
Metallinnehåll
i
vattenverksslam

Metallinnehåll i vattenverksslam

Johanna Blomberg, Stockholm Vatten AB

Rapport Nr 25, oktober 1997

INLEDNING

Om några år skall vattenverksslammet som genereras vid våra vattenverk omhändertas. I runda tal rör det sig om ca 2000 ton TS/år. Oavsett vilken metod som väljs så är det viktigt att känna till slammets sammansättning, såväl ett järnslam som ett aluminiumslam. Därför gjordes en kartläggning i samband med fullskaleförsöket med järnklorid vid Norsborgs vattenverk under perioden 960925-970429.

METOD

Slam från Östra verket (fällning med järnklorid) och Västra verket (fällning med aluminiumsulfat) analyserades m a p TS-halt, GF (glödningsförlust), metaller och näringsämnen vid sammanlagt sex tillfällen (fem för al-slam). Slammet togs ut från sedimenteringsbassängens nedre plan m h a en vattenhämtare. Samtliga analyser är utförda av Stockholm Vattens ackrediterade laboratorium med undantag för totalkväve och totalfosfor som är analyserade av AnalyCen AB.

RESULTAT

I tabell 1 redovisas metallinnehållet i Mälärvattnet samt bidraget från PIX-111 och ALG vid rening av 1 m³ vatten med molekvivalent dos. Av tabellen framgår att PIX-111 tillför mer metaller per m³ än ALG men jämfört med Mälärvattnet så är bidraget marginellt bortsett från järn, aluminium, mangan och eventuellt krom.

Tabell 1. Metallinnehåll i Mälärvattnet samt det beräknade metallbidraget från fällningskemikalierna PIX-111 och ALG vid rening av 1 m³ vatten vid Norsborgs vattenverk. Halterna är angivna i µg/l.

| Metall | Enhet | PIX-111 (dos 40 g/m ³) ¹ | ALG (dos 27 g/m ³) ¹ | Råvatten (Mälaren) |
|-------------|-------|--|--|-----------------------|
| Järn | µg/l | 5 480 | i.u. | 60 |
| Aluminium | ” | i.u. | 2 460 | 85 ³ |
| Arsenik | ” | 0,002 | 0,0027 | i.u. |
| Bly | ” | 0,02 | 0,014 | <0,5 ² |
| Kadmium | ” | 0,001 | 0,0005 | <0,05 ² |
| Kobolt | ” | 0,16 | 0,014 | i.u. |
| Koppar | ” | 0,04 | 0,014 | 3,5 |
| Krom | ” | 0,24 | 0,027 | <0,5 ² |
| Kvicksilver | ” | 0,0005 | 0,0027 | <0,05 ² |
| Mangan | ” | 10 | i.u. | 12 |
| Nickel | ” | 0,16 | 0,014 | 3,2 |
| Zink | ” | 0,24 | 0,014 | 3 |

Källa: Kemiras produktblad (PIX-111 95-08, ALG 95-02) i.u.=ingen uppgift

1 Normaldos för Norsborgsverket.

2 Halter under detektionsgränsen.

3 Aluminiumanalys med AAS, som ger högre värden än SS 028210-1.

I tabell 2 redovisas medel-, min- och maxvärden för samtliga analyser. Några parametrar har inte analyserats vid varje provtagningstillfälle vilket framgår av bilagan där samtliga värden återfinns. 14,7 % av aluminiumslammet utgörs av aluminium och motsvarande siffra för järn är 28,4 %, vilket var förväntat eftersom molvikten för järn är den dubbel så stor som aluminium (jfr 55,8 med 27,0

g/mol). Siffran för aluminium överensstämmer för övrigt väl med tidigare undersökningar (VAV P67). Metallinnehållet är högre i aluminiumslammet än i järnslammet för samtliga spårmetaller vilket delvis är en utspädnings effekt p g a att järnkloriden ger upphov till en större slammängd än aluminiumsulfat vid molekivalent dos (se tabell 3). Skillnaden i fällnings-pH kan eventuellt ha en viss betydelse för avskiljningen av metaller. Fällning med aluminiumsulfat sker vid pH 6,7-6,8 och med järnklorid vid pH 5,1-5,2.

Vidare kan man konstatera att glödningsresten uppgår till drygt 50 % av slammet. Fosforinnehållet i vattenverksslam är mycket lågt, 0,12-0,2 % av TS, jämfört med avloppsslam som innehåller drygt 3 % av TS. Att aluminiumslammet innehåller mer fosfor än järnslammet beror sannolikt också på en utspädning. Däremot är det omvända förhållanden angående kväveinnehållet; 2,9 jämfört med 1,2 % av TS. Humus- och fulvosyror samt alger innehåller kväve (Killops m fl, 1985) och vid fällning med järnsalter avskiljs en större mängd TOC än vid aluminiumfällning vilket kan vara en förklaring till den högre andelen kväve i järnslammet.

Tabell 2. Medel-, min- och maxvärden i vattenverksslam från Norsborgs vattenverk (baserat på 4-6 mätvärden per parameter).

| Parameter | Enhet | Järnslam | | | Aluminiumslam | | |
|-------------|----------|----------|-------|------|---------------|-------|------|
| | | medel | min | max | medel | min | max |
| TS | % | 1,4 | 1,3 | 1,7 | 0,9 | 0,53 | 1,3 |
| GR | % | 51,1 | 47,1 | 57,9 | 53,0 | 49,0 | 60,3 |
| Aluminium | g/kg TS | 6,2 | 3,8 | 9,6 | 147 | 120 | 190 |
| Järn | " | 284 | 220 | 370 | 6,3 | 6,3 | 6,3 |
| Bly | mg/kg TS | 4,1 | 2,5 | 5 | 7,3 | 5 | 14 |
| Kadmium | " | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,2 |
| Koppar | " | 74 | 55 | 91 | 79 | 56 | 110 |
| Krom | " | 10 | 6,8 | 20 | 27 | 12 | 84 |
| Kvicksilver | " | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Mangan | " | 328 | 150 | 580 | 516 | 300 | 950 |
| Nickel | " | 16 | 9 | 29 | 34 | 23 | 44 |
| Zink | " | 25 | 18 | 37 | 31 | 27 | 37 |
| Totalfosfor | % av TS | 0,12 | 0,035 | 0,18 | 0,2 | 0,065 | 0,28 |
| Totalkväve | % av TS | 2,9 | 1,1 | 4,5 | 1,2 | 0,6 | 1,8 |

I tabell 3 redovisas den beräknade slamproduktionen/år (enligt Warden, 1983) vid såväl Norsborg som Lovö vattenverk samt mängden metaller och näringsämnen. Här har antagits att Lovös slam har samma sammansättning som Norsborgs. Fällning med järnklorid ger upphov till en större slamproduktion än aluminiumsulfat vid molekivalent dos, ca 25 % mer.

Överföring av vattenverksslam till avloppsreningsverk är en tänkbar framtida disponerings-metod för slammet. I Lovös fall skulle det bli aktuellt med en överledning till Bromma reningsverk. Eftersom Norsborg ligger utanför Stockholm Vattens upptagningsområde för spillvatten ligger en överledning till Himmerfjärdens reningsverk närmast tillhands. Eftersom biomullen har genomgått rötning före analys, vilket innebär en uppkoncentrering av metallhalterna, har halterna i vattenverksslammen i tabell 4 räknats om. Här har antagits en 40 %-ig nedbrytning av den organiska delen. Av tabellen framgår att vattenverksslam har ett lägre metallinnehåll än avloppsslam med undantag för mangan och nickel (och naturligtvis järn och aluminium). Samtliga metallhalter ligger under gällande gränsvärden för jordbruksanvändning av biomull enligt SFS 1993:1271. Aluminiumslam från Lovö respektive Norsborg utgör ca 13 % av

Brommas biomull och ca 14 % av Himmerfjärdens dito. Detta skulle rent teoretiskt innebära en utspädning av metallhalterna med undantag för mangan och nickel.

Tabell 3. Årlig slamproduktion samt totala mängden metaller och näringsämnen i vattenverksslam vid Norsborg och Lovö vattenverk baserat på medelvärden från 4-6 analyser (tabell 2).

| Parameter | Enhet | Norsborg ¹ | | Lovö ² | |
|-----------------|-----------|-----------------------|---------|-------------------|---------|
| | | Fe-slam | Al-slam | Fe-slam | Al-slam |
| Total slammängd | ton TS/år | 1 380 | 1 100 | 1 130 | 900 |
| Aluminium | ton/år | 8,5 | 161 | 7,0 | 132 |
| Järn | ton/år | 392 | 6,9 | 321 | 5,7 |
| Bly | kg/år | 5,7 | 8,0 | 4,6 | 6,5 |
| Kadmium | g/år | 138 | 183 | 113 | 150 |
| Koppar | kg/år | 101 | 87 | 83 | 71 |
| Krom | kg/år | 14 | 30 | 12 | 25 |
| Kvicksilver | g/år | 63 | 55 | 52 | 45 |
| Mangan | kg/år | 453 | 568 | 371 | 464 |
| Nickel | kg/år | 23 | 37 | 18 | 31 |
| Zink | kg/år | 35 | 35 | 29 | 28 |
| Totalfosfor | kg/år | 1 670 | 1 750 | 1 370 | 1 430 |
| Totalkväve | kg/år | 39 680 | 12 930 | 32 490 | 10 580 |

1 Baserat på dosen 27 g ALG/m³ och 40 g PIX-111/m³ och flödet 10 000 m³/h.

2 Baserat på dosen 35 g ALG/m³ och 50 g PIX-111/m³ och flödet 7000 m³/h.

Tabell 4. Metallinnehåll (medelvärden) i tänkt rötat vattenverksslam (40 %-ig utrotningsgrad av det organiska materialet har antagits) och biomull från Bromma och Himmerfjärden avloppsreningsverk samt gränsvärden enligt SFS 1993:1271 (mg/kg TS).

| Parameter | Enhet | Vattenverksslam ¹ | | Bromma ² | Himmerfjärden ³ | Gränsvärden |
|-------------|-----------|------------------------------|---------|---------------------|----------------------------|-------------|
| | | Fe-slam | Al-slam | | | |
| Slammängd | ton TS/år | | | 5800 | 6350 | |
| | Norsborg | 1110 | 890 | | | |
| | Lovö | 910 | 730 | | | |
| Aluminium | g/kg TS | 7,7 | 181 | i.u. | i.u. | - |
| Järn | " | 353 | 7,8 | 82 | i.u. | - |
| Bly | mg/kg TS | 5,1 | 8,9 | 53 | 37 | 100 |
| Kadmium | " | 0,12 | 0,21 | 1,4 | 0,7 | 2 |
| Koppar | " | 91 | 97 | 460 | 360 | 600 |
| Krom | " | 13 | 34 | 76 | 63 | 100 |
| Kvicksilver | " | 0,057 | 0,062 | 1,9 | 1,4 | 2,5 |
| Mangan | " | 408 | 635 | 220 | i.u. | - |
| Nickel | " | 20 | 42 | 40 | 16 | 50 |
| Zink | " | 31 | 39 | 590 | 680 | 800 |

1 Baserat på medelvärden för Norsborgs vattenverk enligt tabell 2

2 Uppgifter hämtade från Stockholm Vattens Miljörapport 1996.

3 Uppgifter hämtade från SYVAB:s årsredovisning 1996.

i.u. ingen uppgift

I tabell 5 har metallhalterna räknats om till mängd metall/kg P, ett mått som kanske är mer intressant än mängd metall/kg TS om man ämnar sprida avloppslammet till jordbruksmark. I tabellen ser man tydligt att vattenverksslam innehåller mer metaller per kg fosfor än ett avloppsslam med undantag för kvicksilver och zink. Särskilt iögonfallande är nickel, mangan och krom.

Tabell 5. Metallinnehåll per kilogram fosfor i ett tänkt rötat vattenverksslam (40 %-ig utrotningsgrad av det organiska materialet har antagits) samt i biomull från Brommas och Himmerfjärdens reningsverk.

| Parameter | Enhet | Vattenverksslam ¹ | | Bromma ² | Himmerfjärdens ³ |
|-------------|---------|------------------------------|---------|---------------------|-----------------------------|
| | | Fe-slam | Al-slam | | |
| Aluminium | kg/kg P | 5,1 | 92 | i.u. | i.u. |
| Järn | kg/kg P | 230 | 4,0 | 2,6 | i.u. |
| Bly | mg/kg P | 3 380 | 4 570 | 1 710 | 1 230 |
| Kadmium | " | 82 | 105 | 45 | 23 |
| Koppar | " | 60 620 | 49 640 | 14 840 | 12 010 |
| Krom | " | 8 480 | 17 260 | 2 450 | 2 100 |
| Kvicksilver | " | 38 | 31 | 61 | 47 |
| Mangan | " | 270 790 | 325 040 | 7 100 | i.u. |
| Nickel | " | 13 470 | 21 420 | 1 290 | 530 |
| Zink | " | 20 890 | 19 780 | 19 030 | 22 680 |

¹ baserat på medelvärden för Norsborgs vattenverk enligt tabell 2, som även kan tillämpas för Lovö vattenverk.

² Uppgifter hämtade från Stockholm Vattens Miljörapport 1996.

³ Uppgifter hämtade från SYVAB:s årsredovisning 1996.

i.u. ingen uppgift

SLUTSATSER

- Glödningsförlusten är nära 50 % i vattenverksslam och huvuddelen härav är organiskt material.
- Fällning med järnklorid genererar ca 25 % mer slam än aluminiumsulfat vid molekvalent dos.
- Aluminiumslam innehåller högre metallhalter än järnslam vilket delvis beror på att det bildas en mindre mängd slam vid fällning med aluminiumsulfat och det största metallbidraget härrör från råvattnet och inte från fällningskemikalien.
- Totalfosforinnehållet är större i aluminiumslam än i järnslam och vice versa för totalkväveinnehållet.
- Samtliga metallhalter i vattenverksslam ligger under gällande gränsvärden för jordbruksanvändning av biomull (mg Me/kg TS).
- Vattenverksslam innehåller mindre metaller per kg TS än avloppsslam med undantag för mangan och nickel (och naturligtvis järn och aluminium) även om man antar en 40%-ig reduktion av organiskt material i en tänkt rötningsprocess.
- Aluminiumslam (rötat) från Lovö respektive Norsborgs vattenverk utgör ca 13 % av Brommas biomull och ca 14 % av Himmerfjärdens dito. Detta skulle rent teoretiskt innebära en utspädning av metallhalterna om vattenverksslammet tillfördes avloppsverken med undantag för mangan och nickel (mätt som mg Me/kg TS).
- Vattenverksslam innehåller mer metaller per kg fosfor än ett avloppsslam med undantag för kvicksilver och zink.

REFERENSER

Killops, S. D. m fl. 1985. Ozonisation of humic and fulvic acid - organic by-products. WRc Technical Report TR 224.

Stockholm Vatten AB, 1996. Miljörapport.

SYVAB, 1996. Årsredovisning.

Svenska vatten- och avloppsverksföreningen (VAV). 1990. Vattenverksslam. Publikation VAV P67.

Warden, J. H. 1983. Sludge treatment plant for waterworks. WRc Technical Report TR 189.

Tabell B1. Samtliga analyser i vattenverksslam från Norsborgs vattenverk under perioden 961031-970430.

| | | Fe-slam | Fe-slam | Al-slam | Fe-slam | Al-slam | Fe-slam | Al-slam | Fe-slam | Al-slam | Fe-slam | Al-slam |
|--------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Provtagningsdatum | | 961031 | 961121 | 961121 | 961220 | 961220 | 970124 | 970124 | 970304 | 970304 | 970428 | 970430 |
| Torrsubstans (TS) | % | 1,6 | 1,3 | 1,0 | 1,3 | 1,0 | 1,3 | 0,53 | 1,3 | 0,60 | 1,7 | 1,3 |
| Glödningsrest (GR) | % | 51,1 | 52,6 | 51,9 | 47 | 49 | 48,7 | 50,1 | 49,2 | 53,9 | 57,9 | 60,3 |
| Aluminium | mg/kg TS | i.a. | 3800 | 190000 | 5100 | 120000 | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | 9600 | 130000 |
| Bly | ” | 02,5 | 5,0 | 5,0 | 5 | 5 | 5 | 5 | 03,0 | 14 | <10 | <10 |
| Järn | ” | 290000 | 280000 | 6300 | 370000 | i.a. | 260000 | i.a. | 220000 | i.a. | i.a. | i.a. |
| Kadmium | ” | <0,5 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | <0,1 | <0,2 | <0,2 | <0,2 |
| Koppar | ” | 75 | 82 | 80 | 55 | 110 | 91 | 82 | 67 | 66 | 71 | 56 |
| Krom | ” | 6,8 | 7,1 | 13 | 7,7 | 12 | 20 | 84 | <5 | 12 | 9,8 | 16 |
| Kvicksilver | ” | 0,025 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Mangan | ” | 380 | 350 | 950 | 580 | 520 | 330 | 480 | 150 | 300 | 180 | 330 |
| Nickel | ” | 9 | 12 | 38 | 29 | 23 | 20 | 44 | 14 | 33 | 14 | 32 |
| Zink | ” | 34 | 21 | 32 | 22 | 31 | 20 | 27 | 18 | 30 | 37 | 37 |
| Totalfosfor, P-tot | % av TS | i.a. | 0,18 | 0,20 | 0,18 | 0,28 | 0,035 | 0,065 | i.a. | i.a. | 0,09 | 0,09 |
| Totalkväve, N-tot | % av TS | i.a. | 4,5 | 1,2 | 1,5 | 1,1 | 1,1 | 0,6 | i.a. | i.a. | 4,4 | 1,8 |

i.a. ingen analys