

# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80  
Postboks 333, Blindern  
Oslo 3

Rapportnummer: 0-82102
Undernummer:
Løpenummer: 1573
Begrenset distribusjon: <b>S PERRET</b>

Rapportens tittel: Silgrainsyre som fellingsmiddel ved SRV, VEAS Stemmestad VA 33/83	Dato: 12.12.83
Forfatter(e): Siv.ing. Lasse Vråle Cand.real P. Sagberg	Prosjektnummer: 0-82102
	Faggruppe: Miljøteknikk
	Geografisk område: Akershus
	Antall sider (inkl. bilag): 27

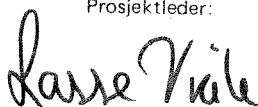
Oppdragsgiver: Vestfjorden avløpssekskap, VEAS	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt:  
Det er gjennomført undersøkelser ved SRV med Silgrainsyre som er et biprodukt fra Ferrosilisium industrien. Resultatene viser at Silgrainsyre renseteknisk konkurrerer med Ferriklor, men at stoffet ble levert med et høyt innhold av Ferrosilisiumpartikler som skapte store doseringsproblemer. Slammet fra Silgrainsyren synes ikke å fortykke like bra som slam fra jernfelling.

4 emneord, norske: VEAS Stemmestad
1. Silgrainsyre
2. Fellingsmiddel
3. Kjemisk felling
4. Avløpsvann
VA 33/83

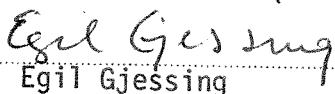
4 emneord, engelske:
1. Silgrain acid
2. Coagulant
3. Chemical precipitation
4. Sewage

Prosjektleder:

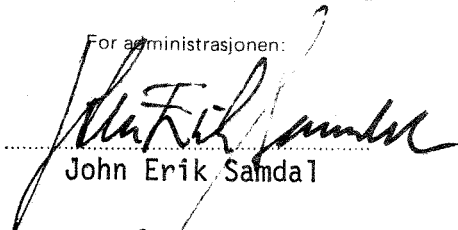


Lasse Vråle

Divisjonssjef:

  
Egil Gjessing

For administrasjonen:

  
John Erik Sandal

  
Lars N. Overrein

ISBN 82-577-0724-4

0-82102

SILGRAINSYRE SOM FELLINGSMIDDEL

VED SRV, VEAS SLEMMESTAD.

Prosjektleder siv.ing. L. Vråle  
medarbeider cand.real. P. Sagberg.

NIVA, den 12. desember 1983

Samarbeidsprosjekt mellom NIVA og VEAS.

## RETTELSER TIL VA-RAPPORT 33/83, 0-82102

Det har dessverre vist seg at det har sneket seg inn noen små feil i denne rapporten. Vennligst foreta følgende rettinger:

Side 12. Siste setningen på siden står det "silisiumhydratgrøt", dette rettes til "silisiumgrøt".

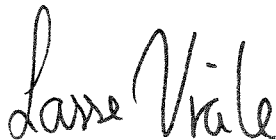
Side 13. 4. avsnitt, siste ord. silisiumhydrat rettes til silisium.

Side 18. Tabell 2 under flatebelastning skal det stå  $m^3/h \cdot m^2$  i stedet for  $m^3/h \cdot m^3$ .

## FORORD

Undersøkelsen kom istand på bakgrunn av de tidligere positive resultater som er oppnådd med Silgrainsyre som fellingsmiddel ved Buhrestua renseanlegg i Nesodden kommune. VEAS ønsket å undersøke om Silgrainsyre, som er et avfallsprodukt ved Bremanger Smelteverk, var ett alternativt fellingsmiddel ved SRV. Det viste seg imidlertid at "Fellingsmiddelet" som ble levert fra Bremanger hadde et høyere innhold av silisiumpartikler som skapte problemer med stabil dosering. Ambisjonsnivået ved undersøkelsen ble derfor redusert etter hvert.

NIVA's kostnader ved prosjektet er finansiert av VEAS. Transportkostnadene og Silgrainsyren som var nok for rensing ved halve SRV-anlegget i totalt ca. 20 døgn, er betalt av Bremanger Smelteverk, Svelgen, som er en del av Elkem bedriftene. Egeninnsatsen til VEAS har vært betydelig og det rettes en takk til driftspersonalet ved VEAS. Paul Sagberg har deltatt i prosjektet og har skrevet avsnittet 3.4 om "Gjennomføring og utvikling av forsøket". Alle analysene er utført ved laboratoriet ved VEAS for egen regning. Det rettes en takk til alle som har bidratt ved undersøkelsen.



Lasse Vråle

## INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	6
2. INNLEDNING	8
3. GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSEN	9
3.1. Målsetting	9
3.2. Sentralrenseanlegg Vest - SRV anleggsbeskrivelse	9
3.3. Forsøkskjøring ved SRV	10
3.4. Gjennomføring av forsøket	12
3.4.1. Leveranse av Silgrainsyre	12
3.4.2. Pumping og dosering 1. forsøk 5.-12. nov. 1982	13
3.4.3. Pumping og dosering 2. forsøk februar 1983	13
3.4.4. Oppsamling av slam	14
3.4.5. Uttak av prøver	14
4. RESULTATER	15
4.1. Karakterisering av innløpsvannet	15
4.2. Karakterisering av fellingskjemikalier som ble benyttet i forsøksperioden	15
4.3. Driftsforhold i fellingsanleggene	18
4.3.1. Hydraulisk fordeling	18
4.3.2. Kjemikaliedosering	19
4.4. Renseresultater	23
4.4.1. Døgnblandprøver	23
4.4.2. Kontinuerlig overvåkning av vannkvaliteten i utløpsrennene	25
4.5. Erfaringer fra slamproduksjonen	26
5. REFERANSER	27

FIGURER

	Side
1. Prosessteknisk oppbygning ved SRV Slemmestad	10
2. Planløsning ved SRV Slemmestad	11
3. Skjematisk framstilling av standard og forsøksanlegg	12
4. Metallkonsentrasjoner i ufortynnet Ferriklor 12 og Silgrainsyre	16
5. Spesifikk kjemikaliedosering før Ferriklor 12 og Silgrainsyre i perioden 28.1. til 20.2.83	21
6. pH-verdi i utløpsvannet fra felling med Ferriklor 12 og Silgrainsyre plottet som funksjon av kjemikaliedosering	22
7. Renseresultater med hensyn på Ferriklor og Silgraindosering	23
8. Total fosforkonsentrasjon i utløpsvannet som funksjon av kjemikaliedosering for Ferriklor 12 og Silgrainsyre i perioden 28.1. til 10.2.83	25

TABELLER

	Side
1. Metallanalyser av ufortynnet Ferriklor 12 og Silgrainsyre som ble benyttet ved undersøkelsen i januar og februar 1983	17
2. Hydraulisk belastning på fellingsanleggene ved utprøving av Silgrainsyre ved VEAS fra 26.1. til 11.2.83	18
3. Doseringsmengden for ufortynnet Ferriklor 12 og Silgrainsyre i undersøkelsesperioden	20
4. Renseresultater med hensyn på fosfor for Ferriklor og Silgrainsyredosering	23

## 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Kjemisk felling av avløpsvann med Silgrainsyre ble første gang gjennomført ved Buhrestua renseanlegg i Nesodden kommune og med lovende resultater. Det var aldri noen problemer med doseringsforholdene og rensgraden var høy. Den eneste ulempen var høyt krominnhold i slammet, som lå tett oppunder det krav SFT stiller i slam som skal benyttes i jordbruks-sammenheng. Det ble imidlertid antydnet fra leverandøren at krominnholdet i Silgrainsyren muligens kan reduseres blant annet ved redusert innhold av partikulært materiale.

Den Silgrainsyrelasten som VEAS fikk til forsøkskjøring skapte imidlertid store problemer i doseringsutrustningen. Første forsøk som ble igangsatt i november -82 måtte avbrytes på grunn av pumpe-litasje. Nytt forsøk i januar/februar -83 med nye pumper gikk imidlertid bedre, men skapte fortsatt problemer med doseringen.

Det kan imidlertid slås fast at Silgrainsyren må leveres med vesentlig lavere innhold av partikler hvis den skal egne seg som fellingskjemikalium ved avløpsrensning. Dessuten må mottakersiloen utformes slik at eventuelle partikler ikke får anledning til å blokkere ledninger og skape krystalliseringsproblemer i ventiler etc.

Hvis man ser bort fra doseringsproblemer kan det slås fast at rensresultatene forøvrig virker lovende. Imidlertid kan det virke som om slammet ikke fortykker like bra som slam ved jernfelling.

### Følgende konklusjoner kan trekkes:

1. Silgrainsyren gav akseptable rensresultater i perioden med normal dosering og viste at fellingsmiddelet renses teknisk konkurrerer med Ferriklor 12.
2. Silgrainsyren slik den ble levert til VEAS er ikke egnet for stabil dosering. Innholdet av partikulært materiale var uakseptabelt høyt. Varen var heller ikke oksydert.



3. For 8 døgn med samme doseringsmengde som Ferriklor 12, henholdsvis ufortynnet vare, gjennomsnittlig 107 - 108 ml/m<sup>3</sup>, gav undersøkelsen følgende resultater.

Vanntype	Tot-P	Orto-P	Rensegrad Tot-P
Innløpsvann	3,76 mg P/l	-	-
Utløpsvann Ferriklor 12	0,80 mg P/l	0,27 mg P/l	79 %
Utløpsvann Silgrainsyre	0,57 mg P/l	0,17 mg P/l	85 %

4. Høyere dosering med begge fellingskjemikalier gir lavere utslippskonsentrasjon med hensyn til Tot-P. Ved en dosering på 150 - 200 ml Silgrainsyre/m<sup>3</sup> for det aktuelle innløpsvannet kan det forventes en utløpskonsentrasjon på ca. 0,15 - 0,25 mg P/l med det aktuelle innløpsvannet. Resultatene indikerer at rensegraden også i det høyere doseringsområdet blir bedre med Silgrainsyre enn med Ferriklor 12.

## 2. INNLEDNING

Kjemiske fellingsanlegg for rensing av kommunalt og industrielt avløpsvann har vist at de enkelt reduserer innholdet av både suspendert stoff, fosfor og organisk stoff på en slik måte at forurensningsbelastningen i elver, innsjøer og fjorder reduseres. Forskjellige aluminium-, jern- og kalkholdige produkter anvendes som fellingsmiddel. Nødvendige doseringsmengder av de ulike fellingsmidlene, mengde pr. m<sup>3</sup> avløpsvann for å oppnå ønsket rensesresultat er med på å bestemme rensekostnadene. Slamproduksjon, avvanningsegenskaper og andre driftsforhold knyttet til vann- og slamsiden som følge av kjemikalievalget er med på å bestemme driftsøkonomi og rensesresultat.

VEAS startet opp rensesprosessen 8. mars 1982 med jernklorid levert fra Ferriklor A/S som fellingsmiddel. Ferriklor opparbeides av et avfallsprodukt fra Kronos Titan, til en treverdig jernkloridløsning.

Eiere av rensenanlegg er på kontinuerlig utkikk etter bedre og rimeligere fellingskjemikalier, og i den senere tid har mange vurdert om biprodukter fra industrien kan egne seg.

Et alternativt fellingskjemikalium er et avfallsprodukt, kalt Silgrainsyre, fra Bremanger Smelteverks silisiumproduksjon. Silgrainsyre inneholder ca. 8 % jern og 4 % aluminium på volumbasis og har lav pH, slik at metallene foreligger i en form som egner seg som fellingsmiddel for avløpsvann.

Silgrainsyre er tidligere utprøvd som fellingsmiddel ved Buhrestua rensenanlegg på Nesodden, et primærfellingsanlegg av samme type som SRV, men bygd for 4.500 personenheter og belastet med 1.500 personenheter i undersøkelsesperioden (1). Disse undersøkelsene viste at Silgrainsyre kan egne seg som fellingsmiddel for avløpsvann.

Etter flere kontakter mellom Elkem og VEAS ble man i juni -82 enige om at Bremanger Smelteverk skulle levere en prøvevare til VEAS for fellingsforsøk i to av anleggets åtte linjer, (forsøksdelen) VEAS engasjerte NIVA for utprøving av Silgrainsyren.

### 3. GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSEN

#### 3.1. Målsetning

Undersøkelsen skulle klarlegge om Silgrainsyre kunne rense avløpsvan-  
net like bra som Ferriklor og finne sammenhengen mellom doserings-  
mengde og tilsvarende rensesgrad. Ut fra dette er det mulig å beregne  
kjemikaliekostnadene i vannrensese prosessen. Opprinnelig var det ønske-  
lig å bestemme slamproduksjon og eventuelle endringer i avvannings-  
forholdene. På grunn av de omtalte doseringsproblemene ble denne  
delen av undersøkelsen ikke gjennomført.

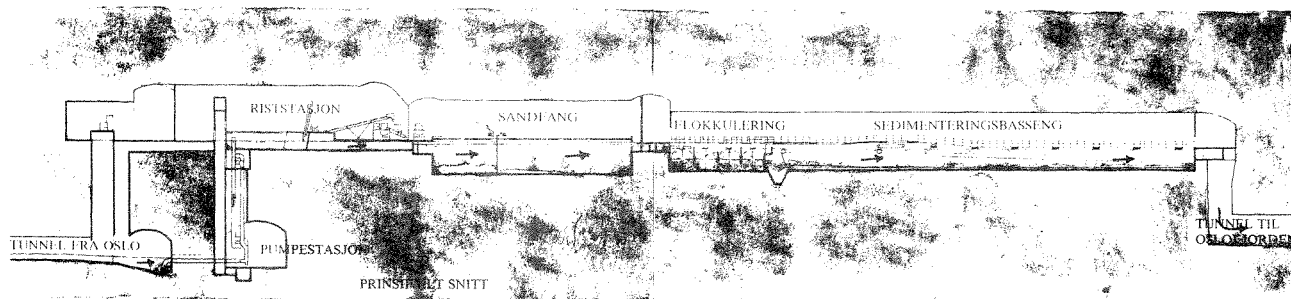
#### 3.2. Sentralrenseanlegg Vest - SRV anleggsbeskrivelse

Renseanlegget har et stort rensedistrikt og betjener kommunene Oslo,  
Bærum, Asker og delvis Røyken. Anlegget ligger på kommunegrensen  
mellom Asker og Røyken ved Slemmestad. Anlegget er bygget i fjellet.  
Avløpsvann tilføres renseanlegget via 48 påslippspunkter til oppsam-  
lingstunnelen som tilsammen utgjør 37 km.

Anlegget betjener en bosatt befolkning på 300.000 personer og med  
industri og erverv ca. 600.000 personenheter. Ved gjennomføringen av  
undersøkelsen var ca. 2/3 av spillvannsbelastningen tilknyttet. Full-  
belastning ble tilknyttet i juli 1983. Renseanlegget er dimensjonert  
for en normal full hydraulisk belastning på  $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$ , men har i kortere  
perioder mottatt opptil  $6 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Ved renseanlegget pumpes råkloakken opp fra selvføllstunnelen og ledes  
inn i gjennom maskinrensede rister. Anlegget er bygget etter primær-  
fellingsprinsippet med en prosessoppbygging som vist i figur 1. Føl-  
gende enheter inngår i prosessen:

1. Pumpestasjon
2. Maskinrensede rister
3. Luftet sandfang med fettfang
4. Hurtig omrøringskammer
5. Flokkuleringskammer med 4 horisontale omrørere i serie i separate kammer
6. Rektangulære sedimenteringsbasseng med kjedeskraper
7. Utslipp via tunnel og diffusor på 50 meters dyp.



Figur nr. 1. Prosessteknisk oppbygning ved SRV Slammestad.

Planløsningen for rensenanlegget er presentert i figur 2. Det fremgår at hovedanlegget er oppdelt i 8 separate fellingsanlegg med hvert sitt doseringssystem, målerenne og prøvetakingspunkt for rensset vann.

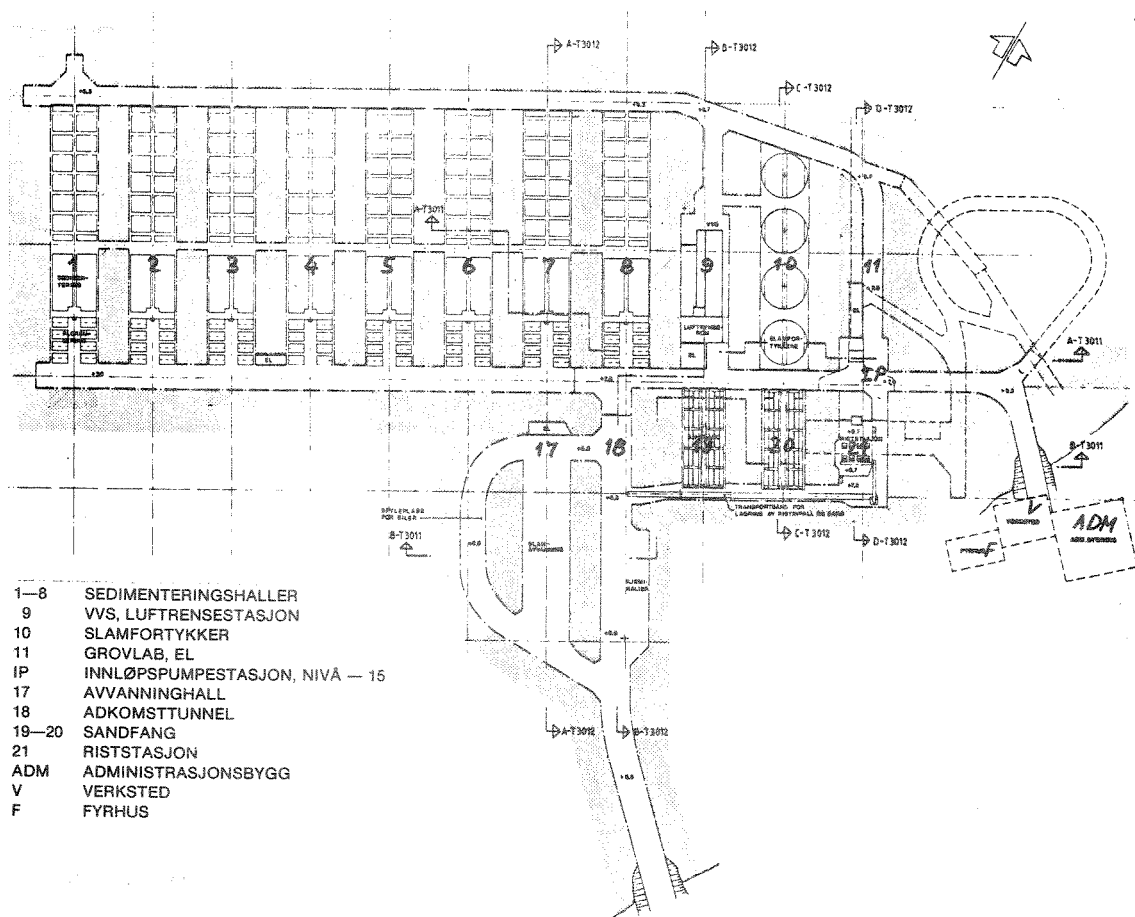
Hver av de 8 anleggene er anlagt i egen fjellhall, men bassengene er delt i to slik at det i alt er 16 sedimenteringsbasseng og flokkuleringsbasseng med innebygde kammer.

Slammet fra de 8 kjemiske fellingsanleggene pumpes fra to og to basseng, til fire separate fortykkere. Dekantvannet fra fortykkerne sendes tilbake til rensanleggets innløp mens det fortykkede slammet pumpes til kondisjoneringstankene. Kondisjoneringstankene tilsettes kalk for å øke slammets avvanningsegenskaper. Etter kondisjonering avvannes slammet i 3 Lasta kammerfilterpresser. Slammakene kjøres ut enten til Isi i Bærum hvor slammet komposteres eller direkte ut i jordbruket. Filtratvannet fra pressene som er meget rent til rejektvann å være, sendes tilbake til rensenanleggets innløp.

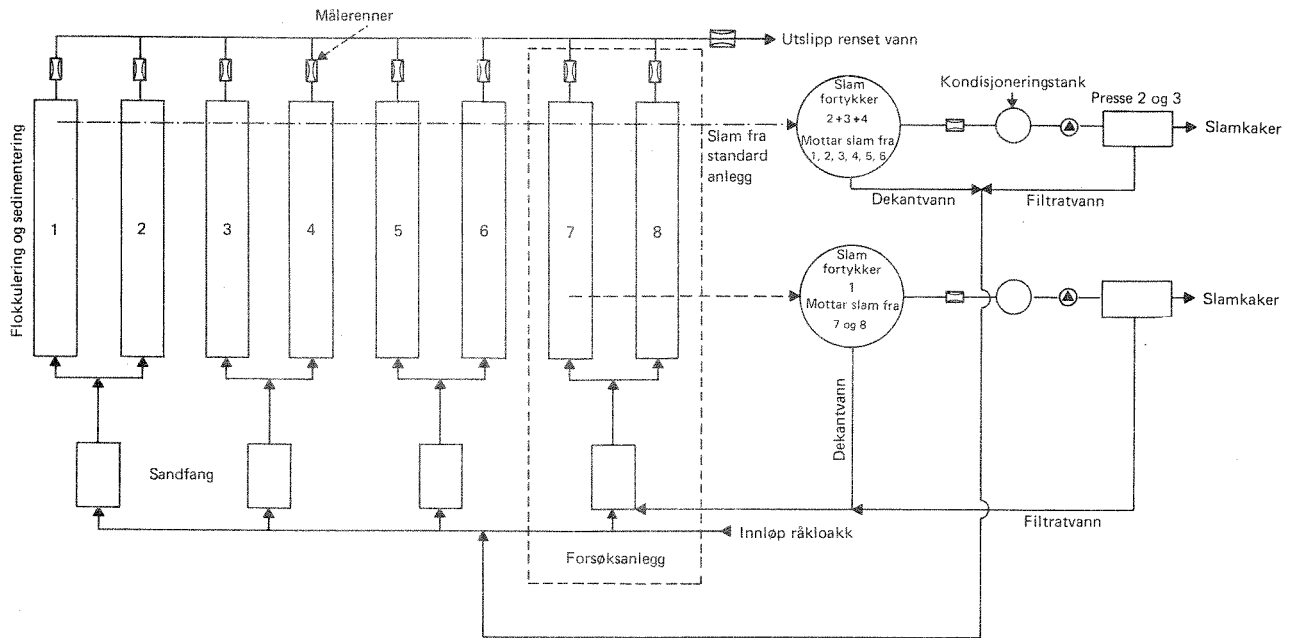
### 3.3. Forsøkskjøring ved SRV

SRV er bygget med tanke på å undersøke virkningen av separate fellingskjemikalier parallelt med vanlig drift ved anlegget. To av de 8 separate fellingsanleggene, altså 25 % av kapasiteten, er laget slik at de kan kjøres helt uavhengig av det øvrige rensenanlegget som forsøksanlegg. Figur 3 viser en skisse for forsøksanlegget. Det er lagt opp egne siloanlegg for kjemikalier og eget doseringssystem for disse to

forsøkslinjene. Slammet og slamvannet holdes separat innen forsøksanlegget og kan avvannes i en egen slampresse. Noen anleggstekniske problemer har imidlertid ført til at noe ombygging må til for å oppnå full nytte av det separate forsøksanlegget. Undersøkelsen med Sil-grainsyre er ikke gjennomført med hensyn til slamsiden ved denne undersøkelsen. Ved denne undersøkelsen, når anlegget blir i orden, vil det være mulig å undersøke effekten av alternative fellingskjemikalier parallelt med normal drift i anlegget forøvrig. Det vil bli mulig i full skala å studere doseringsmengder, renseseffekt, slamproduksjon og slamavvanningsegenskaper, samt å produsere to separate slamtyper ved anlegget.



Figur 2. Planløsning ved SRV Slemmestad.



Figur 3. Skjematisk fremstilling av hoved- og forsøksanlegg.

Nye påslipp kobles stadig inn og ikke minst vil Oslo Sentrum innvirke kraftig på resulterende avløpsvann som tilføres SRV. Virkningen av fellingsmidlene kan best studeres når undersøkelsen kjøres parallelt på den samme kloakkvanntypen slik det er gjort ved denne undersøkelsen.

### 3.4. Gjennomføring av forsøket

#### 3.4.1. Leveranse av Silgrainsyre

I løpet av oktober 1982 ble det levert ca. 129 m<sup>3</sup> Silgrainsyre med bil til tank på SRV. Bilen hadde til tider problemer med å få pumpet innholdet over til tank. Etter det første lasset ble det tatt kontakt med Bremanger som beklaget at dette ene lasset ved en feiltagelse hadde fått med seg mye slam, men at dette ikke ville gjenta seg. Dette slam ble dekantert fra på SRV ved pumping over til ren tank. Dette lot seg senere ikke gjennomføre. Det viste seg ved avslutningen av forsøket at leveransen bestod av mer enn 20 % "silisiumhydratgrøt".

#### 3.4.2. Pumping og dosering 1. forsøk 5.-12. nov. 1982

Ferriklor ble pumpet som normalt til en fortynningstank hvor den ble blandet med vann (1 + 3,25). Den fortynnede vare ble ringpumpet og mengdeproporsjonalt dosert via magnetiske mengdemåler og motorstyrt reguleringsventil til fellingskammerne i to sedimenteringshaller.

Silgrainsyren skulle pumpes med en av de pumpene som til daglig brukes til Ferriklor i et ringpumpesystem fra bunnen av tankene og returneres på toppen, for å holde en tilnærmet homogen vare. Dosering av ufortynnet vare foregikk mengdeproporsjonalt via elektromagnetisk mengdemåler og reguleringsventil til fellingskammerne i to sedimenteringsbasseng. Under forsøket skulle det doseres like mye ufortynnet Ferriklor og Silgrainsyre på volumbasis.

I tillegg til elektromagnetiske mengdemålere ble det montert epoxybelagte vingehjulsmålere i serie. Disse stoppet imidlertid raskt opp og var derfor verdiløse.

Forsøket startet opp 5.11.82, men måtte avbrytes etter flere havarier på sirkulasjonspumpen for Silgrainsyre. Pakkboksen av teflon ble i løpet av få timers drift slitt i stykker. Havariene kunne tilskrives store mengder partikulært silisiumhydrat.

Forsøket hadde ingen lengre periode med stabil drift slik at det er verdiløst å presentere analyseresultater fra denne perioden.

#### 3.4.3. Pumping og dosering 2. forsøk februar 1983

Etter de første mislykkede forsøk ble det ved hjelp av FoU ved Elkem funnet frem til en trykkluftdrevet pumpe som ikke skulle slites i stykker så raskt av silisiumpartiklene. Denne pumpen hadde mye mindre kapasitet slik at rørsystemet (ca. 300 m) ble skiftet ut til mindre dimensjoner. Først ble Silgrainsyren pumpet fra bunnen av tankene som tidligere. Stadige avbrudd grunnet igjentetting av pumpe, førte til at pumpens sugeledning ble flyttet til toppen av tankene og senket etterhvert som nivået i tankene sank. Hele det rapporterte forsøket er derfor utført med dekantert syre. Ytterligere driftsavbrudd på grunn av utkrystalliseringer i ledninger og reguleringsventiler gjør at forsøksresultatene er beheftet med en viss grad av usikkerhet.

Dosering ble foretatt som beskrevet under 1. forsøk. Forsøket ble avsluttet da pumpen ikke lengre greide å pumpe "silisiumgrøten" nede i tankene.

#### 3.4.4. Oppsamling av slam

Fra de to sedimenteringsbassengene hvor det ble felt med Silgrainsyre, ble slammet pumpet til en tom fortykker, slik at det skulle være mulig å bestemme slamproduksjon, samt avvanningsegenskaper. Slam fra Ferriklorfelling ble tilført en fortykker som var i kontinuerlig drift.

Fra alle sedimenteringsbassengene ble slamtapping startet når en viss mengde vann hadde rent gjennom bassenget. Slamtapping foregikk til tørrstoffet ut av bassenget kom under 2,2 %. Dette ble endret for Silgrainsyrelinjene etter noen dager til 1,8 % for overhodet å få slam ut av bassengene. Dette tyder på at det Silgrainsyrefelte slammet ikke oppnådde en tørrstoffprosent på 2,2 % i slamlommene i sedimenteringsbassengene.

#### 3.4.5. Uttak av prøver

Ved utløpet av sedimenteringsbassengene, og på innløp etter rist, var det montert prøvetakere som tok mengdeproporsjonale døgnblandprøver som ble analysert på laboratoriet på SRV.

NIVA monterte i tillegg en kontinuerlig analysestasjon som vekselvis suget prøver fra utløp av Silgrainsyre-/Ferriklor- rensed vann. Denne stasjonen analyserte  $O_2$ , turbiditet, ledningsevne, pH og temperatur. Hver dag ble det tatt stikkprøver av fellingskjemikaliene og slam fra sedimentering. Fra hvert av fellingskjemikaliene ble det laget en blandprøve for hele forsøksperioden for tungmetallanalyser.



#### 4. RESULTATER

##### 4.1. Karakterisering av innløpsvannet

Vannføringen var relativt lav i perioden mens forsøkene med Silgrain-syredosering foregikk. I gjennomsnitt fra 26.1 til 11.2.83 har SRV mottatt 1168 l/s.

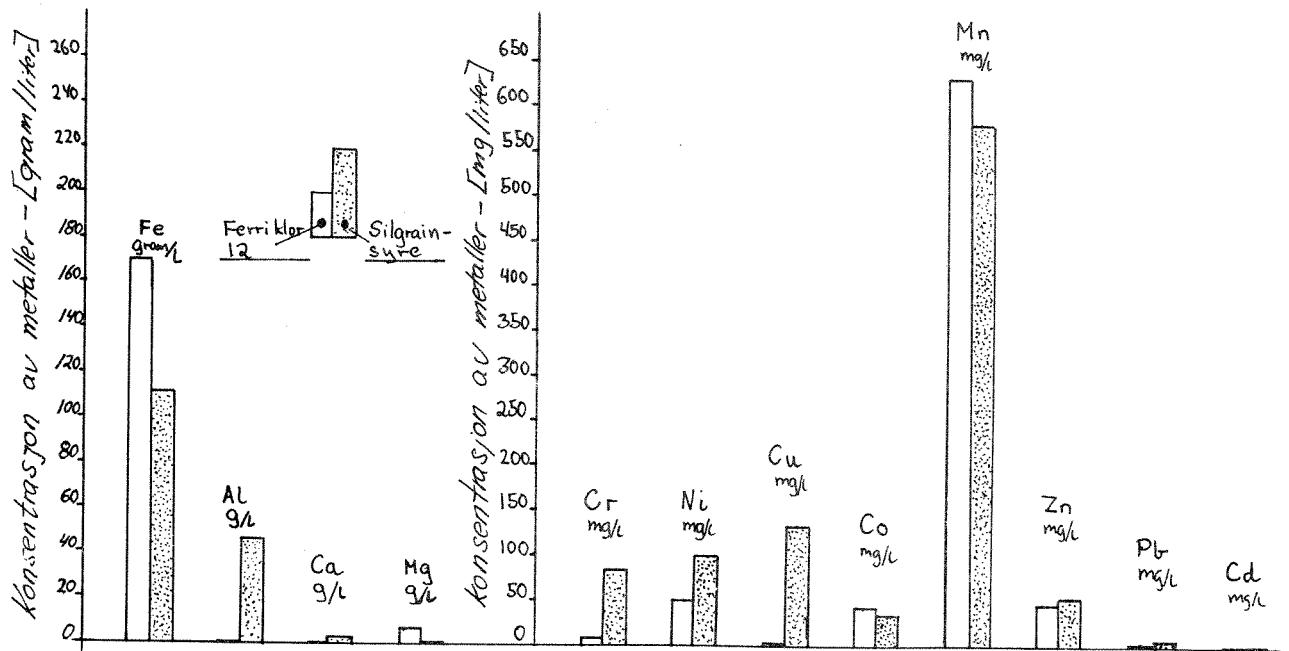
Innløpsvannet har hatt følgende gjennomsnittlige konsentrasjoner og måleverdier:

pH-verdi : 7,25  
Alkalitet : 2,40 mekv/l  
Total-P : 4,13 mg P/l

Innløpsvannet ved VEAS har vanligvis relativt lave konsentrasjoner, men i forsøksperioden var konsentrasjonene høyere enn vanlig. Dette skyldes de små fremmedvannsmengdene som tas inn i februar.

##### 4.2. Karakterisering av fellingskjemikalier som ble benyttet i forsøksperioden

VEAS foretok en metallanalyse av begge fellingskjemikaliene både for kontroll av fellingsmetallenes konsentrasjoner i ufortynnet vare og for å se hvilke tungmetaller som introduseres ved kjemikalie-doseringen. Resultatene er vist i tabell 1 og er grafisk framstilt i figur 4.



Figur 4. Metallkonsentrasjoner i ufortynnet Ferriclor 12 og Silgrain-syre.

Tabell nr. 1. Metallanalyser av uforynnet Ferriklor 12 og Silgrainsyre som ble benyttet ved undersøkelsen i januar og februar 1983.

Metallparameter	Konsentrasjon i Ferriklor 12	Konsentrasjon i Silgrainsyre
Fe Jern	170 gram/l (11,5 %)	111 gram/l (7,9%)
Al Aluminium	< 2 mg/l	46 gram/l (3,3%)
Ca Kalsium	< 1 mg/l	2,3 gram/l
Mg Magnesium	6,9 gram/l	0,7 gram/l
Cr Krom	6,5 mg/l	83 mg/l
Ni Nikkel	50 mg/l	100 mg/l
Cu Kobber	1,5 mg/l	131 mg/l
Co Kobolt	44 mg/l	33 mg/l
Mn Mangan	630 mg/l	580 mg/l
Zn Zink	45 mg/l	53 mg/l
Pb Bly	< 2 mg/l	5,0 mg/l
Cd Kadmium	0,011 mg/l	0,009 mg/l
Egenvekt	1,48 kg/l	1,40 kg/l

Prosenttallene i parentes angir vektprosent.

Tabellen viser at jernkonsentrasjonene i Silgrainsyren utgjør bare 65 % av jernkonsentrasjonen i Ferriklor 12 i uforynnet form. Til gjengjeld har Silgrainsyren 46 g aluminium/l som tilsvarer 3,3 % på vektbasis, mens Ferriklor 12 ikke inneholder aluminium. Silgrainsyren inneholder dessuten noe kalsium, men det er usikkert om dette har noen positiv eller negativ virkning i fellingsprosessen.

Av tungmetall-innholdet er det verdt å merke seg at krominnholdet i Silgrainsyren er 13 ganger høyere i Ferriklor 12. Nikkelinnholdet er 2 ganger høyere og kobber hele 87 ganger høyere. Kobolt og mangan derimot er høyere i Ferriklor 12 løsningen. Blyinnholdet er større i Silgrainsyren, mens kadmiuminnholdet er svært lite i begge løsningene.

Buhrestua-undersøkelsen (1) viste at det spesielt var krominnholdet i Silgrainsyren som økte Cr-innholdet i slammet mye.

#### 4.3. Driftsforhold i fellingsanleggene

##### 4.3.1. Hydraulisk fordeling

Hver av de fire fellingsanleggene som inngår i undersøkelsen har egen vannmåler slik at hydraulisk belastning og eventuelle skjeve fordelingsforhold kan avsløres. Resultatene er presentert i tabell 2.

Tabell 2. Hydraulisk belastning på fellingsanleggene ved utprøving av Silgrainsyre ved VEAS fra 26.1. til 11.2.83.

Dato kl. 0800 til kl. 0800 1983	Ferriklor 12				Silgrainsyre			
	Hydraulisk belastning		Flate belastning		Hydraulisk belastning		Flate belastning	
	SED 1 1/s	SED 2 1/s	Gjennomsnitt		SED 7 1/s	SED 8 1/s	Gjennomsnitt	
			1/s	m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>			1/s	m <sup>3</sup> /h.m <sup>3</sup>
26.1-27.1	377	341	358	1.12	355	341	348	1.08
27.1-28.1	376	341	359	1.12	360	338	349	1.09
28.1-29.1	356	326	341	1.06	314	312	313	0.98
29.1-30.1	349	314	332	1.03	291	296	294	0.92
30.1-31.1	334	307	321	1.00	280	285	283	0.88
31.1-01.2	335	309	322	1.00	282	283	283	0.88
01.2-02.2	333	306	320	1.00	275	276	276	0.86
02.2-03.2	327	299	313	0.98	280	282	281	0.88
03.2-04.2	323	292	308	0.96	289	280	280	0.87
04.2-05.2	325	291	309	0.96	274	275	275	0.86
05.2-06.2	317	282	299	0.93	262	268	265	0.82
06.2-07.2	315	280	298	0.93	255	263	259	0.81
07.2-08.2	325	285	305	0.95	253	269	261	0.81
08.2-09.2	290	254	272	0.85	255	259	257	0.80
09.2-10.2	304	251	278	0.87	249	258	254	0.79
10.2-11.2	308	255	281	0.88	255	268	262	0.82
Gjennomsn.	331	295	314	0.98	283	285	284	0.89

Sedimenteringsbassengene er rektangulære 75 m lange, 7,70 m brede, slik at hver av de to sedimenteringsbassengene som ligger i hver hall har et areal på  $A_1 = 577,5 \text{ m}^2$ , totalt  $A_2 = 1,555 \text{ m}^2$  pr. hall. Vannmengden som måles i egen vannmåler for hver hall må derfor deles med  $1,555 \text{ m}^2$  for beregning av flatebelastningen i sedimenteringsbassengene. Bassengene har ett gjennomsnittlig dyp på 3,60 m og har derfor ett totalt vannvolum på  $V_1 = 2,079 \text{ m}^3$ , totalt  $V_2 = 4,158 \text{ m}^3$  pr. hall.

Den hydrauliske belastningen har vært noe større i Ferriklor-anlegget med 314 l/s i gjennomsnitt pr. hall som gir en flatebelastning på  $0,98 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ . Tilsvarende belastning har vært 284 l/s i gjennomsnitt i Silgrainsyre fellingsanlegget og en flatebelastning på  $0,89 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ , altså 10 % lavere. Dette kan slå ut noe på rensegraden fordi flatebelastningen er nær  $1,0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ , som er anbefalte maksimalverdier ved dimensjonerende belastning. Vannføringen viser en synkende tendens i alle bassenger mens undersøkelsen pågår, som følge av mindre fremmedvannsinntrengning. Sedimenteringsbasseng 1 viser konsekvent høyere belastning. Det forekommer altså en viss skjevfordeling.

Den teoretiske oppholdstiden i sedimenteringsbassengene har vært følgende i gjennomsnitt:

Ferrikloranlegget : 3,68 timer

Silgrainsyreanlegget: 4,07 timer

#### 4.3.2. Kjemikaliedosering

Forsøket ble siste gang startet 16.1.83 kl. 0800. Imidlertid oppsto det straks doseringsproblemer og Silgrainsyredoseringen ble stanset kl. 1800 samme dag. Sugeledningen for den nye spesialinnkjøpte Silgrainsyre-doseringspumpen ble omkoblet slik at man gikk over til dekanteringsprinsippet for å unngå at sedimentert Ferrisilisium i Silgrainsyren blokkerte innløpet til doseringspumpen. Forsøket ble tatt opp igjen 28.1 kl. 0900 og ble avsluttet 10.2 om morgenen, altså 13 døgn i alt.

De etterfølgende resultater er rapportert med 28.1 som første prøvedøgn. De spesifikke doseringsmengdene for ufortynnet Ferriklor 12 og Silgrainsyre fremgår av tabell 3.

Tabell 3. Doseringsmengden for uforyttnet Ferriklor 12 og Silgrainsyre i undersøkelsesperioden.

Døgn		Dato kl. 1800 Til kl. 1800 1983	Ferriklor 12				Silgrainsyre				Total renset vann- mengde m <sup>3</sup> /d	Total renset vann- mengde m <sup>3</sup> /d
			Forbruk totalt uforyttn. m <sup>3</sup> /d	Fortynnet grad antall ganger	Forbruk totalt uforyttn. m <sup>3</sup> /d	Spesifikk doseging ml/m <sup>3</sup>	Result. pH i utløps- vannet	Forbruk totalt uforyttn. m <sup>3</sup> /d	Spesifikk dosering ml/m	Result. pH i utløps- vannet		
1	F	28.1-29.1	24,47	4,30	5,92	101		5,86	108		58.900	54.100
2	L	29.1-30.1	23,36	4,15	5,63	98		4,82	95		57.400	50.900
3	S	30.1-31.1	16,95	4,13	4,11	74		3,63	74		55.500	48.900
4	M	31.1-01.2	33,49	4,50	7,44	134		5,60	115		55.600	48.900
5	T	01.2-02.2	39,30	4,00	9,83	178	6,63	7,00	147	6,89	55.300	47.700
6	O	02.2-03.2	37,92	4,50	8,43	156	6,59	4,22	87	6,93	54.100	48.600
7	T	03.2-04.2	30,08	4,38	6,07	129	6,83	6,31	130	6,88	53.200	48.400
8	F	04.2-05.2	29,56	4,20	7,04	132	6,81	6,26	132	6,90	53.400	47.500
9	L	05.2-06.2	18,81	4,30	4,37	85	6,89	4,29	94	6,97	51.700	45.800
10	S	06.2-07.2	18,27	4,50	4,06	79	6,93	3,51	79	6,98	51.500	44.700
11	M	07.2-08.2	29,30	4,12	7,11	135	6,73	5,85	130	6,85	52.700	45.100
12	T	08.2-09.2	26,35	4,43	5,95	127	6,72	5,76	130	6,75	47.000	44.400
13	O	09.2-10.2	33,06	4,50	7,35	153		5,70	130		48.000	43.900
			-	4,31	-	122	6,77	-	111	6,91	53.407	47.600

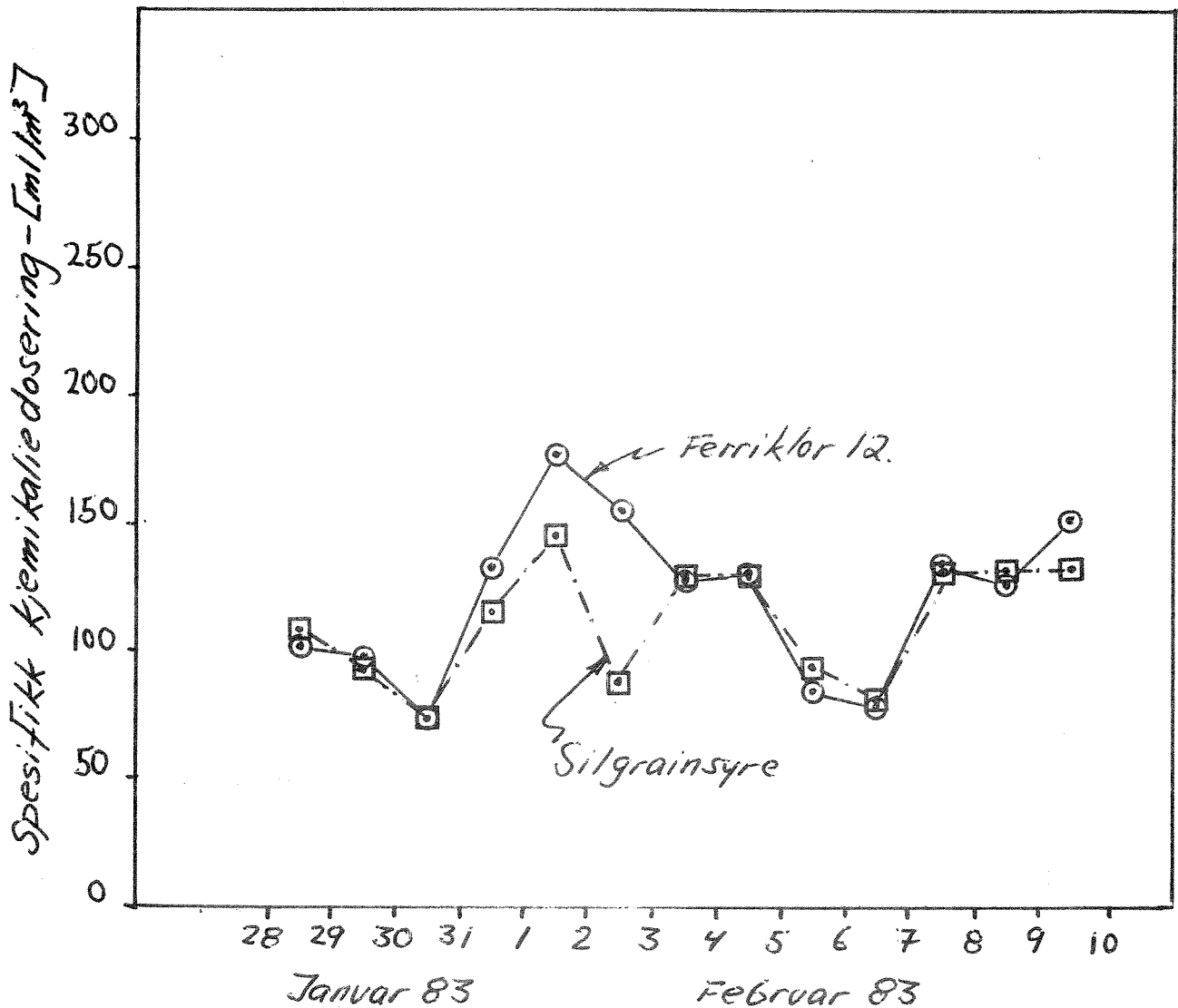
Forbruket av medgått Ferriklor 12 og Silgrainsyre er målt i individuelle elektromagnetiske målere for hvert av de fire uavhengige fellingsanleggene og totalforbruket pr. døgn registreres automatisk og lagres i anleggets driftssystem. Ferriklor 12 fortynnes imidlertid før dosering og det tas daglige stikkprøver av doseringsvæsken for kontroll av fortynningsvannmengden som framgår i egen kolonne. Fortynningsvannmengden varierer noe, og representerer ett ekstra ledd i beregningen av spesifikk forbruk av uforyttnet Ferriklor 12 ml/m<sup>3</sup> avløpsvann. De spesifikke doseringsmengdene for hvert av fellingskjemikalierne i gjennomsnitt angitt som ml uforyttnet vare pr. m<sup>3</sup> avløpsvann fremgår av tabell 3.

En av målsetningene var å dosere like store mengder fellingskjemikalier som uforyttnet vare pr. m<sup>3</sup>. Det var også påtenkt å forsøke å endre doseringsmengden av Silgrainsyre slik at renseresultatene i hver av fellingsanleggene ble like.

Normal rutine for styring av doseringsmengden ved anlegget i den tiden undersøkelsene pågikk, var manuelt å regulere "setpunktet" for doseringsmengde ml/m<sup>3</sup> i forhold til renseresultatet. Erfaringen var blant annet at mindre konsentrert avløpsvann i helgene medførte at doseringen kunne senkes før helgene.

Resultatet er grafisk fremstilt i figur 5 og viser at den spesifikke kjemikaliedoseringen både for Ferriklor 12 og Silgrainsyre varierer. Hovedårsaken til variasjonene er imidlertid først og fremst endring av setpunktet for forutsatt dosering. Etter innkjøringsperioden synes kurvene å følge hverandre relativt bra. I døgnet mellom 2. og 3. februar er det imidlertid rapportert om stopp i Silgrainsyre-doseringen mellom kl. 0900 til kl. 1500. På slutten av perioden er avviket i dosering økende. For dagene 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11 og 12, har avviket i dosering mellom Ferriklor og Silgrainsyre vært maksimalt 7 %. Gjennomsnittsdoseringen for disse 8 døgnene har vært følgende:

Ferriklor 12 : 107 ml/m<sup>3</sup>  
Silgrainsyre : 108 ml/m<sup>3</sup>

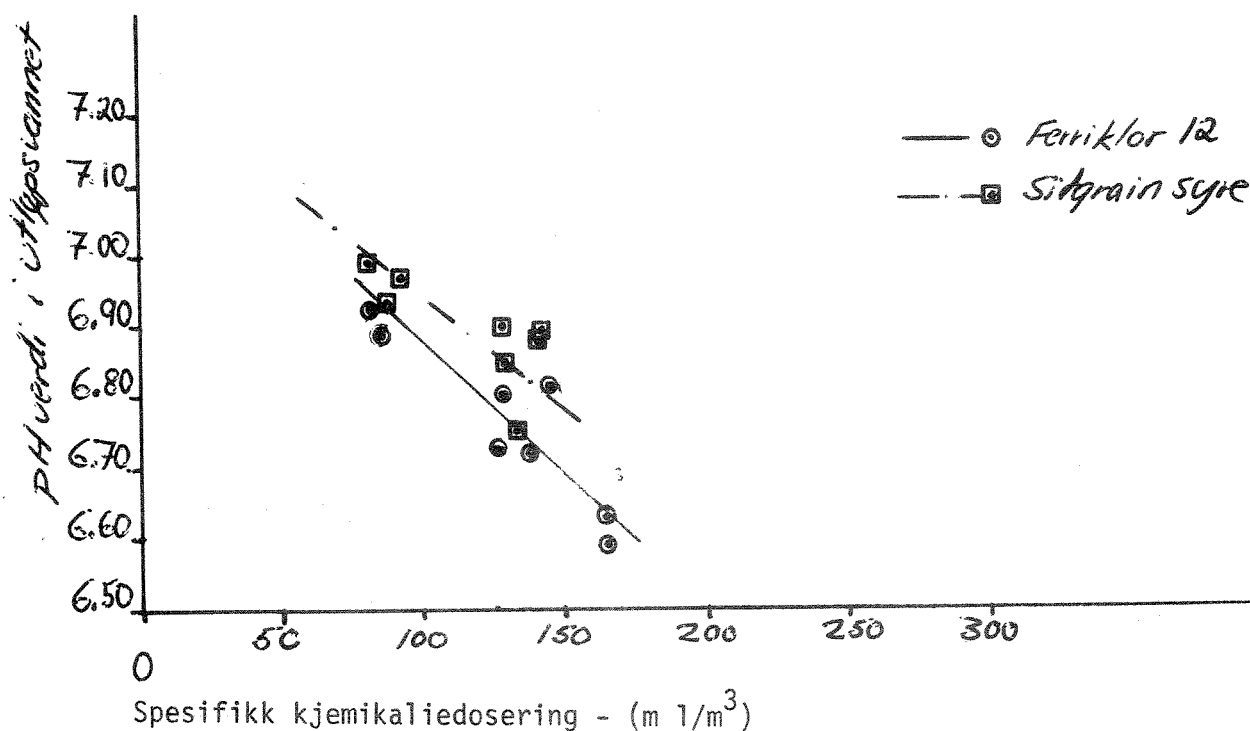


Figur 5. Spesifikk kjemikaliedosering for Ferriklor 12 og Silgrainsyre i perioden 28.1. til 20.2.83.

Det er også målt pH i endel av døgnblandprøvene på VEAS-laboratoriet og resultatene er presentert i tabell 3. Resultatene viser svært stabile pH-verdier med følgende gjennomsnittresultater i de døgnene målingene er foretatt:

	pH-verdi	Kjemikaliedosering
Innløpsvann	7,25	-
Ferriklor-utløpsvann	6,77	128 ml/m <sup>3</sup>
Silgrainsyreutløpsvann	6,91	116 ml/m <sup>3</sup>

pH-verdien er noe høyere i Silgrainsyrebehandlet utløpsvann, men gjennomsnittsdoseringen i disse døgnene er også lavere. I figur 6 er resulterende pH-verdi plottet som funksjon av doseringsmengden. Den viser at Silgrainsyrens evne til å senke pH-verdien i utløpsvannet er noe lavere ca. 0,05 pH enheter for samme mengde ml/m<sup>3</sup> i det aktuelle pH-område for felling. Forøvring ligger pH-verdien i utløpsvannet høyere enn det som er vanlig ved primærfelling.



Figur 6. pH-verdi i utløpsvannet fra felling med Ferriklor 12 og Silgrainsyre plottet som funksjon av kjemikaliedosering.



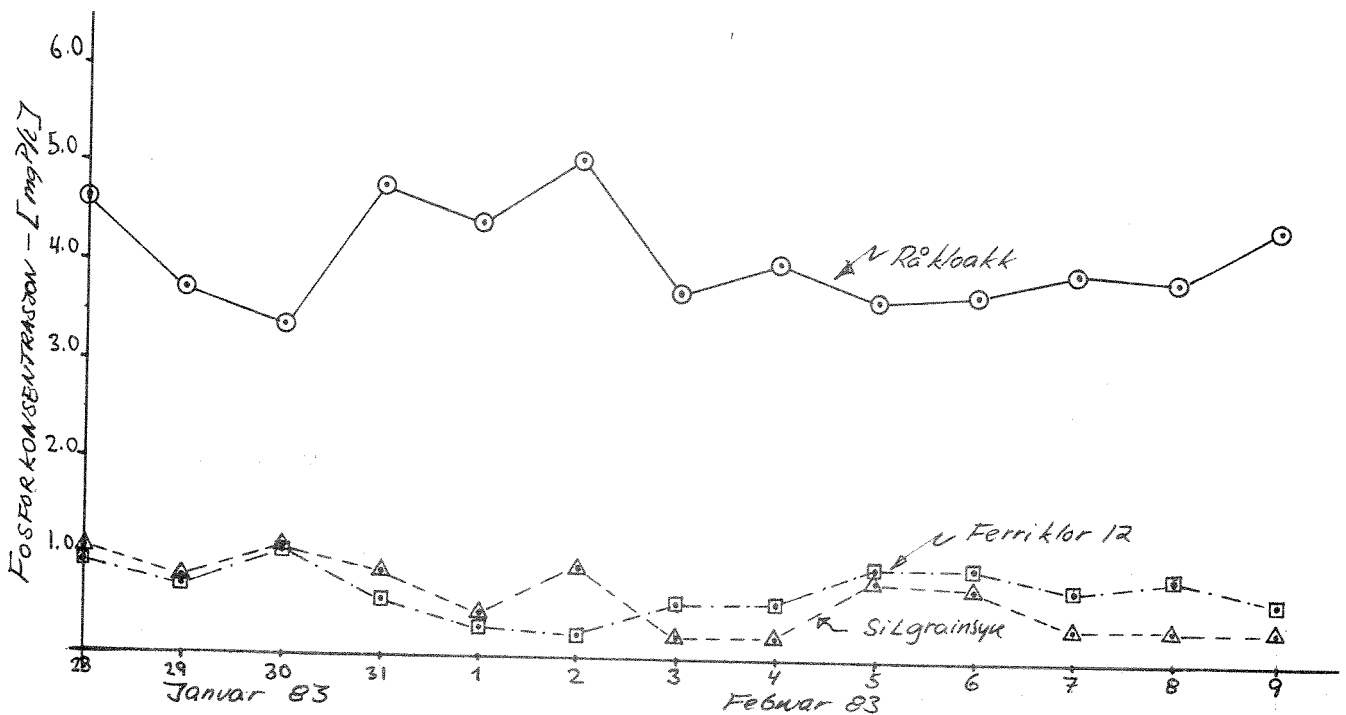
#### 4.4. Renseresultater

##### 4.4.1. Døgnblandprøver

Renseresultatene med hensyn på fosfor er vist i tabell 4 og er grafisk fremstilt i figur 7.

Døgn	Dato kl.0800 til kl.0800	Ferriklor 12					Silgrainsyre			
		Tot-P Innløp mg P/l	Tot-P Utløp mg P/l	Rense grad %	ORTO-P Utløp mg P/l	Forhold ORTO-P Tot-P Utløp %	Tot-P Utløp mg P/l	Rense grad %	ORTO-P Utløp mg P/l	Forhold ORTO-P Tot-P Utløp %
3	28.1-29.1	4,63	0,95	79,5	0,350	36,8	1,05	77,3	0,460	43,8
4	29.1-30.1	3,72	0,72	80,6	0,270	37,5	0,78	79,0	0,310	39,7
5	30.1-31.1	3,38	1,06	68,6	0,230	21,6	1,10	67,5	0,293	26,6
6	31.1-01.2	4,79	0,59	87,7	0,150	25,4	0,89	81,4	0,291	32,6
7	01.2-02.2	4,44	0,30	93,2	0,100	33,3	0,47	89,4	0,145	30,9
8	02.2-03.2	5,06	0,24	95,3	0,020	8,3	0,91	82,0	0,402	44,2
9	03.2-04.2	3,73	0,59	84,2	0,180	30,5	0,24	93,6	0,070	29,2
10	04.2-05.2	4,01	0,56	86,0	0,090	16,1	0,22	94,5	0,024	10,9
11	05.2-06.2	3,66	0,93	74,6	0,294	31,2	0,80	78,1	0,247	30,9
12	06.2-07.2	3,71	0,94	74,7	0,432	45,7	0,74	80,1	0,240	32,4
13	07.2-08.2	3,96	0,73	81,6	0,379	50,7	0,36	90,9	0,115	31,9
14	08.2-09.2	3,88	0,87	77,6	0,324	36,8	0,31	92,0	0,056	18,1
15	09.2-10.2	4,41	0,60	86,4	0,130	21,7	0,36	91,8	0,040	11,1
Gjennomsnitt i hele perioden		4,11	0,70	83	0,227	32,4	0,63	85	0,207	32,4
Gjennomsnitt i periode med stabil dosering 4,5,9,10, 11,12,13 og 14.		3,76	0,80	79	0,275	34,4	0,57	85	0,169	29,7

Tabell 4. Renseresultater med hensyn på fosfor for Ferriklor og Silgrainsyredosering.



Figur 7. Renseresultater med hensyn på Ferriklor og Silgrainsyre-dosering.

Den viser at Tot-P konsentrasjonen i utløpsvannet for hele perioden i gjennomsnitt har vært på 0,70 mg P/l med Ferriklor 12 og 0,63 mg P/l med Silgrainsyre. For perioden med like dosering i fortynnet vare i begge anlegg ble resultatene 0,80 mg P/l med 107 ml/m<sup>3</sup> Ferriklor 12 og 0,57 mg P/l med 108 ml/m<sup>3</sup> Silgrainsyre. Altså 29 % lavere utløpskonsentrasjon med Silgrainsyre.

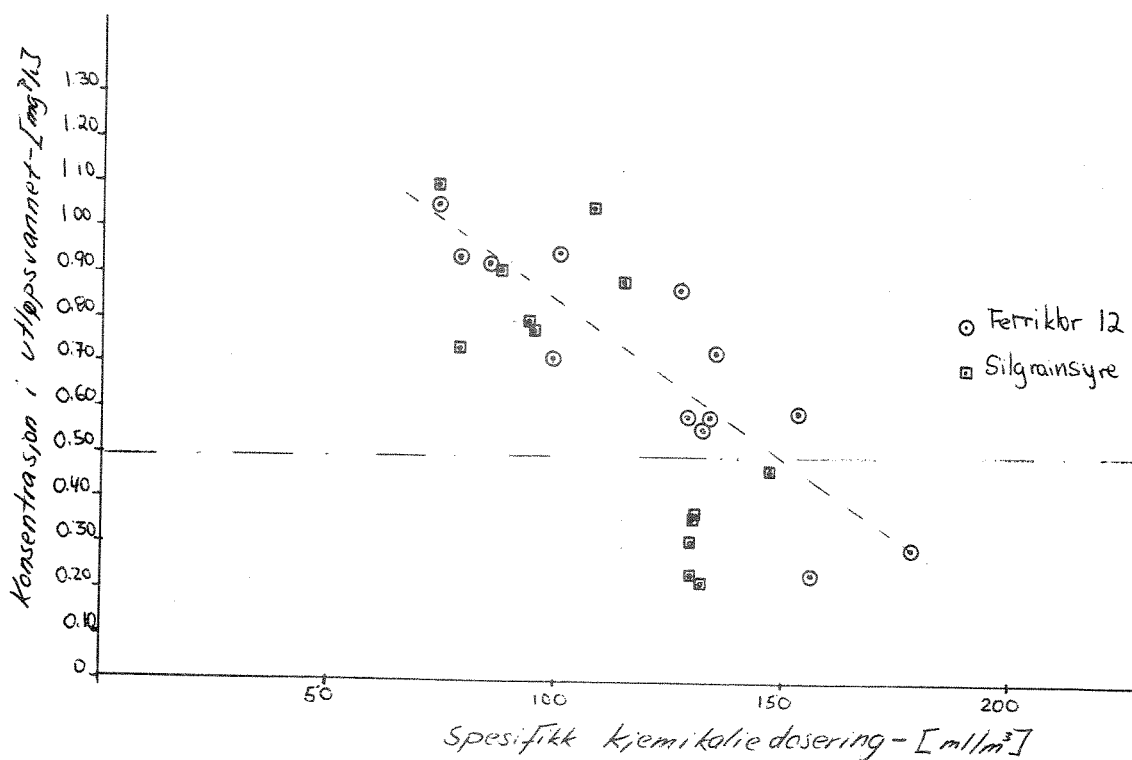
Høykonsentrasjonen av orto-P i forhold til Tot-P i utløpsvannet er et uttrykk at utfellingen har vært dårlig. En forklaring kan være for lav dosering. Høy Tot-P konsentrasjon, men lav orto-P konsentrasjon tyder på fnokker som sedimenterer dårlig under de rådende flatebelastninger i sedimenteringsbassenget. Det høye forholdet på ca. 30 % løst fosfor i utløpsvannet tyder på at doseringen med fordel kan økes.

For å få et bedre bilde av doseringens betydning på utløpskvaliteten presenteres figur 8. Figuren viser gjennomgående lavere fosforkonsentrasjoner ved felling med Silgrainsyre, ved at 10 av 13 døgnblandprøver ligger under den heltrukne linjen som antyder middellinjen for Ferriklor 12.

En tilsvarende grafisk fremstilling av orto-P konsentrasjonene ville gitt en brattere vinkelkoeffisient og sannsynligvis også fremstilt Silgrainsyre med det beste resultatet.

For de døgn hvor det foreligger analyser av suspendert stoff viser resultatene konsekvent lavere konsentrasjon i utløpsvannet fra Silgrainsyrefelling. Følgende gjennomsnittresultater ble oppnådd for 6 døgnblandprøver.

Ferriklor utløpsvann	:	18,8 mg/l
Silgrainsyre utløpsvann	:	13,4 mg/l



Figur 8. Total fosforkonsentrasjon i utløpsvannet som funksjon av kjemikaliedosering for Ferriklor 12 og Silgrainsyre i perioden 28.1. til 10.2.83.

#### 4.4.2. Kontinuerlig overvåking av vannkvaliteten i utløpsrennene

Det var montert en kontinuerlig registrerende overvåkningsstasjon ved utløpet fra en av sedimenteringsbassengene fra hver av fellingsanleggene. Den var anlagt slik at utløpsvannet ble pumpet hver annen halvtime til felles måler for ledningsevne, turbiditet, pH og temperatur. Derved eliminerer man feilkonklusjoner på grunn av kalibreringsproblemer. Enhver forskjell vil være et uttrykk for endret vannkvalitet i utløpsvannet fra Silgrainsyre- og Ferrikloranlegget.

Disse målingene viser perioder med betydelige forskjeller i vannkvalitet og andre perioder hvor forskjellene er små. Det er ikke alltid like enkelt å se årsaken til disse variasjonene, men hurtige endringer i doseringsforholdene, uten at dette kommer fram av døgnrapportene, kan være årsaken.

pH-verdiene viser stort sett 0,05 til 0,15 pH-enheter høyere verdier i Silgrainsyrelinjen. Gjennomgående synes også turbiditeten å være lavere i utløpsvannet fra Silgrainsyreanlegget, men dette varierer kraftig. Størst interesse har det kanskje at oksygen-konsentrasjonene i Silgrainsyrelinjen var betydelig lavere, noe som sannsynligvis skyldes at to-verdig jern oksyderer til treverdig i prosessen. Som nevnt var ikke Silgrainsyren oksydert på forhånd.

Ledningsevne målingene viser at det er små avvik i utløpsvannet fra Silgrainanlegget og Ferrikloranlegget. Derimot avslører målingene at det trenger inn store mengder sjøvann på oppsamlingsnettet til SRV. I perioder er sjøvannkonsentrasjonen høyere enn den som er nødvendig ved kalksjøvannsfelling. Målingene viser ledningsevne på over 3.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Dette opptrer periodevis når det er spesielt høyt vannstand. Det er tidligere (1979) påvist sjøvannsinntrengning ved Sandvika renseanlegg. Dette ukontrollerte inntaket tas inn via drenasjeledningene rundt Bærum Rådhus. Det er interessant å merke seg at i de periodene da sjøvannskonsentrasjonene er høye, blir turbiditetsverdien lavere for Ferriklor enn for Silgrainsyre. Årsaken til dette er ikke klarlagt, men bedret renseeffekt med Ferriklor i perioder med inntak av sjøvann ble påvist under fellingsundersøkelsene med jernklorid ved Sandvika renseanlegg i 1979 (2).

#### 4.5. Erfaringer fra slamproduksjonen

På grunn av driftsproblemene med dosering av Silgrainsyre i to forsøksperioder med undersøkelsen, og at endel av Silgrainsyren måtte dumpes på grunn av for mye silisiumpartikler, ble forsøksperioden for kort til at slamproduksjonene kunne måles.

De eneste resultatene som kan vises til for slammets vedkommende, var at målinger av tørrstoffprosenten i slamlommene tydet på at slamm fra Silgrainsyrefelling fortykker noe dårligere enn slam fra Ferriklorfelling. Dette var imidlertid ventet da det er alminnelig kjent at aluminiumhydroksyd slam som Silgrainsyren produserer noe av, danner lettere fnokker som fortykker dårligere. Det ble imidlertid også rapportert noe mer luktproblemer fra Silgrainsyreslamm. Felling med aluminiumsulfat gir vanligvis noe mer luktulempere enn jernklorid.

5. REFERANSER

Vråle, L., "Silgrainsyre som fellingsmiddel for avløpsvann."  
Buhrestua renseanlegg, Nesodden. NIVA-rapport 0-80093 VA 12/81.  
Desember 1981.

Vråle, L., "Primærfelling med ulike fellingskjemikalier ved Sandvika  
renseanlegg." NIVA-rapport 0-790001 VA-rapport 9/79. Februar  
1980.