

# Tungmetallavskiljning vid områdesspolningar

*Metodutveckling och förslag till optimering av  
densamma*

*Marcus Frenzel*

*11SV914*

## **Sammanfattning**

Under lång tid har ett stort antal metaller använts i samhället, både i konsumentprodukter och för industriella ändamål. Metallerna har sedan på olika vägar hamnat i avloppet där de lagras i sedimentet, innan de långsamt förs vidare till reningsverken.

Under våren 2010 genomfördes områdesspolningar på Östermalm, ett område som historiskt sett har härbärgerat ett flertal tandläkarkliniker. Under samma period kom det in ungefär 2 kg mer kvicksilver än normalt till Henriksdals reningsverk. Arbetet stoppades då med hänvisning till gällande rutiner och ett projekt startades för att titta på om det skulle vara möjligt att ta hand om sediment och metaller (framför allt kvicksilver och silver) i ledningsnätet i samband med områdesspolningar och tunnelrensningar utan att riskera slamkvaliteten.

Initialt studerades olika filtertekniker och någon form av sedimentationsanläggning.

Sedimentationsanläggningen utsågs tidigt som förstahandsvalet, då det är en enkel och robust teknik och gav lovande resultat i laboratorieskala. Samtidigt sågs de rutiner som finns kring områdesspolningar över i ett LEAN-projekt.

I juni 2011 utfördes det första fullskaleförsöket, vilket kunde betecknas som ett fall framåt.

Viss avskiljning av suspenderat material och några metaller skedde, men det gällde varken för kvicksilver eller silver, som är två av de prioriterade metallerna inom REVAQ-arbetet.

Ett av problemen var att kontrollera genomflödes hastigheten i sedimentationsanläggningen, och därför upprepades försöken i december 2011. Tyvärr gick det inte att verifiera resultaten, utan det utgående släppvattnet uppvisade betydligt högre halter än det inkommande.

Kontentan av detta debacle är att det krävs ytterligare rening, antingen i form av ett filtersteg eller användning av fällningskemikalie. En kombination av dem är också tänkbar.

## **Inledning**

Under det senaste århundradet har ett stort antal metaller använts för industriella ändamål och i olika typer av konsumtionsartiklar i Stockholm. Resultatet av den här användningen är att sedimentet i avloppsledningsnätet har förorenats av dessa metaller. Metallerna kommer sedan förr eller senare föras vidare till reningsverken, där de kontaminerar slammet.

Sedan 1970-talet har flera större tunga industrier flyttat från Stockholm och med det har också de stora punktkällorna försvunnit. Således har utsläppen ändrat karaktär till mer diffusa källor, vilka i sin tur är betydligt svårare att upptäcka och åtgärda. En typisk diffus källa är biltrafiken, som via dagvattnet bidrar med mycket föroreningar, inte bara metaller utan även partiklar, kväveoxider m.m. (Frenzel, 2011).

Tidigare undersökningar har också visat att olika metaller förekommer i olika hög grad i ledningsnätet. Kvicksilver är t.ex. oftast en mycket lokal förorening, medan bly är mer spridd i ledningsnätet (Lagerkvist, 2000).

1999 antog Regeringen 15 nationella miljömål, där slam och slamproduktion avhandlas i ”God bebyggd miljö”. Ett av delmålen är att minst 60% av fosforföreningarna i avlopp ska återföras till produktiv mark, varav minst hälften bör återföras till åkermark.

För att kunna leva upp till målsättningen att kunna använda ett rent och säkert slam i jordbruket startade branschorganisationen Svenskt Vatten ett projekt, ReVAQ, 2002. Under 2008 övergick ReVAQ till REVAQ, en slamcertifiering där målet är att garantera en säker slamproduktion och att slammet uppfyller gällande krav med avseende på gränsvärden och ge transparent information om slammets produktion och innehåll. En mycket viktig del inom REVAQ är också ett långtgående krav på de certifierade reningsverken att aktivt jobba med uppströmsarbete, dvs. att man förhindrar kemikalier, metaller och andra föroreningar att komma ut i avloppsledningsnätet (Frenzel, 2010).

## **Bakgrund**

Under våren 2010 rensades avloppsledningarna kring magasinet Ormen, som sträcker sig från Norrtull till Östermalm. Sedimentet i ledningarna spolades loss och sögs upp i tankbil. Vattnet återbördades till avloppsnetet. Samtidigt visade analyser av slammet i Henriksdal att halten kvicksilver var förhöjd. Totalt inkom under v 15-24 ca två kg mer kvicksilver än normalt till Henriksdal.

Tanken var att fortsätta i ett mindre område kring Humlegårdsgatan, Norrlandsgatan och Biblioteksgatan under hösten 2010. Östermalm har under lång tid hyst ett stort antal tandläkarkliniker och är därför känt för att vara kraftigt förorenat av kvicksilver. De halter som återfanns vid provtagning visade på kraftigt förhöjda halter i både sediment och släppvatten (det vatten som först sugts upp i tankbilen för att sedan ledas tillbaka till ledningsnätet).

Rensningen av ledningarna är mycket angelägen då sedimentet kan leda till översvämningar vid kraftiga regn, men att ”medvetet” leda kvicksilver till reningsverken är inte i paritet med REVAQ:s krav på en ständig förbättring av slamkvaliteten. Lämpliga åtgärder behövde därför utredas, och innan detta var gjort fick fortsatt spolning inte ske (Österberg, Lagerkvist, Ohlsson, 2010).

Med dessa förutsättningar startades ett utredningsarbete under hösten 2010 bestående av miljöingenjörer, planeringsingenjörer och representanter för entreprenörerna (Ragn-Sells och Foria). Målet var att utarbeta en enkel och robust metod för områdesspolningar där man i möjligaste mån förhindrar tungmetaller att nå reningsverken. Avsikten var också att kunna använda reningsmetoden på plats för att minska på transporter och tidsåtgång. I första hand

inriktade sig arbetet på att ta hand om kvicksilver och silver, men även andra metaller kommer att kunna tas om hand då flera av dem har liknande egenskaper i ledningsnätet.

### **Metodutveckling**

Litteraturstudier visade att kvicksilvret kan förekomma i partikelstorlekar från några  $\mu\text{m}$  till synliga bitar i form av amalgam, som kommer från tandläkarklinikerna. 60% av amalgamet har en storlek på 20-32  $\mu\text{m}$  eller mer och ca 10% är större än 500  $\mu\text{m}$  (Drummond et al 2001). Något metalliskt eller metylerat kvicksilver finns troligen inte i några större mängder, så det fortsatta arbetet inriktade sig på avskiljning av amalgambitar.

Inledningsvis utreddes två separata huvudspår, filtrering respektive sedimentering, antingen enskilt eller tillsammans.

Förutom själva metodutvecklingen uppdaterades och förbättrades gällande rutiner kring hur områdesspolningar och informationsutbyte ska gå till. Detta skedde i ett LEAN-team, bestående av miljöingenjörer och planeringsingenjörer på L, vilka planerar och beställer spolningarna. Även vissa utbildningsinsatser har genomförts för att skapa en förståelse för att även små åtgärder på fel ställe kan ställa till med stor skada i reningsverken.

### *Studerade filterlösningar*

Initialt studerades tre olika filterlösningar, vilka bygger på olika tekniker. Den första lösningen, Fuzzy Filter från Bosman watermanagement B.V., består av en mängd små fiberbollar av syntetmaterial som spillvattnet filtreras igenom. Företaget uppger själva att Fuzzy Filter kan användas för filtrering av olika typer av processvatten, förfiltrering innan ett membranfilter m.m.

Kapacitet: Upp till 300  $\text{m}^3/\text{h}$   
Dimensioner: Ca 2\*2\*5 m beroende på modell  
Avskiljningsgrad: Hög, troligen inga som helst problem med 10  $\mu\text{m}$   
Filter: syntetiska fibrer i bollar, livslängd angiven till ca 10 år  
Pris: Totalpris med installation ca 250 000 EUR

Anläggningen diskvalificerade då den är för stor för att använda ”på plats” samt att leveranstiden är okänd, men man kan utgå från att det tar flera månader innan allting är klart och driftsatt. Företaget hade ingen återförsäljare i Sverige.

Den andra lösningen, Harmscofilter från Callidus, består av en stålcylander med filterpatroner.

Kapacitet: Ca 180  $\text{m}^3/\text{h}$  (50 L/sekund) med det största filtret  
Dimensioner: Ca 1,5\*0,7 m (rund stålbehållare med filterpatroner i)  
Avskiljningsgrad: Hög, ner till 5  $\mu\text{m}$  är inga problem  
Filter: Filterpatronerna är tillverkade av polyester. Insatserna finns i följande tätheter: 5, 10, 20, 50 och 100  $\mu\text{m}$ .  
Pris: Ca 300 000 kr plus fraktkostnader för 180  $\text{m}^3/\text{h}$  (då ingår en extra uppsättning filter)  
Förfiltrering: Ja, 100  $\mu\text{m}$  och ev. 50  $\mu\text{m}$  (två separata filterenheter). Dessa kostar ca 250 000-260 000 kr styck beroende på vilken microntäthet man väljer. OBS! för självreningen av dem krävs färskvatten (ca 280 L/reningscykel).

Liten smidig lösning, behöver dock någon form av förfiltrering eftersom det är mycket sediment som kan komma att sätta igen filtret (kräver tillgång på färskvatten). Har backspolningsfunktion för rengöring av filtret.

Den tredje lösningen var att ha tre separata tankar fyllda med ett mineral, Aqualite (en zeolit), från företaget Josab.

Kapacitet: Upp till ca 100 m<sup>3</sup>/h  
Dimensioner: Filtrena placeras på två lastpallar och sedan har man en pump för sig.  
Avskiljningsgrad: 1-2 µm, troligen något större då det vid vår applikation bara är aktuellt med ett mekaniskt filter och jonbytesegenskaperna på filtermassan inte används.  
Filter: Aqualite™ (ett mineral)  
Pris: 450 000 – 500 000 kr exkl. moms och frakt för tre tankar med 1400 kg Aqualite i varje, pump och ett cyklonfilter (för partiklar >70 µm). Kapaciteten uppgår till ca 750 L/min. Med tre tankar behöver man ingen separat backspolningspump, utan renvatten från de två sista stegen backspolar det första steget. Tillkommer gör ledningar, ventiler och installation.

En mycket intressant lösning, som också kan bli dyr med tanke på att filtermassan måste bytas ut med jämna mellanrum. En prisuppgift lyder på 42 kr/kg (beror bl.a. på tillgång och lagerstatus i Sverige, mineralet bryts i Ungern).

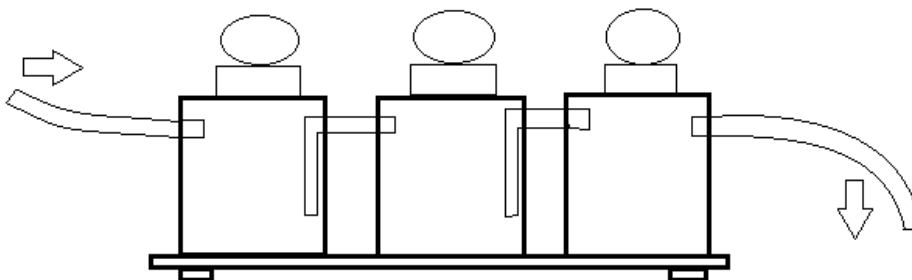
#### *Studerad sedimentationsanläggning*

Fördelen med en sedimentationsanläggning är att den kan transporteras och ställas upp på plats om man har tillräckligt med utrymme. Den kräver också ett minimum av underhåll och kringutrustning samtidigt som det är en välkänd och robust metod.

Andemeningen var från början att ha en liggande cylinder med fack i där vattnet stilla rinner över från det ena till det andra facket till utloppet. Det visade sig dock vara bättre ur konstruktionshänseende att montera färdiga glasfiberbehållare på en stålram (standardbehållare i t.ex. trekammarbrunnar), som i sin tur är möjlig att flytta med gaffeltruck eller lasta på lastbil.

Kapacitet: Ska kunna klara minst 200 L/min (dvs flödet från spolbilen)  
Dimension: Ca 4 m lång, kan variera beroende på hur många behållare som monteras  
Avskiljningsgrad: Om man lyckas upprepa resultaten från det enkla sedimenteringsförsöket torde man komma upp i en reningsgrad på ca 85% för Hg och ca 95% för Pb och Ag i släppvattnet.  
Pris: Maximalt 130 000 kr för tillverkning och montering på ram (enligt uppskattning)

Uppehållstiden i tanken kan avpassas men bör ligga på minst 10 minuter, eftersom man inte kommer att kunna återskapa de lugna förhållandena som rådde i laborieförsöken.

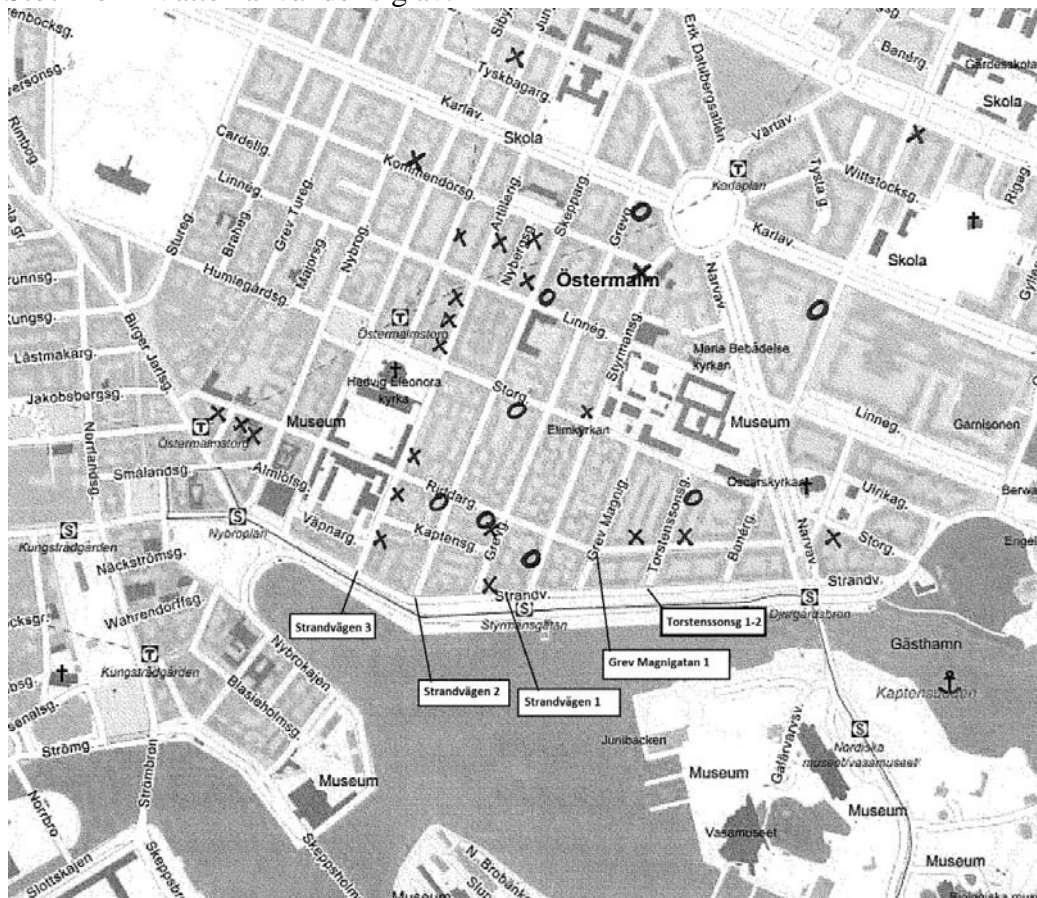


**Fig 1.** Schematisk bild av sedimenteringsanläggningen, levererad av ACO TTM.

Efter att ha studerat de tre lösningarna stod det klart att för att bevara enkelheten i metoden torde sedimentering vara den bästa lösningen. Filtrena från Callidus och JOSAB hade både för- och nackdelar, men för att snabbt kunna komma igång valdes en traditionell sedimentationsteknik. Efter de första laboratorieförsöken visade det sig också att man kan uppnå god rening av släppvattnet med sedimentation (se tabell 2 och 3).

### *Sedimentprovtagning*

Ett lämpligt område att testa metoden i visade sig vara Strandvägen, där man sedan tidigare vet att det finns kvicksilver i sedimentet (Lagerkvist, 2000). På tvärgatorna norr om Strandvägen finns det flera tandläkarkliniker (både gamla och nya) samt fotografer, som kan tänkas ha hanterat silver i framkallningsvätska under lång tid (se fig 2). Uppgifterna om verksamheterna och deras lokalisering har plockats fram ur MIIR, det industriregister som Stockholm Vatten använder sig av.



**Fig. 2.** Kryssen är tandläkarkliniker och ringarna markerar fotografer. Vissa av klinikerna har huserat flera tandläkarstolar. Provpunkterna för sedimentprovtagningen är också markerade.

Förekomsten av sediment i brunnarna längs Strandvägen undersöktes också, vilket visas i fig. 2. Totalt undersöktes 25 brunnar, men sediment hittades endast i fem av dem (se tabell 1). Mellan brunnarna kan det dock finnas sediment som man inte kommer åt pga. att rörelser i jorden kring ledningen kan skapa en "sänka" där sediment ansamlas. Detta märks först vid spolningen, såvida man inte filmar ledningen. Det har dock inte varit aktuellt med filmning i det här fallet.

## Laboratorieförsök

Då sedimentering tidigt angavs som huvudspår var det angeläget att testa sedimentering på ett antal prov i liten skala. Sediment och vatten togs från de fem brunnarna och placerades i 1 L plastburkar. Dessa skakades sedan kraftigt i ca fem minuter och fick stå i en, fem och 20 minuter innan vatten hölls av och skickades för analys med avseende på kvicksilver, silver och bly. På detta sätt skapades ett simulerat släppvatten. Torstensongatan 1 och 2 provtogs vid ett tidigare tillfälle och det fanns inget kvar av dem för att utföra något sedimentationstest.

### Resultat

**Tabell 1.** Sedimentprov tagna i september och oktober 2010. Torstensongatan 1 och 2 togs i samma punkt.

Provpunkt	Brunn	Hg (mg/kg TS)	Ag (mg/kg TS)	Pb (mg/kg TS)	TS (%)
Torstensongatan 1	ANB30321	0,087	<1	-	79,1
Torstensongatan 2	ANB30321	0,062	1,5	-	80,2
Grev Magnigatan 1	ANB30323	0,38	19	55	75,3
Strandvägen 1	ANB30332	0,074	<1	71	77,9
Strandvägen 2	ANB30347	0,36	<1	74	69,8
Strandvägen 3	ANB30354	2,4	2,6	200	66,9

**Tabell 2.** Simulerat släppvatten från sedimentproverna.

Provpunkt	Hg (µg/L)	Ag (µg/L)	Pb (µg/L)
Grev Magnigatan 1	400	160	17 000
Strandvägen 1	8	9,2	1 800
Strandvägen 2	100	200	16 000
Strandvägen 3, 1 min	200	1 400	32 000
Strandvägen 3, 5 min	30	60	1 500
Strandvägen 3, 20 min	40	17	970

**Tabell 3.** Jämförelse mellan det simulerade släppvattnet, normalhalter i spillvatten och riktvärdena för anslutna industrier.

Simulerat släppvatten	Hg (µg/L)	Ag (µg/L)	Pb (µg/L)
Strandvägen 3, 1 min	200	1 400	32 000
Spillvatten	<0,05	<0,5	2-5
Riktvärde, industrier	Får ej förekomma	50	50

Den intressantaste observationen vid försöken är att trots att kvicksilverhalten var ganska låg i samtliga sedimentprover kunde släppvattnet uppvisa mycket höga halter. Det var särskilt tydligt i provet från Grev Magnigatan, där halten kvicksilver ökade mer än 1000 gånger i släppvattnet jämfört med sedimentet. Normal halt kvicksilver i spillvattnet är <0,05µg/L, och i processavloppsvatten från industrier får det inte förekomma (Utsläpp av avloppsvatten från yrkesmässig verksamhet, 2000).

Det är utan tvekan så att egna aktiviteter och underhållsåtgärder i ledningsnätet kan påverka slamkvaliteten.

Provet från Strandvägen 3 testades också med fällningskemikalien, järnsulfat-heptahydrat ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) som används vid Bromma reningsverk. Detta gjordes för att se om reningen blev bättre om man fick bort en del partiklar. Provet tinades och späddes till 0,8 L med kranvatten. Sedan tillsattes 20 mL järnsulfatlösning. Den aktuella densiteten på lösningen var 1,16 g/mL, vilket motsvarar ett järninnehåll på ca 52 g/L. Alltså tillsattes ungefär ett gram järn till provet. Normalt tillsätts ca 10 g järn per kubikmeter spillvatten i reningsverket, dvs. ca en hundradel jämfört med det här experimentet. Provet blandades försiktigt och sedan fick det stå tills vattenfasen hölls av.

**Tabell 4.** Prov från Strandvägen 3 som behandlades med fällningskemikalie.

Prov	Hg (µg/L)	Ag (µg/L)	Pb (µg/L)
Strandvägen 3, direkt	100	120	4 900
Strandvägen 3, 1 min	100	100	4 000
Strandvägen 3, 5 min	90	54	2 600
Strandvägen 3, 20 min	10	<20	290

Tillsats av fällningskemikalie förbättrade inte reningen nämnvärt, varför det lämnades därhän i det fortsatta arbetet.

### Fullskaletest

I december 2010 testades proppningsmetoden för första gången på Strandvägen 29-33. Arbetet löpte på fint, och de viktigaste lärdomarna som drogs var bl.a. följande:

- Städgator ska utnyttjas i första hand för att få ordentligt med plats.
- De boende måste informeras i god tid.
- TA-plan bör upprättas

Sedimentförekomsten i ledningssträckan var i stort sett obefintlig, men det viktigaste var att se att allting fungerade som det skulle. Flödet i ledningen var vid spoltillfället inget problem, då arbetet skedde under kvällen och natten.

I slutet av juni 2011 testades spolmetod och sedimenteringsanläggning skarpt för första gången (Strandvägen 35-41).

Anläggningen kunde inte användas på plats pga. Att det inte fanns någon lämplig uppställningsyta, och därför ställdes den upp vid Nordisk Film på Lindarängsvägen, mellan korsningen Lindarängsvägen/Tegeluddsvägen och infarten till Tullvaktsvägen. Då en hel del sediment sögs upp i ledningen och bilen inte hade någon pump som kunde reglera tömningshastigheten var det nödvändigt att först tappa ut släppvatten och sediment/grus i två containrar där tyngre partiklar läts sjunka till botten. På det sättet undveks att anläggningen endast fylldes med grus och sediment. Sedimentationstiden blev ca 10 minuter, vilket hade varit lagom i laboratorieförsöken. Sedan topsögs containrarna och vattenfasen kördes till sedimenteringsanläggningen. Det gick inte att reglera genomflödet i anläggningen eftersom pump saknades, så det man fick gå efter var att den första behållaren inte skulle svämma över. Anläggningen läckte inte, alla kopplingar fungerade som tänkt och provtagningen gick att utföra utan problem.

Miljöförvaltningen Stockholm meddelades innan, vilket ska göras inför varje nytt försök. Detta ska göras då Miljöförvaltningen är tillsynsmyndighet för reningsverken.

Ytterligare lärdomar som drogs från experimentet var följande:

- Placeringen av anläggningen fungerade bra, men det bästa skulle vara att den kunde stå inne på Loudden så att man får ha den i fred. Nu stod den på en trottoar.
- Dimensionen på anläggningen är troligen för liten för att man ska kunna genomföra snabba reningar på plats. 10 minuters uppehållstid är troligen inte tillräckligt då vattnet inte står stilla.

**Tabell 5.** Analyserade parametrar vid första fullskaleförsöket.

Parameter	IN A/B (µg/L)	UT A/B (µg/L)	Mätosäkerhet (%)
Hg	0,7/0,8	1/1	± 40 (AFS)
Ag	2,6/2,5	2,7/2,2	± 20 (ICP-MS)
Pb	140/140	110/100	± 30 (ICP-AES)
Cr	45/44	36/33	± 25 (ICP-MS)
Zn	830/750	670/630	± 20 (ICP-AES)
SS*	540/500 (mg/L)	460/440 (mg/L)	± 10 SS EN 872-2



\*Suspended substans

Ytterligare ett spolningsförsök genomfördes i mitten av december 2011 med intentionen att upprepa resultaten från sommaren. Nu spolades sträckan Strandvägen 7-9, där inventeringen under hösten 2010 hade visat på de högsta kvicksilverhalter i sedimentet (2,4 mg/kg TS). Spolningen fick improviseras då gummiproppen inte gick ner i brunnhålet i korsningen Strandvägen/Artillerigatan (ANB30354). Brunnslöcket är av en äldre typ och är fyrkantigt samtidigt som järnkrampor var fastsatta i brunnsväggen, vilket hindrade införsel av utrustningen. Det fanns dock ett 4-5 cm tjockt sedimentlager i ledningen, och detta spolades loss och sögs upp i tankbilen, eftersom det primära syftet var att testa reningstekniken och inte själva proppningen.

Anläggningen ställdes upp på Lindarängsvägen, men på andra sidan jämfört med vid det första försöket. Här finns det nämligen en tömningsstation för externt slam som ansluter direkt till tunneln som leder in till Louddens pumpstation. Marken lutar något på platsen, så anläggningen pallades upp för att stå jämnt. Det visade sig dock att det med nöd och näppe gick att få igenom spolvattnet med hjälp av det hydrostatiska trycket (hävert) då höjdskillnaden mellan anläggning och tömningsstationens anslutning var i minsta laget. Med den här uppställningen försvinner även möjligheten att ta prover på utgående vatten. I det här fallet löste det sig dock genom att slangen in till tömningsstationen kopplades loss så att spolvatten som gått igenom anläggningen kunde tas ut. Även vid detta tillfälle var det omöjligt att reglera utflödet ur bilen på annat sätt än med vakuum, men med skillnaden att operatören instruerades att släppa ut vattnet mycket sakta ur bilen. Ett försök att uppskatta genomflödes hastigheten med hjälp av filmjolk gjordes också, men det gav inget resultat. Filmjölken (3% fetthalt) hälldes i den första behållaren, men det gick inte att se när den kom ut i den sista behållaren. När anläggningen tömdes fanns ett lager grus och sediment kvar i botten som även det analyserades m.a.p. metallerna och torrsustans.

**Tabell 6.** Analyserade parametrar vid andra fullskaleförsöket.

Parameter	IN A/B (µg/L)	UT A/B (µg/L)	Mätosäkerhet (%)
Hg	0,6/2	2/2	± 40 (AFS)
Ag	3,0/6,0	6,4/10	± 20 (ICP-MS)
Pb	53/110	110/200	± 25 (ICP-MS)
Cr	27/53	57/93	± 25 (ICP-MS)
Zn	520/1000	1300/1700	± 20 (ICP-AES)
Ni	16/31	33/57	± 15 (ICP-MS)
P	5,4/8,1 (mg/L)	7,7/12 (mg/L)	± 25 (ICP-AES)
SS*	260/490 (mg/L)	600/1100 (mg/L)	± 10 SS EN 872-2

\*Suspended substans

**Tabell 7.** Sedimentanalys vid andra fullskaleförsöket

Parameter	Halt (mg/kg TS)	Mätosäkerhet (%)
Hg	0,34	± 25 (AFS)
Ag	2,7	± 20 (ICP-MS)
Pb	74	± 25 (ICP-MS)
Cr	50	± 15 (ICP-AES)
Zn	280	± 15 (ICP-AES)
Ni	36	± 15 (ICP-AES)
P	<1% av TS	± 15 (ICP-AES)
Torrsustans	79,1(%)	± 15 (SS-EN 12880)

## **Ekonomi**

Vid den sista spolningen i december 2011 uppgick kostnaden till ca 43 000 kr (Foria var entreprenör, tidigare har även Ragn-Sells deltagit). Detta inkluderar tre bilar samt personal. Sedimentationsanläggningen flyttades till Lindarängsvägen, vilket kostade 5000 kr. Hyra av två st gummiproppar (hyrs per vecka) uppgick till 50 000 kr. Den spolade sträckan var lite drygt 100 meter lång (Strandvägen från Artillerigatan till Skeppargatan).

Tidsåtgången för insatsen bedömdes som rimlig, eftersom alla visste vad som skulle göras och ledtiderna därför kunde kortas. Det tog dock en hel del tid att få igenom släppvattnet genom sedimentationsanläggningen.

Analyskostnaderna uppgår till ca 1500 kr per prov för de fem metallerna silver, kvicksilver, bly, krom och zink samt suspenderat material.

Inköp av själva anläggningen kostade ungefär 150 000 kr inklusive frakt och smärre inköp av kompletterande kopplingar m.m. Arbetstiden som lagts ner på projektet är i storleksordningen 17 arbetsdagar totalt samt 20 timmar kval övertid i samband med spolningarna (vilket har skett nattetid).

Om normalt spolningsförfarande hade använts hade kostnaden landat på ungefär 7000 kr inklusive tippningsavgift (kommunicerat med Thomas Ohlson, LRN). Detta ger en kostnad på ca 70 kr per meter. I det aktuella fallet användes dock en större bil än annars. Vid det absolut enklaste förfarandet är man nere på mellan 10 och 15 kr per meter.

I dagsläget är således kostnaden för att rena släppvattnet från kvicksilver rejält hög. Till detta ska man också lägga osäkerheten kring effektiviteten för metoden.

## **Diskussion**

De första analysresultaten från fullskaleförsöken visade att en viss avskiljning skedde, trots att genomströmningshastigheten var i högsta laget. Osäkerheten vid metallanalyserna är dock stora, men för suspenderat material var minskningen större än 10%, som är analysens mätosäkerhet. För bly, krom och zink kunde en viss nedgång skönjas, men i allmänhet var minskningen mindre än mätosäkerheten. Silver och kvicksilver, de två parametrar som var mest intressanta, uppvisade ingen minskning i utgående vatten jämfört med inkommande. Resultaten ansågs ändå så pass intressanta att ett försök till borde göras för att se om det gick att upprepa.

Det andra försöket blev ett kraftigt bakslag, där de undersökta parametrarna inte uppvisade några sjunkande tendenser. Tvärtom, i båda fallen steg halterna av metallerna i utgående vatten jämfört med inkommande i storleksordningen 50-100% (se tabell 6). Det är osäkert vad detta beror på. Sedimentanalysen visar samtidigt att halten kvicksilver var betydligt lägre vid det andra fullskaleförsöket än vad som uppmättes i september 2010. Möjligtvis beror det på att man vid första analystillfället råkade få med en liten bit amalgam i provet, men tidigare undersökningar har uppvisat liknande halter kvicksilver i samma brunn (Lagerkvist).

Samtidigt var kvicksilverhalten i det simulerade släppvattnet mycket hög, jämfört med i de riktiga släppvattenproverna. I de sistnämnda var kvicksilverhalten hög, men fortfarande inte i närheten av de simulerade proverna. Tyvärr sparades inga prover från spolningen, vilket hade varit bra med tanke på det dåliga resultatet. Därmed försvann också möjligheten av verifiera om proverna hade förväxlats vid analys.

Under augusti-oktober 2011 har även en del andra ledningssträckor runt Östermalm spolats pga. att man tvingades förhindra akuta stopp i ledningarna. Under samma tid har inga förhöjda halter av kvicksilver kunnat konstateras i inkommande vatten till Henriksdal. Hade det funnits kvicksilver i ledningarna skulle detta med all sannolikhet kunnat observeras i Henriksdal. Det verkar som att mycket av det kvicksilver som funnits i ledningsnätet i

området nu är borta, men det är inte otroligt att halterna kan komma att långsamt byggas upp igen i takt med att ytterligare kvicksilver läcker ut från fastigheterna. Detta är dock inget som Stockholm Vatten kan styra över i nuläget.

### **Dragna lärdomar/inför framtiden**

I nuvarande tappning är reningsmetoden inte framgångsrik. Proppningen som sådan fungerar bra, och den maximala dimensionen på ledningarna som ska spolras bör inte överstiga 900-1000 mm. Vid större dimensioner blir flödet för stort och gummipropparna blir svåra att hantera i brunnarna.

Initialt finns det två sätt att gå vidare för att på något sätt öka reningsgraden. För det första bör man testa någon effektiv fällningskemikalie, antingen järnklorid eller polymer istället för järnsulfat-heptahydrat. Det andra är att komplettera anläggningen med ett sista filtersteg, vilket troligen skulle kunna reducera de utgående metallhalterna i släppvattnet. I det sistnämnda fallet skulle ett enkelt filter från Callidus troligen vara fullt tillräckligt. Om fällningskemikalie ska användas måste man få kontroll på flödet genom anläggningen, samtidigt som man måste fundera på hur kemikalien ska tillsättas. Nackdelen med kemikalier är att det blir ytterligare ett moment som kan innebära risker.

Det är också önskvärt att upprätta en permanent uppställningsplats för anläggningen om Stockholm Vatten avser att gå vidare med metoden. På det sättet underlättas fortsatt utveckling och försök med anläggningen. Det bör finnas en lastkaj eller något liknande så att man kan tömma spolbilarna i containrar som står nedanför. Det är inte nödvändigt att ha tillgång till en tömningsstation för släppvattnet, utan man kan lika gärna släppa ner vattnet i en vanlig brunn.

Metoden lämpar sig föga att använda vid områdesspolningar, men kan ändå ha ett värde vid punktinsatser där man vet att föroreningshalterna är mycket höga. En nedre gräns för kvicksilverhalter i sedimentet vid vilka det är motiverat att använda metoden måste också anges, eftersom man annars riskerar att förbruka tid och resurser på platser där nyttan med insatsen är försumbar. De högsta halterna som uppmättes i Strandvägen 3, 2,4 mg kvicksilver/kg TS är för lågt för att ge någon effekt. Den lägsta gränsen vid vilken metoden ska användas bör ligga runt 50-100 mg/kg TS.

Används metoden enbart vid punktinsatser bör man också överväga att utföra arbetet under dagtid, vilket underlättar planeringen för inblandad personal.

Om man väljer att gå vidare med metoden och upprepa försöken finns det några saker att tänka på:

- Spara en extra uppsättning prover utifall de försvinner/förväxlas vid analys.
- Man bör överväga att använda sig av en slangprovtagare som kontinuerligt kan ta prover på in- resp. utgående vatten. Stickprover är inte representativa.
- Det kan också vara idé att låta filtrera släppvattenproverna för att se om metallerna är lösta eller inte.
- För att testa reningsfunktionen på anläggningen är det inte nödvändigt att utföra proppning, utan man kan helt enkelt suga upp sediment med konventionell spolteknik. Fördelen med det är att det krävs max två bilar samtidigt som det går fortare och kostar mindre.
- Istället för att ha ett separat filter kan det kanske fungera att applicera något inne i tanken. Detta kan i så fall kommuniceras med Åke Stenqvist på ACO TTM, som tillverkade anläggningen.

## Referenser

- Drummond, J. L., Hathorn, R. M., Cailas, M. D. & Karuhn R. (2001), *Particle size analysis of amalgam powder and handpiece generated specimen*, Dental Materials 17 (2001) 322-332.
- Frenzel, M. (2010), *Vismut och volfram i slam – en utvärdering av förmodade och identifierade källor*. Stockholm Vatten rapport 10SV653.
- Frenzel, M. (2011), *Heavy metal separation during sewer system flushing*, The 12<sup>th</sup> Nordic/NORDIWA Wastewater Conference, FIWA (30-38)
- Lagerkvist, R. (2000), *Sammanställning av sedimentanalyser från Stockholm Vattens ledningsnät*. Stockholm Vatten Rapport nr 36, 2000.
- Stockholm Vatten, Käppala & SYVAB, 2000. *Utsläpp av avloppsvatten från yrkesmässig verksamhet*.
- Österberg, U., Lagerkvist, R. & Ohlson, T. PM från 20 augusti 2010 till Johanna Blomberg (AZ) och Stefan Rosengren (LZ).

## Internet

- Bosman watermanagement B.V, [www.bosman-water.nl](http://www.bosman-water.nl)
- Callidus AB, [www.callidus.se](http://www.callidus.se)
- JOSAB, [www.josab.se](http://www.josab.se)