

0-77076

Undersøkelse av renseanlegget ved
Sauda Smelteverk A/S

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor

Postboks 333
0314 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen

Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 03 3

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 75 2

Vestlandsavdelingen

Breiviken 2
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 25 97 00

| |
|-------------------------|
| Prosjektnr.: |
| 77076 |
| Undernummer: |
| |
| Løpenummer: |
| 2127 |
| Begrenset distribusjon: |
| |

| | |
|---|---------------------------------------|
| Rapportens tittel: Undersøkelse av renseanlegget ved Sauda Smelteverk A/S. | Dato: 15.06.1988 BRG/ELD |
| | Prosjektnummer: |
| Forfatter (e): Lasse Berglind | Faggruppe: |
| | Geografisk område: Rogaland |
| | Antall sider (inkl. bilag): 20 |

| | |
|--|----------------------------------|
| Oppdragsgiver: Elkem A/S - Sauda Smelteverk A/S | Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.): |
|--|----------------------------------|

Ekstrakt: For å møte skjerpede konsesjonskrav må utslippet av forurensninger fra Sauda Smelteverk A/S reduseres. I sammenheng med dette er NIVA blitt engasjert til å undersøke renseanlegget. I rapporten blir det fremlagt forslag til tekniske endringer ved anlegget. Dessuten blir det foreslått prosessmessige tiltak for å fjerne mer suspendert stoff og oppløst mangan. $KMnO_4$ -dosering bør prøves for å klarlegge om dette øker oksyderingen av mangan. Pilotforsøk med direkte filtrering av avløpsvannet ga god renseeffekt og kan være aktuelt som et siste rensetrinn før utslipp til Saudafjorden.

4 emneord, norske:

1. Smelteverk
2. Avløpsvann
3. Vannrensing
4. Manganfjerning

4 emneord, engelske:

1. Smelter
2. Effluent
3. Water treatment
4. Manganese Removal

Prosjektleder:

Lasse Berglind

For administrasjonen:

Per J. Schenker

ISBN - 82-577-1407-0

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
Oslo

0-77076

UNDERSØKELSE AV RENSEANLEGGET VED SAUDA SMELTEVERK A/S

27. mai 1988

Saksbehandler: Lasse Berglind
Medarbeidere: Bente Wathne
Rolf Tore Arnesen
Lasse Vråle

INNHALDSFORTEGNELSE

| | Side: |
|---|-------|
| FORORD | 1 |
| 1. RENSEANLEGGET VED SAUDA SMELTEVERK A/S | 2 |
| 1.1. Beskrivelse av anlegget | 2 |
| 1.2. Kommentarer til anlegget | 3 |
| 2. RENSEEFFEKTEN I ANLEGGET | 4 |
| 2.1. Måling av slamvolum og pH | 4 |
| 2.2. Oppløst mangan | 6 |
| 2.3. Betydningen av resirkulasjon på renseprosessen | 10 |
| 2.4. Oksydasjon av oppløst mangan med kaliumpermanganat | 10 |
| 2.5. Suspendert tørrstoff | 12 |
| 2.6. PAH | 13 |
| 3. FILTRERING AV AVLØPSVANN | 13 |
| 4. FORSLAG TIL TILTAK I RENSEANLEGGET | 16 |
| 5. LITTERATUR | 16 |
| 6.. APPENDIKS | 18 |

TABELLER

| | |
|---|----|
| Tab. 1. Kontrollanalyser av vann fra renseanlegget i 1986 | 7 |
| Tab. 2. Kontrollanalyser av vann fra renseanlegget i 1987 | 8 |
| Tab. 3. PAH-analyser i vann fra renseanlegget 1978-1988 | 14 |

FIGURER

| | |
|---|----|
| Fig. 1. Løslighet for metallhydroksyder ved varierende pH | 9 |
| Fig. 2. Oksydasjonshastighet for 2-verdig mangan ved lufting ved varierende pH | 9 |
| Fig. 3. Eksempel på oksydasjon av 2-verdig mangan med $\text{Ca}(\text{OH})_2$ og KMnO_4 | 11 |

FORORD

Renseanlegget ble tatt i bruk i 1978 og behandler bedriftens industri- og sanitæravløpsvann. SFT har nå bestemt at grenseverdiene for hva bedriften kan slippe ut i Saudafjorden vil bli betydelig innskjerpet. Slik renseanlegget funksjonerer idag vil det nye kravet m.h.t. suspendert stoff neppe kunne innfries. For å oppnå dette er det bl.a. bestemt at avløpsvannet i stor grad skal resirkuleres mellom renseanlegget og bedriften. For ytterligere å redusere utslippet er det også ønskelig å forbedre rensingen i anlegget. Det er også planlagt å sandfiltrere avløpsvannet som skal slippes ut hvis andre tiltak ikke gir tilstrekkelig renseeffekt.

Elkem A/S har bedt NIVA om å foreta en undersøkelse av renseanlegget i forbindelse med den planlagte omleggingen. Resultatene er gjengitt i denne rapport.

Oslo, juni 1988

Lasse Berglind

1. RENSEANLEGGET VED SAUDA SMELTEVERK A/S

1.1. Beskrivelse av anlegget

Ved befaring 7/4-88 ble renseanlegget ved Sauda Smelteverk A/S fremvist. Alle delprosesser ble gjennomgått. Anlegget er et sentralanlegg som tar imot alt avløpsvann som må behandles før utslipp til Saudafjorden.

Renseanlegget behandler gassvaskevann fra ovnene 1,2,11,12,22,23 og roterovnene 1 og 3. Dessuten tilføres avløpsvann fra sinterverket og div. sanitæranlegg inkl. noe overvann. Anlegget er basert på kjemisk felling i kombinasjon med utfelling/oksydasjon av oppløst 2-verdig mangan. Avløpsvannet behandles i følgende rensetrinn:

| Prosess | Oppholdstid, min. | Belastning m/time | Anmerkninger |
|--------------------|-------------------|-------------------|--|
| Omløpskum (Innløp) | | | Overløp til sjø ved stopp i renseanlegg etc. |
| Rister | | | 2 stk. håndrensede rister og 1 stk. maskinrist. |
| Grovavskilling | 17 | 12.9 | 2 stk. parallelle, horisontale sedimenteringsbasseng med skrapere for fjerning av flyteslam og sedimentert materiale. |
| Intensivlufting | 4(?) | | 2 stk. parallelle luftebassenger for fjerning av giftige gasser. Kun ett basseng er i drift idag. |
| Flokkulering | 2x1 | | 3 stk. parallelle enheter med 2 stk. flokkuleringstanker i serie. |
| Sedimentering | 125 | 1.4 | 3 stk. parallelle, horisontale bassenger. Sedimentert slam blir fjernet med slamskraper, mens flyteslam fjernes med vipperenner. |

Oppholdstider og belastninger er angitt ved en innløpsmengde på $1100 \text{ m}^3/\text{time}$ som er oppgitt som normalbelastning idag.

Belastningstillene virker noe høyere enn det som er vanlig i kommunale kloakkrensaneanlegg. Anlegget er tilsynelatende konstruert for partikulært materiale som sedimenterer raskere enn i kommunalt kloakkvann.

Før flokkuleringstankene tilsettes kjemikalier. NaOH tilsettes som 50% løsning i opptil 1200 kg/døgn for å øke pH til 9,3-9,5 for manganutfelling, og Magnafloc 156 tilsettes som flokkuleringsmiddel i 0,006% løsning. Det benyttes ca. 4 kg/døgn, men ca. 20% av dette tilsettes ved avvanning av slammet.

Slam fra grovavskilling blir etter avvanning ført til container. Kjemisk slam fra sedimenterings-bassengene pumpes til fortykkere og deretter til avvanning før deponering.

En fast operatørgruppe er tilknyttet anlegget. Driftsinstruks foreligger. Anlegget overvåkes og styres fra et oversiktlig panel.

1.2. Kommentarer til anlegget.

pH i anlegget registreres foran flokkuleringen av pH-meter med skriver. Operatørene opplyste at man ofte har fått målefeil fordi elektroden gror igjen med slam. Et system med kontinuerlig mekanisk elektroderensning er blitt prøvet, men ga ingen bedring. Det er mulig at et system med kontinuerlig ultralydrensning av elektroden kan virke. Slike systemer leveres av Garek A/S og Norsk Philips A/S.

pH i anlegget etter luftebassengene blir forsøkt holdt på ca. 9,3-9,5 ved å dosere NaOH. Doseringspumpen er imidlertid bare manuelt regulerbar. Hvis innløpsvannets asiditet øker kan pH periodevis bli for lav. For å oppnå stabil pH i anlegget bør NaOH-doseringen være styrt automatisk ut fra pH-meteret.

Doseringen av polyektrolytt i anlegget er også konstant selv om innholdet av suspendert stoff i inngående vann kan variere mye. Tilsatsen bør økes ved økende innhold av suspendert stoff, men det er uklart om dette lar seg automatisere.

Operatørene opplyste at det hadde vært problemer med slamtømmingen i sedimenteringsbassengene. Ved plutselig økning i slamtilførselen fylles slamlommene hurtigere enn normalt. Ettersom slamtømmingen fore-

går med faste tidsintervaller oppstår for stor slamhøyde og dermed fare for slamkompresjon. Dette kan gi et såpass kompakt slam at mammutpumpene ikke tømmer ordentlig. I verste fall må man tappe ned hele bassenget for å fjerne slammet. Problemet med at slamlommene blir for fulle kan muligens løses ved at slamtømmingen styres av følere som gir signal ved et visst slamnivå. Ettersom slammet er såpass kompakt bør det vurderes om slamtømmingen kan forbedres, eventuelt ved å benytte et bedre pumpeprinsipp enn mammutpumper.

Det er også et problem at slam har sedimentert i luftebassengene. Det ene bassenget er rapportert å være ute av drift fordi det er fullt av slam noe som innebærer en halvering av vannets oppholdstid ved intensivluftingen. Dette indikerer at luftebassengene bør bygges om med utstyr for slamtømming slik at slam ikke kan akkumuleres.

Betjeningen meddelte at problemer med flyteslamrennene tidligere har forårsaket at flyteslam i stor grad har gått i sagtakkeoverløpene med dårlig renseseffekt som resultat. Disse problemene er nå rapportert å være løst. Skumskjerner rundt overløpene kan hindre at flyteslam som rennene likevel ikke fjerner, går ut. Flyteslam må da eventuelt fjernes manuelt. Når anlegget blir lagt om til resirkulering vil vann-temperaturen ventelig stige, noe som kan gi økt flyteslammengde.

Operatørene opplyste at slam i fortykkerne har dannet store, kompakte "kaker" på overflaten som har sirkulert med grindomrørerne. Dette slammet har det vært vanskelig å få ut av fortykkerne. Man ga også uttrykk for at bunnen i fortykkerne burde skråne mer, dette ville kanskje gjort det lettere å få brakt tungt, fortykket slam inn mot sentrum av bunnen hvor utpumpingen foregår.

Det bør også vurderes om slammet fra fortykkerne avvannes med for liten kapasitet slik at fortykkerne fylles fullstendig med slam. Det kan derfor vise seg at kapasiteten på avvanningsutstyret er for liten.

Når anlegget blir bygget om for resirkulering, vil slammengden ventelig øke.

2. RENSEEFFEKTEN I ANLEGGET.

2.1. Måling av slamvolum og pH.

Fjerning av suspendert stoff i anleggets enkelte enheter ble undersøkt i prøver tatt 27/4-88 og 2/5-88. Suspendert stoff ble målt i ml/l ved sedimentering i Imhoff-begere og var som vist i etterfølgende tabell:

| Dato | Prøve | pH | Ml slam/l | |
|---------|---------------|-----|-----------|---------|
| | | | 30 min. | 2 timer |
| 27/4-88 | Innløp | 7.7 | <0.1* | <0.1* |
| | Etter g.avsk | 8.5 | 0.5 | 3 |
| | Etter lufting | 9.2 | 5 | 6 |
| | Utløp | 9.0 | <0.1 | <0.1 |
| 2/5-88 | Innløp | 8.8 | 0.3 | 1.5 |
| | Etter g.avsk. | 9.2 | 4.0 | 5.5 |
| | Etter lufting | 9.5 | 4.5 | 7.0 |
| | Utløp | 9.2 | <0.1 | <0.1 |

* Uventede lave verdier! Kortvarig stans i tilførsel av avløpsvann?

Det fremgår av tabellen at pH steg allerede etter grovavskillingen noe som tyder på at overmettet CO_2 i vannet avgår allerede her. Etter luftingen var pH steget ytterligere noe som har sammenheng med at luftingen fjerner ennå mer CO_2 . pH-verdiene i utløpsvannet er lavere på tross av at NaOH tilsettes i opptil 45 mg/l etter lufting. Høyere pH-verdi vil gi bedre renseeffekt for oppløst mangan. Det er derfor viktig å gjennomføre tiltak som øker pH-verdien i sedimenteringsbassengene.

Tabellen viser det eiendommelige at slaminnholdet i grovavskilt vann var klart høyere enn i inngående vann. Forklaringen kan være at økende pH pga. CO_2 -avgang og lufttilførsel bidrar til rask utfelling av oppløst materiale. Denne prosess har tilsynelatende fortsatt ved intensivluftingen slik at slaminnholdet etter luftingen har økt ytterligere og var det høyeste i hele anlegget. Det kan være uheldig med så mye hurtigsedimenterende slam i vann som skal til flokkulering og sedimentering idet disse to siste delprosessene hovedsaklig er ment å fjerne kolloidalt materiale som sedimenterer langsomt. Det høye slaminnholdet vil også øke behovet for fellingskjemikalie.

2.2. Oppløst mangan.

For oppløst mangan skal konsentrasjonen i utslippet ikke overskride 10 mg/l ifølge konsesjonskravet. Iflg. tabell 1 ble dette bare oppnådd ved tre av de månedlige kontrollanalysene i 1986. I 1987 var fjerningen av oppløst mangan bedre idet kravet ble oppfylt ved åtte av månedsanalysene som det fremgår av tabell 2. Dette har sammenheng med at pH i anlegget gjennomsnittlig var høyere i 1987 (pH 9,1) enn i 1986 (pH 8,2). I gjennomsnitt var innholdet av oppløst mangan i rensset vann 7,6 mg/l i 1987 tilsvarende en renseeffekt på 53,7%.

Innholdet av oppløst mangan i rensset vann kan være betydelig høyere enn det fremgår av tabellene 1 og 2. I enkeltprøver er det målt opptil 60 mg Mn/l.

Det er ikke bare m.h.t konsesjonskravet at nivået av oppløst mangan skal være lavt. Etersom avløpsvannet skal resirkuleres etter rensing kan oppløst mangan felles ut og feste seg på veggene i returledningene som et seigt, klebrig belegg. Sammen med annet partikulært materiale kan dette gjøre at rørene går tett. Slik gjentetting ved resirkulering er rapportert fra Øye Smelteverk.

I anlegget tilsettes NaOH for å felle ut oppløst mangan som $Mn(OH)_2$ som likevel er relativt vannløselig iflg. fig. 1. Utfellingen er pH-avhengig og ved f.eks. pH 9,5 vil det ut fra fig. 1 fortsatt kunne være oppløst ca. 10 mg Mn/l. Tabell 2 viser imidlertid at f.eks. i mai 1987 var innholdet av oppløst mangan bare 3,5 mg/l ved pH 9,5 mens innholdet av oppløst mangan i inngående vann var 15,3 mg/l. Forklaringen må være at ved tilgang på luft vil $Mn(OH)_2$ oksyderes til brunsten, MnO_2 , som er uløselig i vann. Denne reaksjonen går raskere jo høyere pH er slik fig. 2 viser og bør helst være minst 9,5. Som tabellene 1 og 2 viser har pH i anlegget ofte vært lavere enn dette noe som bidrar med tildels høyt innhold av oppløst mangan i rensset vann.

For å øke manganoksydasjonen mest mulig i anlegget vil det antakelig være en fordel å tilsette NaOH allerede i luftebassengene slik at vannet får lengst mulig oppholdstid ved høy pH. I luftebassengene vil ventelig det meste av oksygenet for manganoksydasjon tilføres. Det er selvsagt en forutsetning at luftebassengene er tomme for slam slik at oppholdstiden her blir lengst mulig.

Tabell 1 Kontrollanalyser av vann fra renseanlegget i 1986

Utarbeidet av Sauda Smelteverk A/S

| VANN- MENNGDE m ³ /t | INN-LØP | | | | UT-LØP | | | | RENSEEFFEKT | | TOTAL SLAMMENGDE I TONN | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------|---------------|--------|------|---------------|------------------|---------|------|---------------------|-----------------|----------------------------|-------------------|---------|------|-----------------|-----|--------|---------|
| | Susp. stoff mg/l | Oppløst stoff | | pH | Oppløst stoff | | Sink | pH | Susp. stoff % | Oppl. stoff. | Inn (TS) | Ut (x) våtvækt | | | | | | |
| | | Totalt | Mangan | | Mangan | kg/døgn | | | | | | | kg/døgn | CN | | | | |
| | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | kg/døgn | kg/døgn | kg/døgn | mg/l | | | | | | | | | | |
| Januar | 384 | 188 | 16.8 | 3.7 | 7.7 | 114 ^x | 2500 | 175 | 8.6 | 188.3 | 1.1 | 24.0 | 4.3 | 7.8 | 70 ^x | 7 | 343 | 555 |
| Februar | 625 | 182 | 15.8 | 2.6 | 7.8 | 53 | 1200 | 149 | 24.1 | 531.1 | 1.3 | 28.7 | 2.1 | 7.8 | 92 | 18 | 499 | 956 |
| Mars | 437 | 205 | 36.8 | 3.6 | 8.3 | 40 | 900 | 194 | 36.9 | 821.9 | 0.1 | 2.6 | 2.8 | 7.9 | 91 | 5 | 366 | 771 |
| April | 373 | 223 | 30.2 | 5.6 | 7.7 | 57 | 1300 | 189 | 18.6 | 443.8 | 0.7 | 15.9 | 4.8 | 7.7 | 85 | 15 | 284 | 601 |
| Mai | 735 | 231 | 28.4 | 3.1 | 8.2 | 52 | 1100 | 214 | 18.1 | 381.3 | 0.6 | 12.2 | 3.1 | 7.9 | 93 | 7 | 669 | 1186 |
| Juni | 409 | 249 | 20.4 | 2.7 | 8.4 | 64 | 1400 | 221 | 11.6 | 265 | 0.3 | 7.0 | 2.8 | 8.4 | 84 | 11 | 445 | 850 |
| Juli | 500 | 240 | 15.5 | 1.8 | 8.0 | 47 | 1100 | 203 | 10.8 | 255 | 0.1 | 2.4 | 1.6 | 8.1 | 91 | 15 | 557 | 1237 |
| August | 505 | 210 | 25.7 | 2.0 | 8.1 | 39 | 1100 | 221 | 14.6 | 409 | 0.2 | 6.2 | 2.1 | 8.2 | 92 | -*) | 643 | 1578 |
| September | 466 | 239 | 26.4 | 2.8 | 8.0 | 61 | 1900 | 220 | 8.6 | 132 | 0.1 | 2.8 | 3.3 | 8.2 | 87 | 8 | 645 | 1237 |
| Oktober | 375 | 267 | 20.8 | 2.6 | 7.9 | 73 | 2200 | 250 | 16.4 | 486 | 0.5 | 14.1 | 2.6 | 8.0 | 81 | 6 | 586 | 892 |
| November | 597 | 208 | 23.8 | 2.1 | 8.1 | 55 | 1500 | 196 | 17.4 | 496 | 0.5 | 14.6 | 3.2 | 8.3 | 91 | 6 | 552 | 731 |
| Desember | 1127 | 236 | 14.4 | 3.2 | 9.4 | 84 | 2400 | 207 | 9.2 | 277 | 0.2 | 5.8 | 2.9 | 9.6 | 93 | 12 | 1203 | 1172 |
| Gj.snitt | 544 | 233 | 22.9 | 3.0 | 8.1 | 62 | 1600 | 203 | 16.2 | 391 | 0.5 | 11.4 | 3.0 | 8.2 | 88 | 9 | 6792*) | 11760*) |
| Konsesjons- krav - max. | | | | | | 150 | 4500 | | 10 | 300 | 3 | 90 | | 10.5 | | | | |

x) Torrstoff (TS) i utgående slam: 35 - 45%, typisk verdi 40% x Susp.stoff er forhøyt p.g.a. prøvetaker opplegget er fullt i skitt, dermed blir renseeffekten lav på susp. stoff.

Kopi:

*) August: Oppl. stoff innholdet stjerne på utløp sann innløp
 *) November: 2 stans-perioder: 1) Stans fra 7.01. kl. 11.00 til 8.11 kl. 16.00. 2) Stans fra 11.11. kl. 10.00 til 16.11 kl. 10.00. Legg merke til at pH-verdien på både inn- og utløp har stegnet på slutten av perioden
 *) Sj. sn 1986: Summer

Tabell 2 Kontrollanalyser av vann fra renseanlegget i 1987

Utarbeidet av Sauda Smelteverk A/S

| MÅNED | VANN MENNGDE m ³ /t | I N N L Ø P | | | | | | U T L Ø P | | | | | | RENSE EFFEKT I % | | TOTAL SLAMMENGDE I TONN | | | |
|-----------|--------------------------------------|------------------------|----------------|------------------|---------------|----------------|------------|-------------|------|---------------|------|------|------|---------------------------|----------------|----------------------------------|-------------------|--------|--------|
| | | Susp. stoff mg/l | | Oppløst stoff | | pH | | Susp. stoff | | Oppløst stoff | | pH | | Susp. stoff | Oppl. stoff | Inn (TS) | Ut(x) Våttvekt | | |
| | | Total mg/l | Mangan mg/l | CN mg/l | Total mg/l | Mangan mg/l | CN mg/l | kg/ døgn | kg/d | kg/d | kg/d | mg/l | mg/l | | | | | | |
| | | 150 | 4500 | 10 | 300 | 3 | 90 | 10.5 | | | | | | | | | | | |
| Desember | 1180 | 873 | 292 | 10.4 | 3.0 | 9.0 | 101 | 2800 | 297 | 3.2 | 85 | 0.17 | 4.9 | 3.6 | 9.4 | 88 | -*) | 1025 | 1615 |
| November | 1210 | 952 | 231 | 17.2 | 2.9 | 8.7 | 57 | 1700 | 231 | 4.1 | 119 | 0.89 | 25.8 | 3.5 | 9.3 | 94 | 0 | 1036 | 1737 |
| Oktober | 1230 | 1057 | 240 | 11.9 | 4.8 | 8.6 | 43 | 1300 | 264 | 3.0 | 90 | 1.28 | 37.7 | 6.2 | 9.2 | 96 | -*) | 1232 | 2212 |
| September | 1290 | 855 | 190 | 15.3 | 1.3 | 8.4 | 28 | 900 | 247 | 1.8 | 55 | 0.09 | 2.8 | 2.5 | 9.2 | 97 | -*) | 956 | 1760 |
| August | 1190 | 989 | 229 | 24.1 | 3.6 | 8.2 | 21 | 400 | 235 | 5.0 | 144 | 0.19 | 5.4 | 3.1 | 8.9 | 98 | -*) | 1042 | 1898 |
| Juli | 1120 | 814 | 200 | 24.2 | 1.4 | 8.5 | 18 | 500 | 221 | 4.8 | 130 | 0.24 | 6.3 | 1.5 | 9.2 | 98 | -*) | 828 | 1488 |
| Juni | 1100 | 1116 | 180 | 12.2 | 1.0 | 8.9 | 28 | 700 | 175 | 2.5 | 66 | 0.05 | 1.2 | 1.8 | 9.4 | 97 | 3 | 659 | 1260 |
| Mai | 1090 | 1010 | 193 | 15.3 | 1.1 | 9.1 | 58 | 1600 | 175 | 3.5 | 94 | 0.09 | 2 | 2.4 | 9.5 | 94 | 9 | 984 | 1885 |
| April | 1180 | 1024 | 210 | 17.4 | 4.1 | 8.7 | 55 | 1500 | 187 | 11.3 | 314 | 0.6 | 17 | 3.5 | 9.0 | 95 | 11 | 1055 | 1700 |
| Mars | 1100 | 619 | 223 | 17.6 | 6.1 | 8.6 | 69 | 1800 | 233 | 15.9 | 433 | 1.0 | 26 | 5.0 | 8.9 | 89 | -*) | 698 | 1341 |
| Februar | 990 | 709 | 184 | 12.4 | 2.7 | 8.0 | 32 | 800 | 184 | 16.5 | 390 | 0.60 | 20 | 2.5 | 8.3 | 95 | 0 | 592 | 870 |
| Januar | 1100 | 612 | 212 | 18.7 | 3.3 | 8.7 | 62 | 1600 | 201 | 19.9 | 517 | 1.50 | 39 | 3.5 | 9.0 | 90 | 5 | 652 | 1784 |
| Gj.snitt | 1150 | 886 | 215 | 16.4 | 2.9 | 8.6 | 48 | 1300 | 221 | 7.6 | 203 | 0.56 | 15.7 | 3.3 | 9.1 | 94 | - | 10759* | 19550* |

Konsesjonskrav - max.

Fig. 1 Løslighet for metall-hydroksyder ved varierende pH

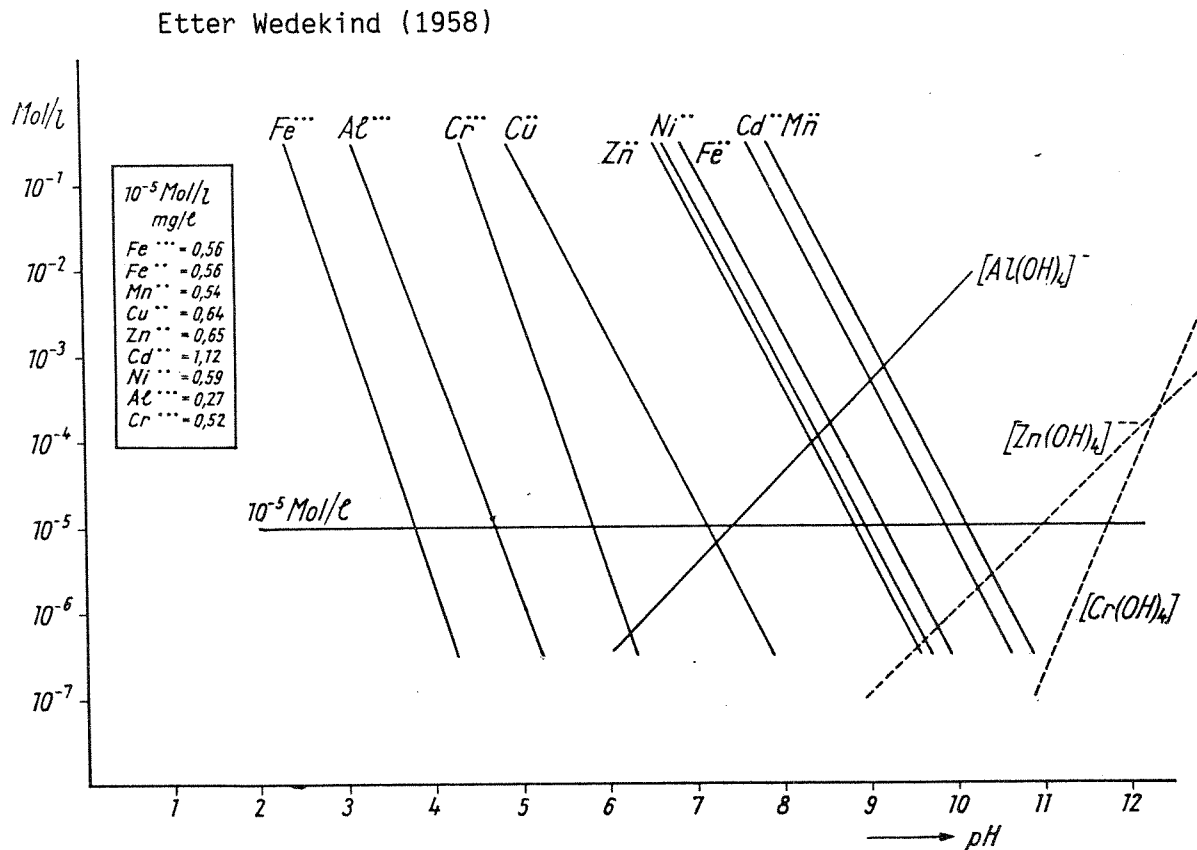
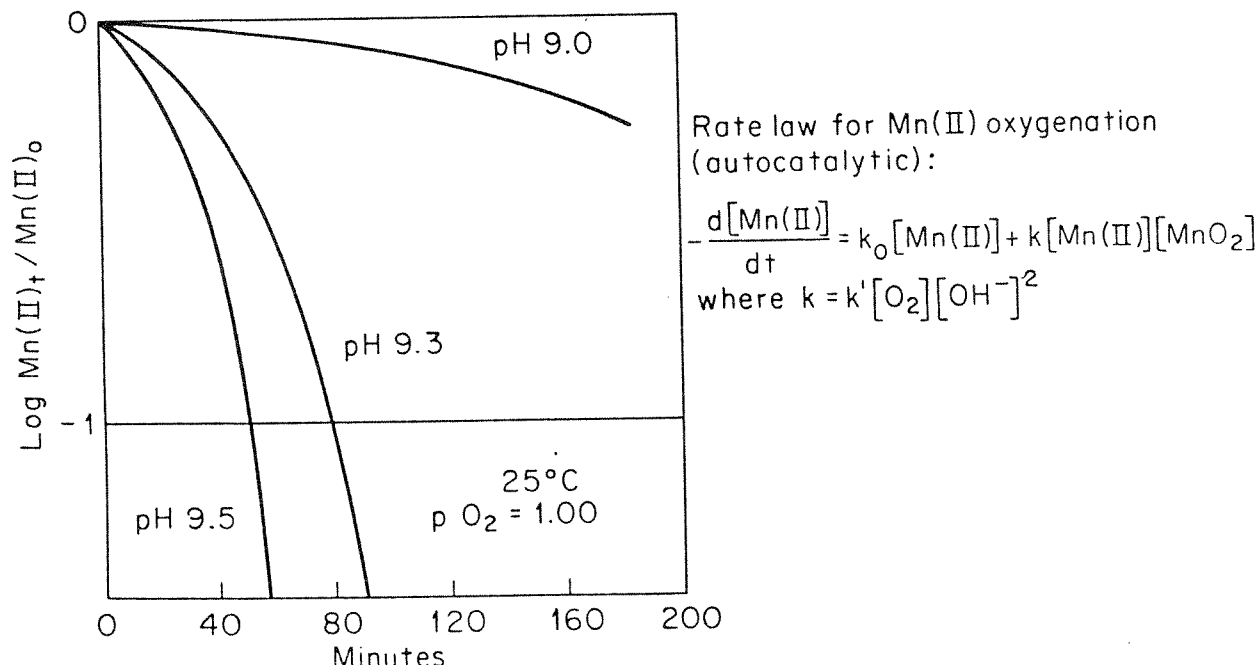


Fig. 2 Oksidasjonshastighet for 2-verdig mangan ved lufting ved variende pH

Etter Morgan (1967)



2.3. Betydningen av resirkulasjon på renseprosessen

Ved resirkulasjonen vil bare 70 av de ialt 1100m^3 /time som tilføres anlegget, bli sluppet ut. Dette vil innebære at vanntemperaturen vil øke noe i anlegget, det er antydnet ca. 10^0 C. Det er kjent at temperaturen innvirker på hastigheten av kjemisk felling med aluminiumsulfat. Lav temperatur gir langsom fnokkdannelse mens økning av temperaturen akselererer fnokkdannelsen. Det er ikke kjent i hvilken grad dette gjør seg gjeldende med polyelektrolytt som benyttes i anlegget.

Man må kunne gå ut fra at en økning av temperaturen vil gi en raskere oksydasjon av 2-verdig mangan. Dette kan kanskje innebære at mer oppløst mangan blir oksydert i anlegget.

Det er også en vanlig oppfatning at fnokker sedimenterer noe raskere når temperaturen øker, noe som har sammenheng med endring av viskositeten. Ved varierende temperaturer i avløpsvannet kan det på den annen side oppstå kortslutnings- eller tetthetsstrømmer som kan forstyrre sedimentering.

2.4. Oksydasjon av oppløst mangan med kaliumpermanganat.

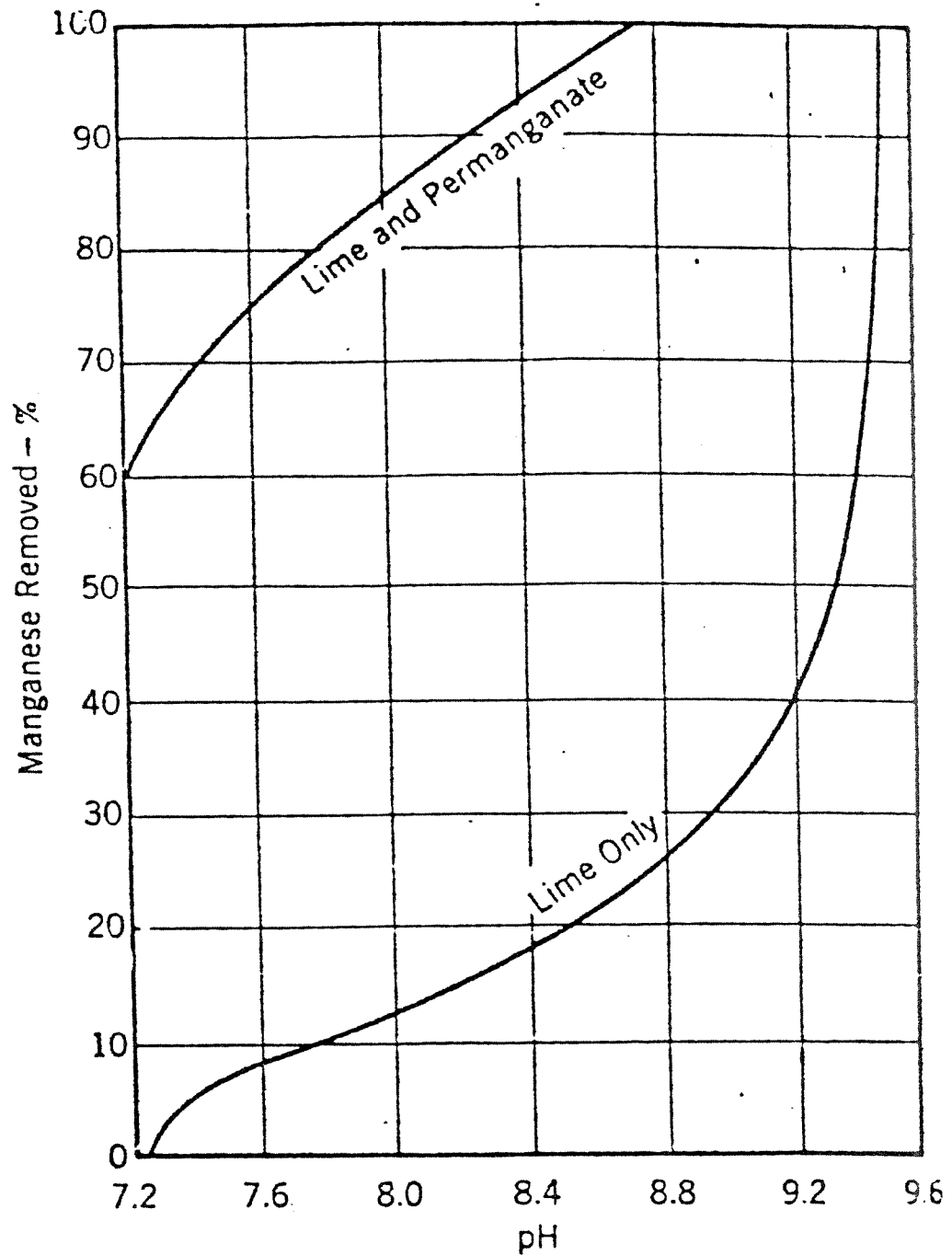
Ved tilsats av KMnO_4 (kaliumpermanganat) vil oppløst mangan bli oksydert til uoppløselig brunsten som felles ut. Slik behandling blir benyttet i enkelte vannverk. Metoden har også blitt prøvet i Norge (Berglind 1972). En fordel med denne metoden er at den gir rask manganoksydasjon (Adams 1960), dessuten er man ikke avhengig av fullt så høy pH som ved luftoksydasjon slik det fremgår av fig.3. En annen fordel med KMnO_4 -behandling fremfor lufting er bedre effekt hvis vannet inneholder reduserende stoffer som nitritt, hydrogensulfid eller organiske stoffer (O'Connor 1971).

Ved oksydasjon av oppløst mangan har det vært vanlig å tilsette ca. 1 mg KMnO_4 pr.mg Mn/l (Griffin 1960, Berglind 1972). Iflg. tabell 2 var gjennomsnittlig innhold av oppløst mangan 16,7 mg/l i inngående vann i 1987 og med en kilopris for KMnO_4 på kr.22,80 ville det bety 38 øre/ m^3 avløpsvann. Til gjengjeld vil NaOH -dosen kunne reduseres ved eventuell bruk av KMnO_4 , i perioder vil den antakelig kunne sløyfes helt.

Det er uklart om KMnO_4 -behandling kan være fordelaktig å bruke i anlegget ettersom effekten på denne type avløpsvann ikke er kjent. Dette må eventuelt klarlegges ved forsøk.

Fig. 3 Eksempel på oksydasjon av 2-verdig mangan med $\text{Ca}(\text{OH})_2$ og KMnO_4

Etter Griffin (1960)



2.5. Suspendert tørrstoff.

Sauda Smelteverk A/S har idag et konsesjonskrav m.h.t. utslipp av suspendert stoff på 4500 kg/døgn. Iflg. tabell 1 og 2 har det ikke vært noe problem å overholde dette. For de to siste år har utslippet variert mellom 500 og 2800 kg/døgn, døgnmiddelverdien har vært ca. 1450 kg/døgn. Anleggets gjennomsnittlige renseeffekt for suspendert stoff har de siste to år vært ca. 90 % ifølge tabell 1 og 2. SFT har imidlertid varslet at kravet for suspendert stoff vil bli betydelig skjerpet. Det nye kravet vil antakelig ligge under 50 kg/døgn for at det skal komme på linje med kravene som andre, tilsvarende bedrifter er pålagt idag. Ettersom ca. 90% av det rensede avløpsvannet også skal resirkuleres bør innholdet av suspendert stoff være lavt for å redusere faren for gjentetting i de lange returledningene til gassvaskerne. Det vil derfor være en fordel om renseeffekten m.h.t. suspendert stoff kan forbedres ytterligere.

I anlegget fjernes hurtigsedimenterende materiale i grov-avskillerne. Det resterende suspenderte stoffet flokkuleres og fjernes i sedimenteringsbassengene. Som fellingsmiddel benyttes Magnafloc 156 som tilsettes som 0,006 % løsning via et rør som munner ut i en kanal som leder vannet inn til flokkulerings- bassengene. Dette er ikke i samsvar med anbefalingene som sier at polyelektrolytt bør tilsettes i flere doseringspunkter på et sted med heftig turbulens slik at det oppnås momentan innblanding i hele vann- massen. (Bruksinformasjon fra Allied Colloids, produsent av Magnafloc 156)

Polyektrolytt-dosen ved flokkuleringen er oppgitt til 3,46 kg/døgn som tilsvarer en dose på 0,13 ppm ved 1100 m³/time. Dette virker lite sett i forhold til innholdet av suspendert stoff. Ut fra erfaringsdata burde dosen antakelig ligge i området 1-2 ppm. Vi har gjort en enkel Jar-test for å illustrere dette med følgende resultat:

| Prøve | Magnafloc 156 Mg/l | Susp. stoff etter 10 min. sedimentering Mg/l |
|---------------|-----------------------|--|
| Innløp 2/5-88 | Ikke tilsatt | 411 |
| | 0,13 | 156 |
| | 1,5 | 80 |

Tilsats av 1.5 ppm Magnafloc 156 ga betydelig raskere sedimentering enn 0,13 ppm selv om innholdet av suspendert stoff bare var halvert etter 10 minutter. Det vil antakelig være fordelaktig å tilsette endel polyelektrolytt også ved innløpet til grovavskillingen. Dette vil øke effekten av forsedimenteringen slik at mindre sedimenterbart slam bringes videre i anlegget.

2.6. PAH

Avløpsvannet fra Sauda Smelteverk A/S inneholder PAH som det til nå ikke har vært konsesjonskrav for. Det var forventet at PAH-konsentrasjonene i sedimenter og biologisk materiale fra Saudafjorden skulle avta etter at renseanlegget kom i drift, men analyser av prøver tatt i 1986-87 tyder ikke på noen reduksjon (Knutzen 1988). En medvirkende årsak kan være at noe av avløpsvannet fra ovn 11 og 12 går direkte til sjø. Dette gjelder avløpene fra trinnene 2 og 3 ved gassvaskingen og en undersøkelse i 1987 viste at dette utgjorde ca. 9,7% av total PAH-mengde fra de to ovnene. Det er nå planlagt at avløpet fra trinnene 2 og 3 skal føres til første trinnene slik at alt PAH-holdig avløpsvann fra ovnene tilføres renseanlegget. Et slikt arrangement bør også kunne redusere vannforbruket og dermed også den hydrauliske belastningen i anlegget noe som kan bidra til økt renseseffekt.

Tabell 3 viser bl.a. analyseresultater for PAH utført i tidsrommet 23/6-78 til februar 1988. PAH i rensert vann har variert mellom 8,7 og 2234 ug/l, middelvei har vært 416 ug/l. Det har bare vært utført få analyser på inngående vann til anlegget, renseseffekten for PAH har variert mellom 68 og 99,6%.

PAH vil i stor grad være bundet til partikulært materiale og særlig gjelder dette de mer fler-ringede forbindelsene hvor de karsinogene forbindelsene hører til. God renseseffekt for partikulært materiale bør dermed også bety god reduksjon av PAH.

3. FILTRERING AV AVLØPSVANN.

I forbindelse med omlegging til resirkulasjon vurderer Sauda Smelteverk A/S å sandfiltrere den andelen av rensert vann som skal til

Tabell 3 PAH-analyser i vann fra renseanlegget 1978-1988

Utarbeidet av Sauda Smelteverk A/S

PAH-analysene er utført av NIVA

| Dato | Prøvetype ¹ | Total PAH [$\mu\text{g/l}$] | | Kreftfrem- ² kallende PAH, % av total | | Renseeff. m.h.p. susp. stoff i prøveperiode [%] | Andel ³ PAH i susp. stoff på utløp [%] | Vannmengde, gjennomsnitt for prøve-takingsmåned [m^3/h] | LC SiMn ⁵ på lukket ovn i prøveperiode [tonn/døgn] | Anmerkninger vedrørende prøvetaking |
|--------|------------------------|-------------------------------|-------|--|-----------------|---|---|---|---|-------------------------------------|
| | | Innløp | Utløp | Innløp | Utløp | | | | | |
| 230678 | Døgnblandprøve | - | 245 | - | 22 | - | 0.17 | - | - | |
| 230379 | " | 1065 | 59.3 | 41 | 3.9 | 98 | 0.40 | - | - | |
| 041079 | " | 2753 | 65 | 54 | 66 | 89 | 0.10 | - | - | |
| 240380 | " | 2602 | 61.2 | 39 | 49 | 91 | 0.08 | 1030 | 39 | |
| 140181 | " | 2248 | 8.6 | 32 | 68 | 96 | 0.02 | 730 | 0 | |
| 230381 | " | - | 274 | - | 65 | 84 | 0.40 | 810 | 0 | |
| 170981 | " | - | 84.2 | - | 74 | 98 | 0.75 | 660 | 0 | |
| 100382 | " | - | 93.7 | - | 50 | 97 | 0.26 | 685 | 0 | |
| 230982 | " | - | 110.0 | - | 76 | 95 | 0.25 | 880 | 0 | |
| 200483 | " | 3731 | 137 | 25 | 69 | 79 | 0.16 | 726 | 0 | |
| 070983 | " | - | 22.5 | - | 70 | 96 | 0.16 | 769 | 0 | |
| 0184 | Månedsblandprøve | - | 9.8 | - | 55 | 96 | 0.02 | 900 | 17 | |
| 0284 | " | - | 458.8 | - | 63 | 97 | 1.1 | 600 | 61 | |
| 0304 | " | - | 46.0 | - | 62 | 96 | 0.16 | 855 | 0 | |
| 0484 | " | - | 16.5 | - | 57 ⁴ | 98 | 0.10 | 820 | 0 | |
| 0584 | " | - | 27.1 | - | 44 | 98 | 0.17 | 570 | 0 | |
| 0684 | " | - | 53.5 | - | 53 | 98 | 0.33 | 650 | 0 | |
| 0784 | " | - | 16.7 | - | 15 | 97 | 0.05 | 620 | 0 | |
| 0884 | " | - | 163.6 | - | 2.1 | 97 | 0.58 | 810 | 48 | |
| 0984 | " | - | 19.5 | - | 48 | 93 | 0.05 | 890 | 0 | |
| 1084 | " | - | 67.7 | - | 52 | 90 | 0.14 | 890 | 0 | |
| 1184 | " | - | 27.1 | - | 57 | 91 | 0.04 | 905 | 0 | |
| 1284 | " | - | 20.3 | - | 57 | 95 | 0.04 | 880 | 0 | |
| 120385 | Øyeblikksprøve | 2819 | 664 | 23 | 8.3 | 96 | 1.2 | 885 | 0 | |
| 150985 | Øyeblikksprøve | 6010 | 537 | 38 | 25 | 93 | 0.57 | 970 | 0 | Tatt manuelt fra utløp av |
| 100386 | " | 8770 | 1901 | 27 | 8.1 | 96 | 10.9 | 925 | 0 | sagtakrenne |
| 220986 | " | - | 644 | - | 24.5 | - | - | 1300 | 0 | " |
| 210387 | " | - | 2234 | - | 10.1 | - | - | 1100 | 0 | " |
| 110687 | Blandpr. 1/2 dg | 2248 | 719 | 40 | 3.9 | - | - | 1100 | 0 ⁶ | Manuell oppsuging med slange |
| 100787 | Øyeblikksprøve | - | 974 | - | 3.8 | 98 | - | 1120 | 0 | Tatt ved neddykking av flaske |
| 100787 | " | - | 991 | - | 2.6 | 98 | - | 1120 | 0 | |
| 0787 | Månedsblandprøve | 2451 | 210 | 38 | 8.1 | 98 | 1.2 | 1120 | 3.0 | |
| 0887 | " | - | 549 | - | 4.2 | 98 | 2.6 | 1190 | 21 | |
| 0987 | " | - | 1002 | - | 4.1 | 97 | 3.6 | 1290 | 57 | |
| 1087 | " | - | 622 | - | 14 | 96 | 1.4 | 1230 | 24 | |
| 1187 | " | - | 571 | - | 17 | 94 | 1.0 | 1210 | 29 | |
| 1287 | " | - | 1993 | - | 18 | 88 | 2.0 | 1180 | 73 | |
| 0188 | " | - | 337 | - | 32 | 92 | 0.8 | 1160 | 0 | |
| 0288 | " | - | 208 | - | 25 | 96 | 0.9 | 1100 | 0 | |

¹ Prøvetaking med automatisk prøvetaker når annet ikke er nevnt.

² Sum av benzo(c)fenantren, benzo(a)antracen, krysen, benzo(b)fluoranten, benzo(j,k)fluoranten, benzo(e)pyren, benzo(a)pyren og dibenz(a,h)antracen. NB! Benzo(k)fluoranten regnes ikke som kreftfremkallende, men inngår i analyseverdien for benzo(j)fluoranten.

³ Antar her at PAH utelukkende forekommer som suspendert stoff.

⁴ Noe for lav, da benzo(c)pyren var maskert.

⁵ Inneholder chargingering av kull og treflis. Til og med 1982 ble det også chargert kull ved produksjon av øvrige SiMn-kvaliteter.

⁶ LC SiMn-produksjon avsluttet natt til 11/6.

"-" i tabellen angir at data ikke forefinnes/verdier ikke lar seg beregne.

resipient. Dette vil bli ca. 70 m³/time. Filtrering vil gi ytterligere fjerning av suspendert materiale og kan bli nødvendig som sluttbehandling for å overholde kommende utslippskrav. Filtrering av avløpsvann blir gjerne benyttet som sluttbehandling av kommunalt avløpsvann ved utslipp til følsomme resipienter. Erfaringer med metoden er omtalt i tre rapporter fra NIVA (1977,1978,1979). Industriavløp blir også behandlet ved sandfiltrering. (Lindquist et al. 1978).

Avløpsvann vil normalt inneholde betydelig mer suspendert stoff enn i drikkevann og filteret må tilpasses dette. For nedstrømsfiltere benyttes gjerne 3-media filtermasse (plastgranulat, antrasitt og sand) slik at god dybdefiltrering gir tilstrekkelig lang driftstid. I oppstrømsfiltere benyttes nederst grov grus og gradvis finere sand oppover. Felles for begge metodene er at de må spyles etter en viss tid for å fjerne frafiltrert materiale, og for kontinuerlig drift er det nødvendig med ekstra filterkapasitet ved spyling. I kontinuerlig spylende sandfilter taes sand ut hele tiden under drift og returneres etter spyling i en egen enhet, filteret behøver altså ikke stanses for spyling.

Ved NIVA har vi gjort et forsøk med direktefiltrering av avløpsvann fra gassvasking av ovngass fra smelteverk. Rapport foreligger i appendiks. Det ble oppnådd god renseeffekt m.h.t. suspendert materiale selv om filtermassen neppe var ideell for denne vanntypen.

Selv om filtrering synes å gi god renseeffekt skal man være oppmerksom på at spesielle problemer kan oppstå. Oppløst mangan kan gi brunstenutfelling på sandkornene slik at disse vokser i størrelse og kan påvirke filtrerings-egenskapene. Høy resthalt av polyelektrolytt kan forårsake "sementering" i filteret slik at deler av filtermassen løfter seg som et stempel ved spyling. Dette kan innebære at filtermasse går tapt ved spyling. Det kan også oppstå "mud-balls" i filteret dvs. sammenkittede klumper av sand og organisk materiale som vanskelig løser seg opp ved spyling. Dette kan også ha negativ effekt på filtreringen. Avsetninger i filtrene som ikke fjernes ved luftinnblåsing og vannspyling må fjernes ved kjemisk behandling, eller hele massen må skiftes.

For å klarlegge hvorledes sandfiltrering vil virke i anlegget er det viktig at det først kjøres pilotforsøk av tilstrekkelig varighet før man eventuelt velger filtertype.

4. FORSLAG TIL TILTAK I RENSEANLEGGET.

Ut fra de undersøkelser som er gjort foreslåes følgende tiltak for å forbedre rensingen i anlegget:

1. Polyektrolytt bør også doseres ved innløpet til grov-avskillerene. Dette bør forbedre forsedimenteringen.
2. Luftebassengene bør ombygges for å forhindre slamakkumulering. Alternativt monteres anordning for tømning av sedimentert slam.
3. NaOH-doseringen flyttes til luftebassengene for å øke tiden for manganoksydasjon ved høy pH.
4. NaOH-doseringen bør styres av pH-meter slik at pH blir stabil.
5. Polyektrolytt-doseringen foran flokkuleringstankene virker noe lav og bør antakelig økes. Doseringen bør helst variere med innholdet av suspendert stoff. Innblandingen av polyektrolytt i vannmassen bør forbedres.
6. Slamnivå-følere installeres i sedimenterings-bassengenes slam-lommer for å forhindre for stor slamansamling noe som vanskeliggjør slamtømmingen. Andre pumpetyper bør vurderes.
7. Skumskjerner bør monteres rundt sagttakkoverløpene for å forhindre at flyteslam i sedimenterings-bassengene kommer ut.
8. KMnO_4 -tilsats bør utprøves for å klarlegge om manganoksydasjonen kan forbedres.
9. For å redusere utløpsvannets innhold av suspendert stoff og dermed også PAH bør det utføres pilotforsøk med sandfiltrering. Det kan opplyses at hvis filtreringsforsøk blir aktuelt disponerer NIVA i samarbeid med konsulentfirma Carl H. Knudsen filtreringsanlegg med kapasitet på 5-10 m³/time.

5. LITTERATUR

Adams, R.B. 1960. Manganese Removal by Oxidation With Potassium Permanganate Jour.AWWA 52:219

Balmer, P. 1977. Filtrering av avløpsvann fra kommunale kloakkrenseanlegg. 0-7/77. Forprosjekt. NTNFS utvalg for drift av

- renseanlegg. NIVA, april 1977.
- Berglind, L. 1972. Forsøk med manganfjerning ved Oppegård vannverk. 0-98/71. NIVA, april 1972.
- Berglind, L. 1972. Undersøkelser av vannkvaliteten ved Horten vannverk. 0-23/68. NIVA, september 1972.
- Griffin, A.E. 1960. Significance and Removal of Manganese in Water Supplies. Jour.AWWA Vol.52 p.1326-1334.
- Knutzen, J. 1988. Tiltaksorientert overvåking i Saudafjorden 1986-1987. Rapport 309/88. NIVA, april 1988.
- Lindquist, B. et.al. 1978. Rening av gruvvatten från Laisvallgruvan med kontaktfiltrering. Vatten nr.3 1978.
- Morgan, J.J. 1967. Chemical Equilibria and Kinetic Properties of Manganese in Natural Waters. Proc. 4th Rudolfs Conference, Principles and Application of Water Chemistry. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- O'Connor, J.T. 1971. Water Quality and Treatment. Iron and Manganese. Third Edition. The American Water Works Association, Inc. McGraw-Hill Book Company.
- Vik, E.A. 1978. Filtrering av avløpsvann fra kloakkrenseanlegg. 0-7/77. Resultater fra pilotforsøk på Hovemoen rensesanlegg. NTNf's utvalg for drift av rensesanlegg. NIVA april 1978.
- Vik, E.A. 1979. Filtrering av avløpsvann fra kloakkrenseanlegg. 0-7/77. Erfaringer fra kloakkrenseanlegg med filtrering i England, Sverige og Danmark. NTNf's utvalg for drift av rensesanlegg. NIVA, september 1979.
- Wedekind, 1958. Die Abwasserreinigung in der Metallindustrie. Metall H. 6. 515-519.

6. APPENDIKS

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

NOTAT

FORSØK MED DIREKTEFILTRERING AV GASSVASKEVANN FRA FERROLEGERINGSOVNER.

Avløpsvannet som ble prøvet var en blandprøve bestående av:

Avløp fra Sauda Smelteverk A/S etter renseanlegg

Utslipp oven 10 ved PEA

Overløp oven 11 ved PEA

Blandprøven besto av rester av prøver mottatt i 1987 og i år. Blandingsforholdet var ikke kjent.

Det ble benyttet en nedstrøms direktefiltreringskolonne med dimensjoner 300x3,5 cm. Kolonnen var fylt med 50 cm filtersand (0,7 mm) og 100 cm antrasitt (1,5-2,5 mm). Ved innløpet til kolonnen ble vannet tilsatt 1 mg/l av Magnafloc 292 (kationisk). Flow var 200 ml/min tilsvarende en belastning på 13 m/time. Forsøket ble kjørt i 70 minutter og det ble tatt blandprøver av filtratet under filtreringen. Økningen av filtermotstanden ble ikke målt. Fnokkene/partiklene i vannet over filtermassen hadde en størrelse på ca. 0,1-2 mm.

Resultater.

| <u>Prøve</u> | <u>Suspendert tørrstoff mg/l</u> | <u>% Renseeffekt</u> |
|-----------------|----------------------------------|----------------------|
| Ubehandlet vann | 207.- | - |
| Filtrert vann | 1,1 | 99,5 |

Tørrstoffinnholdet i ubehandlet vann var ca. 2-8 ganger høyere enn i avløpet fra renseanlegget ved Sauda Smelteverk A/S. Renseeffekten var likevel god. Reduksjonen av PAH ble ikke målt, men antas å være av samme størrelsesorden ettersom PAH i stor grad er bundet til partikler.

Filtreringsmetoden som ble benyttet blir bl.a. brukt ved filtrering av kommunalt avløpsvann etter forutgående behandling. Oppstrømsfiltrering og kontinuerlig spykende sandfilter blir også benyttet. Driftstiden på filtrene før spyling avhenger av tørrstoffinnholdet i vannet som skal filtreres og ligger i området 4-48 timer. Spyling foregår automatisk.

Ut fra den renseseffekt som ble oppnådd og med det tørrstoffinnhold

avløpsvannet fra renseanlegget normalt har, kan direktefiltrering være aktuelt som siste rensetrinn ved Sauda Smelteverk A/S.

Blindern 6/4-88

Lasse Berglind