2 med syre og deretter heve pH til 8-9 i et påfølgende rensetrinn. I begge tilfellene vil utfellingen av slampartikler gå raskere når det tilsettes en anionisk polymer.

4. UNDERSØKELSER AV RENSET AVLØPSVANN

Tabell 1 viser resultatene for prøver av utløpsvann i 1984. Disse tallene representerer før-tilstanden før det ble benyttet polymer og før inn- og utløpsrenner var montert.

Tabell 2 viser analyseresultater etter at polymertilsetningen var startet og etterat fordelingsrennene var montert (prøve 1 og 2). Prøvene 2 og 3 er tatt etter at doseringen av kalsiumklorid var kommet igang.

Når tabell 1 og 2 sammenlignes viser datamaterialet at utløpsvannets krominnhold avtok betydelig som følge av polymerdosering og monteringen av fordelingsrenner. Analysen i tabell 2 tyder imidlertid ikke på at kalsiumklorid har hatt noen effekt.

Jartestene (kap. 3) antydte at en kalsiumklorid-tilsetning hadde en gunstig virkning på fnokkdannelsen og klarheten av vannfasen. Årsaken til at den samme gunstige effekt ikke er påvist i renseanlegget er ikke klarlagt. En mulighet kan være at stoffer som brukes i prosessbadene kompleksbinder krom og forhindrer en normal utfelling. Men det kan også være andre forklaringer.

Tiltakene har også hatt en gunstig effekt på utløpsvannets nikkelinhold. Seksverdig krom er også fullstendig redusert ved hjelp av dithionitt. Etterat undersøkelsene ble avsluttet er det bare utslippskravet til totalt krominnhold (1 mg Cr/l) som er overskredet.

Tabell 1. Resultater fra rutineanalyser av utløpsvann, 1984. Steens Fornikling A/S.

Parameter	Ant. prøver	Middel-verdi	Maksimal-verdi	Minimums-verdi
pH	4	8,3	9,1	7,8
Krom total, mg Cr/l	4	18,1	53,7	5,5
Krom 6-verdig mg Cr/l	4	7,9	30,5	< 0,5
Nikkel mg Ni/l	4	12,8	27,2	6,4
Jern mg Fe/l	3	0,4	0,5	0,3

Tabell 2. Analyseresultater for rensed avløpsvann etterat polymer-tilsetning var startet og fordelingsrenner montert, Steens Fornikling A/S.

Parameter	Prøve nr. *				Middel-verdi	Standard-avvik
	1	2	3**	4**		
pH	9,1	9,0	8,75	8,94	8,9	0,1
Turbiditet, FTU	7,4	7,5	9,4	8,0	-	-
Konduktivitet, m S/m	295	273	357	334	-	-
Suspendert stoff mg/l	-	12,4	17,6	-	-	-
Totalt organisk karbon mg C/l	-	15,3	15,4	12,0	-	-
Krom totalt mg Cr/l	2,4	2,05	2,32	2,7	2,4	0,3
Krom-6 mg Cr/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	-
Nikkel mg Ni/l	1,67	1,34	1,7	1,82	1,65	0,2
Jern mg Fe/l	-	0,15	0,16	0,16	0,16	-
Kalsium mg Ca/l	8,5	4,3	58	149	-	-

* Prøve 1: Manuell prøve, 22.11.84

" 2: Automatisk prøvetaking: 22.11. kl. 13-16 og 23.11. kl. 7-14

" 3: " " 27.11. kl. 7-16 og 28.11. kl. 7-16

" 4. Manuell prøve, 29.11

** Tilsatt 1 l kalsiumklorid i nøytraliseringstank mandag 26.11, tirsdag 27.11 og onsdag 28.11., hver dag kl. 7 og kl. 12.

5. VIDEREFØRING

Ved nye kontrollanalysene av utløpsvannet bør det foretas analyser av krom på filtrerte og ufiltrerte prøver. Dette kan bestilles ved innsendelse av vannprøvene til analyse. Disse analysene vil vise i hvilken grad metallet foreligger i løst eller partikulær form. Dersom totalkonsentrasjonen ligger klart over 1 mg Cr/l og det hovedsakelig er i løst form ved pH 8-9 kan det være aktuelt å se om det er spesielle komponenter som kompleksbinder krom. Man bør i så fall unngå å benytte slike stoffer, eventuelt spalte metallkompleksene. Hvis det derimot viser seg å være en høy andel av partikulært krom i prøvene vil det sannsynligvis være mulig å felle dette ut i renseanlegget. I den forbindelse kan det være aktuelt å foreta en grundigere testing av polymeren som benyttes og en undersøkelse av innblandingen av polymer og flokkuleringen.

HENVISNINGER

1. Iversen, E. og Lundar, A.: "Driftskontrollprogram for galvanoteknisk industri". NIVA-rapport, 26.03.83 (VA 4/83), 76 s.
2. Byskov, P. og Iversen, E.: "Driftsundersøkelser av galvanoidustriens renseanlegg". NIVA-SINTEF rapport 6.5.81. 24 s.
3. Iversen, E.: "Driftsundersøkelser fra galvanoidustriens renseanlegg. Rapport fra undersøkelsene ved bedrift nr. 5". NIVA-rapport 3.12.80, 31 s.
4. Iversen, E.: "Driftsundersøkelser fra galvanoidustriens renseanlegg. Rapport fra undersøkelsene ved bedrift nr. 6". NIVA-rapport 3.12.80, 25 s.
5. Tryland, Ø.: "Service ved renseanlegg i galvanoidustri". Notat 0-84112, NIVA, 4.1.85.

ID:TRY2

Jn:0-84157

TRY/LIS

Oversikt over utslipp fra galvanoteknisk industri. 1977-1979.

Analysemateriale: Kontrollanalysedata for SFT for perioden 1977-1979.

SFT's krav	Undersøkt antall bedrifter	Overskridelser antall bedrifter	%
pH 6.0-9.0 (9.5)	97	39	40.2
Cu 1 mg/l	45	21	46.7
Zn 3 mg/l	58	34	58.6
Fe 5 mg/l	68	21	30.9
Cr ³⁺ 1 mg/l	72	41	56.9
Cr ⁶⁺ 0.05 mg/l	60	30	50.0
Ni 5 mg/l	54	30	55.6
Cd 0.1 mg/l	14	7	50.0
Pb 0.5 mg/l	17	2	11.8
Sn 5 mg/l	21	3	14.3
P 5 mg/l	66	17	25.8
CN 0.5 mg/l	42	30	71.4



Brüggal RH 5

to decontaminate chromium

Purpose:

Brüggal RH 5 is an universal reduction agent with a high redox-potential. It decontaminates chromium sewage within a wide range from acid to neutral resp. weak alkaline pH. It is preferably used to reduce chromates at $\text{pH} \leq 2,5$.

Properties:

white powder, easily water soluble
 bulk weight 1200 g/l
 pH (1 % solution, 20°C) = 7,4
 pH (5 % solution, 20°C) = 7,6

Brüggal RH 5 is based on sodium dithionite. It has an improved storage stability compared to ordinary dithionites and tends less to selfignition. However, it is recommended to store Brüggal PH 5 protected from heat and moisture.

Advantages:

RH 5 offers a fast reduction in comparison to ordinary reduction agents like sulfurous acid, pyrosulfite resp. bisulfite, iron-II-sulfate etc., especially at low chromate concentrations of approx. 100 mg Cr⁶⁺/l in the acid range as well as in neutral/weak alkaline range.

RH 5 is more efficient due to its high redox-potential, especially in overloaded decontamination plants. The limits of 1 resp. 2 mg Cr⁶⁺/l can be controlled. It is of no significance whether the decontamination is carried out singly or continuously running.

RH 5 reduces the reduction time to approx. half in comparison to previously known values. Thus allowing the treatment of larger volumes.

Neutral or weak alkaline sewages up to pH 10 can be directly decontaminated. The specific consumption per kg chromic-acid is substantially lower than that of conventional reduction agents.

Application:

It is recommended to add RH 5 on its solid form, preferably at a position where it quickly mixes with the sewage. Adding it in a soluble condition (approx. 5 - 30 g/l) is only advisable, if it is used immediately. Otherwise it loses quickly its efficiency. It might be necessary to correct the pH-value by adding sulfuric acid, depending whether acid or neutral/weak alkaline sewages have to be treated.

The specific consumption of Brüggal RH 5 is determined mainly by the pH-value and the concentration of Cr⁶⁺. High pH-values and a low chromate concentration require a higher consumption.

The following quantities are required for a complete decontamination of 0,1 mg Cr⁶⁺/l under ideal powder application:

Initial Cr ⁶⁺ concentration mg/l	pH initially	specific consumption g RH 5 / g Cr ⁶⁺
20	1	3,2
20	2	4,3
20	4	6,8
20	6	9,2
100	1,5	2,6
100	5	3,0
100	10	3,4
1000	1,5	2,7
1000	6	3,6
1000	10	4,4

Packaging:

Drums with PE-lining
 Net weight 50 or 100 kg
 opened containers should be protected from moisture and should be properly sealed again.

Note:

This leaflet offers advise without obligation. We recommend to adjust all data on RH 5 to local conditions.



TECHNICAL & PROCESSING DIVISION

Representert ved
PAUS & PAUS A/S
 Kongensgt. 14, Oslo 1 - Tlf. 41 50 60
 Midtunhaugen 17, Nesttun - Tlf. 10 20 10

Allied Colloids

MINERAL PROCESSING DIVISION

TPD 1009

MAGNAFLOC 592 CATIONIC FLOCCULANT

DESCRIPTION

MAGNAFLOC 592 is a very high molecular weight cationic polyacrylamide flocculant supplied as a free flowing granular powder.

PRINCIPAL USES

MAGNAFLOC 592 has found application in a wide variety of mineral processing operations including the following.

1. Acid leach (copper/cobalt).
2. Metal hydroxide thickening and filtration.
3. Conditioning of some inorganic sludges prior to centrifugation.

Dosage depends upon the application but normally lies in the range 2 gm to 200 gm per tonne of dry substrate flocculated.

TYPICAL PROPERTIES

Physical form white granular powder
 Particle Size 98% < 1600 μ
 Bulk Density 0.5–0.55
 pH of 1% solution at 25° C 3.5–4.0
 Viscosity at 25° C see graph

APPLICATION AND STORAGE

Recommended solution concentrations:

- Stock solution 0.25–0.5% max.
- Feed solution 0.025–0.05% max.

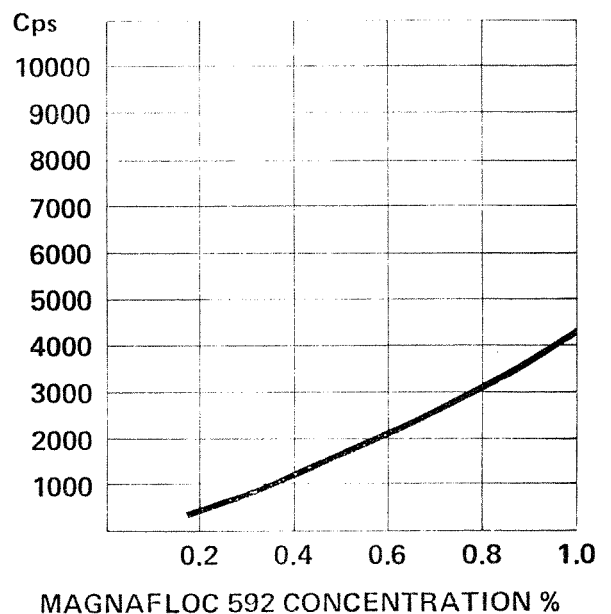
Recommended storage periods:

- Solid up to two years
- Stock solution 1–2 days

Storage of polymer should be in a cool, dry place.

Details on preparation and feeding can be obtained from an Allied Colloids representative.

VISCOSITY CONCENTRATION GRAPH
(BROOKFIELD VISCOSITY, cps at 5 r.p.m.)



SHIPPING AND HANDLING

MAGNAFLOC 592 is supplied in 25 kg polyethylene-lined, multi-walled bags. MAGNAFLOC 592 has a low order of toxicity and no special precautions are necessary in handling.

Corrosivity towards most standard material of construction is low, but aluminum and galvanized equipment should be avoided.

TECHNICAL SERVICE

Advice and assistance in the running of laboratory and plant tests to select the correct flocculant and determine the best application is given by representatives of Allied Colloids, who are experienced in mineral processing applications.

MAGNAFLOC is the registered trade name of Allied Colloids.

HEALTH AND SAFETY INFORMATION

MAGNAFLOC 592 exhibits a very low order of oral toxicity and does not present any abnormal problems in its handling or general use.

Full details on Health and Safety aspects are available on request.

WARRANTY

The information contained in this leaflet is given in good faith, but no liability is assumed nor is freedom from any patent owned by Allied Colloids or others implied.



TECHNICAL INFORMATION

SEPARAN AP 273

*Separan** AP 273 is a synthetic anionic organic flocculant with a molecular weight in the region of 4–6 million. It is used in industrial water and

waste treatment and in the chemical processing, sugar and mining industries.

Typical Properties

– Chemical composition	polyacrylamide
– Ionic character	anionic
– Physical form	white granular powder
– Particle size	95% under 1 mm \varnothing
– Bulk density	ca. 0.70 g/cm ³
– pH of a 0.25% solution	approx. 10
– Water content	ca. 2%
(shipping container unopened)	
– Solubility: theoretical	soluble in water in all proportions
practical	0.5% max. concentration
	0.25% recommended concentration of stock solution

Recommended storage conditions:

– Max. storage temperature	+ 50 °C
– Max. storage time	
– powder (unopened bag)	at least 12 months
– stock solution (0.25%)	1 month
– process solution (0.05%)	1 day

Application

Separan AP 273 is effective over a wide pH range, particularly under neutral and alkaline conditions, and maintains its flocculating activity at elevated temperatures. Having a high molecular weight and a highly anionic character it is specially suited for applications where other anionic grades of *Separan* have shown marginal utility. Typical applications where *Separan* AP 273 has found a wide acceptance are:

1. Industrial waste treatment

- Flocculation of gravel wash water and various industrial waste waters, e.g. from galvanic operations and foundries.
- Addition together with an inorganic polyelectrolyte to municipal and industrial sludges to improve flocculation and thickening effects.

2. Chemical and food processes

The premium grade of *Separan* AP 273 has FDA approval and consequently is used in the following applications:

- as a boiler water additive
- washing fruits and vegetables
- sugar-juice clarification
- manufacture of paper
- film former on gelatine capsules
- adhesives.

In the chemical industry it is further used in the processing and filtration of

- phosphoric acid
- fertilizers
- rocksalt brines
- magnesia and sea-water brines.

This information is presented in good faith but no warranty is given nor is freedom from any patent to be inferred.



3. Mining industry

Separan AP273 has been found to give rapid settlement of suspended solids and clear supernatants in the treatment of

- iron ore
- underground mine waters
- steel industry metals, i.e. nickel, chromium, cobalt, wolfram, molybdenum, etc.
- coal fines.

Storage and Handling

Storage and handling of Dow flocculants are described in the general bulletin "Storage, Handling and Feeding of Dow Flocculants".

For special problems the Technical Center of Dow Chemical Europe S.A. should be contacted through the nearest Dow sales office.

Packing

100 kg steel drum with inner poly-liner or 25 kg multi-wall bag.

Toxicity

Separan AP273 has a very low acute oral toxicity and does not lead to any problems under normal usage conditions. *Separan* AP273 is non-irritating to skin. Direct contact with the eyes should be avoided. If the eyes are contaminated they should be flushed repeatedly with water. Any injuries or irritations that develop should receive prompt medical attention.

Separan AP273 is approved for potable water in some countries.

Corrosiveness

Solutions of *Separan* AP273 are essentially non-corrosive. Zinc is an exception to this; galvanized material should therefore not be used for polymer storage and feeding equipment.

WA rapporter utgitt av NIVA

- 1/78 Tiltak i eksisterende avløpssystem. Delrapport 1.
C2-31 Kjell Øren. November 1978
- 1/79 Kjemisk felling med kalk og sjøvann. Del 2
C2-34 O-40/71 A Lasse Vråle. Juli 1979
- 2/79 Driftsresultater fra norske simultanfellingsanlegg.
C2-28 Lasse Vråle, Eilen A. Vik. Juli 1979
- 3/79 Slamavvanning med filterpresser. Del 1
O-78102 Bjørn-Erik Haugan. November 1979
- 4/79 Slamavvanning med filterpresser. Del 2
O-78102 Bjørn-Erik Haugan. September 1979
- 5/79 Sigevann fra søppefyllplass.
C2-26 Torbjørn Damhaug, Arild Eikum,
Ole Jakob Johansen. August 1979
- 6/79 Vannforurensning fra veg.
O-79024 Eivind Lygren, Egil Gjessing,
John Ferguson. Desember 1979
- 9/79 Primærfelling med ulike fellingskjemikalier
ved Sandvika renseanlegg.
O-79001 Lasse Vråle. Desember 1979
- 1/80 Bakteriologiske forhold i norske og utenlandske
råvannskilder
O-78029 Jens J. Nygård. Februar 1981
- 2/80 Treatment of Septic Tank Sludge
Research Proposal
F-80413 Arild Eikum. Januar 1980
- 3/80 Industrifyllplass i Arendal-Grimstadregionen
Vurdering av vannforurensning og rensetekniske
tiltak for alternativene Gloseheia og Lundeheia
O-80016 Torbjørn Damhaug, Hans Holtan. Mars 1980
- 4/80 Utprøving av analysemetoder for PAH og kartlegging
av PAH-tilførsler til norske vannforekomster
A3-25 Lasse Berglund. Mars 1980
- 5/80 Mobil avvanning av septikslam
Utprøving av septikbil »HAMSTERN»
O-80019 Bjørn-Erik Haugan. November 1980
- 6/80 Tilføringsgrad
Kontroll og kalibrering av vannmålestasjon
ved Monserud kloakkrenseanlegg. Del 1
O-78107 Lasse Vråle. Oktober 1980
- 7/80 Tilføringsgrad
Forurensnings-tilførsler og beregning av
tilføringsgrad for Monserud renseanlegg i 1979. Del 2
O-78107 Lasse Vråle. Oktober 1980
- 8/80 Overløp i avløpsnett
Tilstand i dag og mulige tiltak
C2-32 Eivind Lygren. September 1980
- 9/80 Sikring av vannforsyning i Oslo mot
forurensninger ved uhell eller sabotasje
Vurdering av faremomenter. (Sperrert)
O-79084 Egil Gjessing, Jens J. Nygård. September 1980
- 10/80 Important aspects of water treatment in USA
XT-25 Eilen Arctander Vik. Juli 1980
- 11/80 Myrgrøfting, effekt på vannkvalitet
Noen observasjoner fra grøftet myrområde
i Røyken 1971-79
XK-05 Egil Gjessing. September 1980
- 12/80 Driftsundersøkelse av vannbehandlingsanlegg
F-80417 Torbjørn Damhaug. November 1980
- 13/80 Hvirveloverløp
Avskilling av sedimenterbart materiale og
flytestoffer i overløpsvann
O-79090 Eivind Lygren. Desember 1980
- 14/80 Use of UV and H₂O₂ in water and
wastewater treatment
Research Proposal
F-80415 Arild Schanke Eikum. Desember 1980
- 1/81 Treatment of potable water containing humus by
electrolytic addition of aluminium followed by
direct filtration
Research Proposal
F-80415 Eilen Arctander Vik. Januar 1981
- 2/81 Water research in developing countries
A desk survey about planning and ongoing
research projects
O-80028 Svein Stene Johansen. Januar 1981
- 3/81 VA-teknisk forskershall Sentralrenseanlegg Vest SRV
Notat
Arild Schanke Eikum, Arne Lundar. Februar 1981
- 4/81 Alkalization/hardening of drinking water
Research proposal
G-314 Egil Gjessing. Februar 1981
- 5/81 Tiltak mot forurensning fra fiskeoppdrett
Behandling av vann i resirkuleringsanlegg for fiskeoppdrett
Forskningsprogram 1981-1984
FP-80802 Arild Schanke Eikum, Eivind Lygren. Mai 1981
- 6/81 Tiltak i eksisterende avløpssystem. Delrapport 2
O-80018 Svein Stene Johansen. Mai 1981
- 7/81 Kalking av tilløp til lille Asketjern for fjerning av humus
Innledende forsøk. O-81065 Eilen Arctander Vik. August 1981
- 8/81 Tilføringsgrad for oppsamlingsnett
Status for eksisterende målinger
O-80055 Lasse Vråle. August 1981
- 9/81 A Water Pricing Study for Western Province,
Zambia. Draft !
O-81022 Svein Stene Johansen. September 1981
- 10/81 Fjerning av humus ved H₂O₂ tilsetning
og UV - bestråling
F-80415 Lasse Berglund. Oktober 1981
- 11/81 Treatment of Septic Sludge
European practice
O-80040 Arild Schanke Eikum. November 1981

- 12/81 **Silgrainsyre som fellingsmiddel for avløpsvann**
Buhrestua renseanlegg. Nesodden
O-80093 Lasse Vråle. Desember 1981
- 13/81 **Analyse av vannbehov i husholdninger, næringsvirksomhet institusjoner og til kommunaltekniske formål**
O-78028-01 Svein Stene Johansen, Kim Wedum. Desember 1981
- 1/82 **Fjerning av nitrogen fra kommunalt avløpsvann ved ammoniakkavdrivning**
F-81427 Torbjørn Damhaug. Mars 1982
- 2/82 **Rensing av sigevann fra søppelfyllplasser**
OF-80606 Torbjørn Damhaug. Juni 1982
- 3/82 **Hvirvelkammer og hvirveloverløp**
Regulering av vannføring og rensing av overløpsvann
O-79090 Eivind Lygren, Kim Wedum. Mai 1982
- 4/82 **Avvanning av septikslam i container**
O-81104 Bjarne Paulsrud. August 1982
- 5/82 **Kalibrering og justering av vannføringsmålere**
O-82011 Kim Wedum. Mai 1982
- 6/82 **Vurdering av driftsinstruksjer og driftsforhold ved renseanlegg rundt Indre Oslofjord**
O-82004 Arne Lundar, Bjarne Paulsrud. August 1982
- 7/82 **Styring av kjemikaliedosering ved kjemiske renseanlegg**
Erfaringer med bruk av ledningsevne som styringsparameter
O-82025 Torbjørn Damhaug, Bjarne Paulsrud. August 1982
- 8/82 **Strålingskjemisk oksydasjon av organisk stoff i vann**
Programforslag. (Sperrert)
F-80415 Kim Wedum. September 1982
- 9/82 **Slamstabilisering under høy temperatur ved bruk av rent oksygen**
F-81430 Bjørn-Erik Haugan. Oktober 1982
- 10/82 **Tørrværsavsetninger i fellessystemrør**
O-82022 Oddvar Lindholm. November 1982
- 11/82 **Treatment of septage**
European practice
O-80040 Arild Schanke Eikum. Februar 1983
- 1/83 **Alkalisering av drikkevann**
Delrapport 1 NIVA/SIFF
F-82441 Eilen A. Vik. Mars 1983
- 2/83 **Industriavløp på kommunale renseanlegg**
Forbehandling av meieriavløp i luftede utjevningsbasseng
Delrapport 1
O-82017 Torbjørn Damhaug. Februar 1983
- 3/83 **Samlet optimalisering av avløpsrenseanlegg og avløpsledningsnett**
O-82124 Oddvar Lindholm. Februar 1983
- 4/83 **Driftskontrollprogram for galvanoidustriens renseanlegg**
O-79049 Eigil Iversen. Mars 1983
- 6/83 **Optimalisering av galvanotekniske industrirensanlegg**
O-82119 Eigil Iversen. Mai 1983
- 7/83 **Utslipp av syre, løst organisk materiale og suspendert stoff fra Hunsfos Fabrikker og Norsk Wallboard juli-oktober 1982**
O-82067 Øivind Tryland. Mars 1983
- 8/83 **Analyseresultater for avløpsvann fra Mosjøen Aluminiumverk april-oktober 1982**
O-82027 Øivind Tryland. Mars 1983
- 9/83 **Vannforurensning ved bruk av kalksalpeter som støvdempingsmiddel på grusveger**
O-81050 Eivind Lygren, Reidun Schei. Juni 1983 (Sperrert)
- 10/83 **Funksjonsprøving nr 2 av membran kammerfilterpresser VEAS Mars 1983**
O-82130 Lasse Vråle. Mars 1983
- 11/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**
Delrapport 1
Forurensningsproduksjon fra boligfelt med tett oppsamlingsnett i Sydsbogen, Røyken kommune
O-81041 Lasse Vråle. April 1983
- 12/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**
Delrapport 2
Automatisk overvåking av vannforbruk og lekkasje som alternativ metode for beregning av tilførsingsgrad. Resultater fra undersøkelser ved Sydsbogen, Buhrestua og Siggerud.
O-81041 Lasse Vråle. Desember 1984
- 13/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**
Delrapport 3
Spillvannstapets resipient påvirkning i Siggerudgryta, Ski kommune
O-81041 Lasse Vråle. August 1983
- 14/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**
Delrapport 4
Spillvannstapets innvirkning på grunnvannskvalitet. Buhrestua rensedistrikt, Nesodden kommune.
O-81041 Lasse Vråle. Oktober 1984
- 15/83 **A feasibility study of fishfarming in Jordan**
O-83026 Eivind Lygren, Torbjørn Damhaug. Juni 1983 (Sperrert)
- 16/83 **Driftsanalyse av Bekkelaget renseanlegg**
O-82005 Bjarne Paulsrud, Kim Wedum. Juni 1983 (Sperrert)
- 17/83 **Water Research in Zambia**
A review of the need for water research
O-83014 Svein Stene Johansen. September 1983
- 18/83 **Water Research in Kenya**
A review of the need for water research
O-83014 Svein Stene Johansen. September 1983
- 19/83 **Water research in Tanzania**
A review of the need for water research
O-83014 Svein Stene Johansen, Torbjørn Damhaug. May 1984
- 20/83 **Mikrobiologisk angrep på gummipakninger til vann- og avløpsrør**
Programforslag
O-83033 Kim Wedum. Juni 1983 (Sperrert)

- 21/83 **Slamdeponering ved norske mangøsmelteverk**
Fysisk-kjemisk karakterisering av dreisvann og virkninger av dreisvann på biologiske forhold i resipienten
O-80058 Øivind Tryland, Harry Efraimsen. April 1983
- 22/83 **Sandstangen vannverk**
O-83079 Eilen A. Vik. Juni 1983 (Sperrret)
- 23/83 **Erfaringer med mottak av septikslam på kommunale renseanlegg**
O-82037 Bjarne Paulsrud. Juli 1983
- 24/83 **Miljøgifter i overvann**
O-83063 Oddvar Lindholm. August 1983
- 25/83 **Arealfordeling av korttidsnedbør**
O-83005, F-83450 Oddvar Lindholm. Oktober 1983
- 26/83 **Urbanhydrologi i Sverige**
En litteraturstudie
O-83092 Oddvar Lindholm. November 1983
- 27/83 **Tørrværsavsetninger i fellessystemrør**
Fase II
O-82111 Oddvar Lindholm, November 1983
- 28/83 **Bruk av rent oksygen for luktreduksjon ved renseanlegg R-2, Lillehammer**
O-82083 Bjarne Paulsrud, Bjørn-Erik Haugan. November 1983
- 29/83 **Avsluttende funksjonsprøve for membran-filterpresser ved VEAS, oktober-november 1983**
O-83098 Lasse Vråle, Bjarne Paulsrud. November 1983 (Sperrret)
- 30/83 **Emerging European Wastewater Treatment Technology Preliminary Description**
O-83150 Arild Schanke Eikum. Desember 1983 (Sperrret)
- 31/83 **Treforedlingsindustriens avløpsvann**
Mikrobiell nedbrytning av klorert organisk materiale i blekeriavløpsvann
F-81434 Øivind Tryland, Harry Efraimsen. Desember 1983
- 32/83 **Suspensjoners synkehastighet**
Metode for analyse av finfordelte partiklers synkehastighet i vann
F-81434 Øivind Tryland. Desember 1983
- 33/83 **Silgrainsyre som fellingsmiddel ved SRV, VEAS Stemmestad**
O-82102 Lasse Vråle, P. Sagberg. Desember 1983. (Sperrret)
- 1/84 **Industriavløp på kommunale renseanlegg**
O-82017 Torbjørn Damhaug. Januar 1984
- 2/84 **Luftet lagune for rensing av sigevann**
Delrapport 1. Driftserfaringer
O-83027 Ragnar Storhaug. Februar 1984
- 3/84 **Highway pollution in a Nordic Climate**
O-79024 Eivind Lygren. Mars 1984
- 4/84 **An evaluation of large-scale algal cultivation systems for fish feed production**
O-84002 Torbjørn Damhaug et al. Februar 1984 (Sperrret)
- 5/84 **Matematisk modell av avløpsrenseanlegg**
O-82124/F-83448 Oddvar Lindholm. Februar 1984
- 6/84 **Adsorption in Water Treatment**
Fluoride Removal
FP-83828 Eilen A. Vik. Februar 1984
- 7/84 **Analyse av vannføringsdata**
O-81113 Kim Wedum. Januar 1984
- 8/84 **Renseeffekt i Heistad renseanlegg med og uten tilkopling av industrielt avløpsvann**
O-83093 Øivind Tryland. April 1984
- 9/84 **Hygienisering av slam ved bruk av rent oksygen**
F-81430 Bjarne Paulsrud, Bjørn-Erik Haugan, Gunnar Langeland. Juli 1984
- 10/84 **Slamavvanning med filterpresser ved SRV**
Økonomisk sammenligning av Lasta membran-filterpresser og Rittershaus & Blecher kammerfilterpresser
O-83098 Lasse Vråle, Bjarne Paulsrud. Mai 1984 (Sperrret)
- 11/84 **Separat behandling av slamvann fra avvanning av septikslam**
Biologisk rensing ved bruk av aktivslam
O-83021 Ragnar Storhaug. Juni 1984
- 12/84 **Industriutslipp til vassdrag**
Avveininger for å beskytte resipienten, eksempel fra en tekstilbedrift
OF-81618 Bjørn-Erik Haugan, Kim Wedum. April 1984 (Sperrret)
- 13/84 **Treforedlingsindustriens avløpsvann**
Virkning av peroksyd og UV-bestråling på klororganisk materiale og farge i celluloseblekeriers avløpsvann
F-81434 Øivind Tryland. Mai 1984
- 14/84 **Driftsassistanse**
Vannrenseanlegg, ÅSV A/S Fundo Aluminium
O-83141 Eigil Iversen, Torbjørn Damhaug. Juni 1984
- 15/84 **Ammonium som forureningsparameter**
O-83035 Kim Wedum. August 1984
- 16/84 **Driftsoppfølging av Biovac renseanlegg for helårsbolig**
O-82101 Bjarne Paulsrud. September 1984
- 17/84 **Kalkfelling på små renseanlegg**
O-83067 Ragnar Storhaug. Oktober 1984
- 18/84 **Hygienisering av slam ved lufttilførsel (Janca-prosessen)**
O-84050 Bjarne Paulsrud, Gunnar Langeland. September 1984
- 19/84 **Utvikling av lukket mærkonstruksjon.**
Prosessløsning og optimalisering
O-84091 Kjell Maroni, Eivind Lygren, Bjørn Braaten. Oktober 1984. (Sperrret)
- 20/84 **Forureningsproduksjon fra husholdning**
Halvårlig sommerundersøkelse fra Sydsbogen i 1983, Røyken kommune.
F-83451 Lasse Vråle. Oktober 1984
- 21/84 **Luftet lagune for rensing av sigevann**
O-83027 Ragnar Storhaug. April 1985
- 22/84 **Avløpsvannmengder tilført påslippene ved SRV i 1983 og 1984**
O-83090 Lasse Vråle. April 1985

WA rapporter utgitt av NIVA

- 1/85** **Spesifikk forurensningsproduksjon fra husholdning**
Enkel litteraturstudie
O-84131-01 Lasse Vråle. Mars 1985
- 2/85** **Kritisk analyse av spesifikke forurensningsmålinger**
O-84131-02 Lasse Vråle. Mars 1985
- 3/85** **Treatment of leachate in aerated lagoons**
Lab-scale study
O-84022 Ragnar Storhaug. Juli 1985
- 4/85** **Fiskeoppdrett på Granerudstøa, Nesodden**
O-85233 Bjørn Braaten, Torbjørn Damhaug. Juni 1985