



**Rapport 2016:20**

Avfall Sveriges utvecklingsatsning

ISSN 1103-4092

---

## **Avvattning av slam från små avloppsanläggningar – kvalitet och avsättning**



## FÖRORD

Slam från slamavskiljare och klosettwater från slutna tankar är exempel på fraktioner från små avloppsanläggningar som behöver samlas in och avsättas på lämpligt sätt. Slamavskiljarslam har i regel dålig kvalitet, det vill säga näringsinnehållet är lågt relativt metallinnehållet, vilket gör att det kan bli mindre attraktivt att återföra fraktionen till jordbruksmark. Projektet har fokuserat på avvattning av slamavskiljarslam och hur kvaliteten och avsättningsmöjligheterna ser ut för den fasta fasen och vattenfasen efter avvattning.

Projektet har finansierats av Avfall Sverige och Svenskt Vatten Utveckling. Projektgruppen har bestått av Elin Elmefors (projektledare), JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Anna Berggren, Nitoveskonsulterna inom Nitoves AB och Revaq-sekretariatet, Svenskt Vatten. Rapporten har skrivits av Elin Elmefors och Ida Sylwan vid JTI.

Malmö juli 2016

Maria Sigroth  
Ordförande Avfall Sveriges Utvecklingssatsning

Weine Wiquist  
VD Avfall Sverige



## FÖRFATTARNAS FÖRORD

Projektgruppen vill framföra ett stort tack till Rickard Ulfsparre vid Östersund Vatten och Dawid Sobolewski, Marlène Blomgren Svensson och Anneli Andersson Chan vid Växjö kommun för utförande av provtagning inom projektet.

Projektgruppen vill även framföra ett tack till referensgruppen, som har bestått av Rickard Ulfsparre, Vatten Östersund; Anneli Andersson Chan, Växjö kommun; Dan Johansson, Arvika Teknik AB; Magnus Flodman, Gästrike Återvinnare; Pernilla Cederlöf, Ånge kommun; Emma Hansson, Östra Göinge Renhållnings AB; Jenny Westin, Avfall Sverige; Margareta Lundin Unger, Havs- och Vattenmyndigheten och Peter Wallenberg, Lantbrukarnas Riksförbund.

Slutligen vill vi också tacka Erik Sindhøj och Lena Rodhe vid JTI samt Jan Erik Mattsson vid Institutionen för biosystem och teknologi, SLU Alnarp för råd vid framtagning av provtagningsupplägget.

Uppsala i juli 2016

Anders Hartman

VD för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik



## SAMMANFATTNING

Avfallsbranschen ansvarar för omhändertagande av fraktioner från små avloppsanläggningar som exempelvis slam från slamavskiljare och klosettavatten från slutna tankar. Dessa fraktioner behandlas ofta på kommunala avloppsreningsverk tillsammans med övrigt inkommande avloppsvatten. Revaq-certifierade avloppsreningsverk får dock allt svårare att ta emot slam från slamavskiljare som ofta har dålig kvalitet. Nya alternativ för avsättning av slam från slamavskiljare behöver därför hittas.

Preliminära resultat från tidigare studier har indikerat att slamavskiljarslam med fördel kan avvattnas eftersom huvuddelen av oönskade föroreningar i form av metaller då skulle hamna i den fasta fasen, medan rejektvattnet skulle kunna omhändertas av Revaq-certifierade verk. Denna studie har haft som mål att:

- 1) Studera och sammanställa kvaliteten på insamlade fraktioner från små avlopp samt de fraktioner som avvattning resulterar i, dvs. rejektvatten och fastfas
- 2) Utifrån kvaliteten på rejektvatten och fastfas utvärdera:
  - i) om rejektvattnet skulle vara lämplig att hantera i Revaq-certifierade reningsverk
  - ii) avsättningsmöjligheter för fastfasen

Projektet genomfördes främst genom provtagning och analys av olika fraktioner från små avloppsanläggningar före och efter avvattning, sammanställning av data och diskussion av resultaten under ett referensgruppsmöte. Provtagningen utfördes av Vatten Östersund och Växjö kommun. Vid Vatten Östersund togs prov vid tio tillfällen på blandade fraktioner från små avlopp (slamavskiljarslam och en mindre andel klosettavatten) före avvattning samt på fastfas och rejektvatten efter avvattning. Vid Växjö kommun togs sex prov på slam från slamavskiljare och sex prov på klosettavatten från slutna tankar (avvattning kunde inte utföras).

Mätresultaten på klosettavatten stödde tidigare slutsatser om att fraktionen har hög näringshalt i förhållande till metallhalten och med fördel kan återföras till jordbruksmarken, antingen genom att fraktionen certifieras enligt SPCR 178 eller att den tas emot av ett Revaq-certifierat reningsverk.

Mätresultaten stödde även tidigare indikationer på att slamavskiljarslam (och blandade fraktioner från små avloppsanläggningar som i huvudsak består av slamavskiljarslam) i regel har lågt näringsinnehåll i förhållande till metallinnehållet. Vad gäller fraktionerna efter avvattning tyder denna studie på att rejektvatten från avvattning av slamavskiljarslam/blandade fraktioner från små avlopp i regel har högt näringsinnehåll i förhållande till metallinnehåll och borde kunna behandlas på Revaq-certifierade reningsverk. Fler studier behövs dock för att t.ex. studera effekter av hur olika avvattningstekniker påverkar sammansättningen hos rejektvattnet.

Den fasta fasen har enligt denna studie oftast minst lika lågt näringsinnehåll i förhållande till metallinnehåll som ej avvattnade fraktioner från små avlopp. Att avsätta fraktionen som deponitäckning är ett lämpligt alternativ som används på flera håll idag. Flera deponier i Sverige har dock ett minskande behov av täckningsmaterial.

Anläggningsjord borde kunna vara ett tänkbart avsättningsalternativ för den fasta fasen, givet att tillräcklig efterfrågan finns. Det är också viktigt att den fasta fasen är tillräckligt torr och ren från grovrens som tops m.m. För att kunna avgöra om skogsgödsling är ett tänkbart avsättningsalternativ behöver det utredas vilka krav som ska ställas på tungmetaller (inga fastställda krav finns idag). Det kan även vara intressant att titta på metoder för att kväveberika den fasta fasen för att främja avsättning i skogsgödsling.

Förbränning bör kunna vara en möjlig avsättning för avvattnat slamavskiljarslam, åtminstone om torrsubstanshalten efter avvattning är minst 30 %. Överenskommelse med förbränningsanläggningen gällande kvalitet, sammansättning, mottagningsavgifter etc. måste dock göras i varje specifikt fall. Att bedriva uppströmsarbete för att minska metallhalter hos slam från slamavskiljare är en fördel oavsett avsättning.

Nyckelord: slam, slamavskiljare, små avloppsanläggningar, avvattning, klosettwater, slutna tankar, kvalitet, avsättning, Revaq, SPCR 178, deponitäckning, anläggningsjord, skogsgödsling, förbränning



## SUMMARY

In Sweden, the waste industry is responsible for disposal of fractions from on-site sewage systems such as sludge from septic tanks and blackwater from holding tanks. These fractions are often treated at municipal wastewater treatment plants. Revaq-certified wastewater treatment plants could, however, get problems with sludge from septic tanks which often have poor quality. Therefore, new ways of disposing sludge from septic tanks are needed.

Results from previous studies indicates that sludge from septic tanks preferably can be dewatered since the majority of metals would be in the solid phase, while the reject water could be disposed of Revaq-certified plants. The objectives of the study were to:

- 1) Study and compile the quality of the collected fractions from small sewage systems and the phases after dewatering, i.e. reject water and solid phase
- 2) Based on the quality of reject water and solid phase evaluate:
  - a) if reject water would be suitable to dispose Revaq-certified treatment plants
  - b) the possible ways of disposing the solid phase

The project was implemented through sampling and analysis of on-site sewage fractions before and after dewatering, compilation of data and discussion of the results in a reference group meeting. Sampling was conducted by Vatten Östersund and Växjö municipality. At Östersund samples were taken on mixed on-site sewage fractions (sludge from septic tanks and a smaller proportion blackwater from holding tanks) before dewatering and solid-phase and reject water after dewatering. The samples were taken at ten occasions. At Växjö six samples were taken of sludge from septic tanks and six samples of blackwater from holding tanks (dewatering could not be performed).

Previous studies indicates that blackwater from holding tanks has high nutrient content in relation to the metal content and can advantageously be returned to agricultural land, either through certification of the fraction according to SPCR 178, or through treatment in Revaq-certified treatment plants. The study supported these results.

The study also supported previous conclusions of that sludge from septic tanks (and fractions which mainly consists of sludge from septic tanks) generally have low nutrient content in relation to the metal content. When it comes to dewatering of fractions that mainly consists of sludge from septic tanks, the study indicates that that reject water usually have high nutrient content in relation to metal content and could be treated in Revaq-certified treatment plants. More studies are needed, for example, studies of the effects of the how the compositions of reject water is affected by the choice of dewatering method.

The study indicates that the solid phase after dewatering of fractions that mainly consists of sludge from septic tanks have at least as low nutrient in relation to the metal content as the fractions have before dewatering. To use the solid phase as landfill cover is a suitable option used in many places today. Several landfills in Sweden, however, have decreasing demand for cover material.

Soil for earthworks could be a possible use for the solid phase, given that sufficient demand exists. It is also important that the solid phase is sufficiently dry and clean from contaminating solids such as cotton swabs etc. In order to determine whether forest fertilization is a possible use of the solid phase, there is a need to investigate suitable limits for metals (no limits exist today). It may also be interesting to look at methods for nitrogen enrichment of the solid phase in order to make it more attractive for forest fertilization.

Incineration could be a possible treatment for the solid phase, at least if dry matter content is at least 30 %. Agreement with the incinerator must be made in each specific case in terms of quality, composition, reception fees, etc. To carry out upstream work to reduce the metal content of sludge from septic tanks is an advantage regardless disposal method.

Key words: sludge, septic tanks, on-site sewage system, dewatering, blackwater, holding tanks, quality, disposal, Revaq, landfill, earthwork, forest fertilization, incineration



# INNEHÅLL

1	Inledning	1
1.1	Syfte	1
1.2	Mål	1
1.3	Projektgrupp och referensgrupp	1
2	Bakgrund/litteraturstudie	2
2.1	Fraktioner från små avloppsanläggningar	2
2.1.1	Kretslopp, certifiering och acceptans	2
2.1.2	Kvalitet	5
2.2	Analyserade ämnen	6
2.3	Tekniker för avvattnings av fraktioner från små avloppsanläggningar	7
2.3.1	På reningsverk med kommunala fraktioner	7
2.3.2	Separat linje på reningsverk	7
2.3.3	Frysavattning	8
2.3.4	Mobil avattning	8
3	Genomförande	9
3.1	Framtagande av provtagningsplan	9
3.2	Provtagning	9
3.2.1	Analyserade ämnen	11
3.2.2	Analys och sammanställning av kvalitet	11
3.2.3	Referensgruppsmöte	12
4	Resultat och diskussion	13
4.1	Halter hos analyserade ämnen	13
4.1.1	pH, torrsubstanshalt och glödförlust	13
4.1.2	Fosfor och kväve	15
4.1.3	Utvalda metaller	16
4.1.4	Kadmium-fosforkvot	21
4.2	Massfördelning hos näringsämnen och metaller	23
4.3	Avsättning för klosettwater	24
4.4	Avsättning för slamavskiljarslam	24
4.4.1	Gödsling av jordbruksmark	25
4.4.2	Skogsgödsling	25
4.4.3	Deponitäckning	26
4.4.4	Anläggningsjord	26
4.4.5	Förbränning	26
4.4.6	Andra avsättningsmöjligheter	29
4.4.7	Förbättrad slamkvalitet och uppströmsarbete	30
5	Fortsatta studier	31
6	Slutsatser	32
7	Referenser	33
	Bilaga 1	36
	Bilaga 2	37
	Bilaga 3	47
	Bilaga 4	53

# 1 INLEDNING

I Sverige finns cirka 950 000 små avloppsanläggningar, och avloppsfraktionerna från dessa, slamavskiljarslam, innehåll i slutna tankar, samt material från fosforfilter, behöver omhändertas på ett hållbart sätt. Avfallsbranschen ansvarar för att både samla in och ta hand om fraktionerna från små avloppsanläggningar. De insamlade fraktionerna, som i huvudsak består av slamavskiljarslam och innehåll från slutna tankar, lämnas sedan ofta till kommunala avloppsreningsverk där de genomgår rening tillsammans med övrigt inkommande avloppsvatten. Slam från slamavskiljare utan kemisk fällning har ofta dålig kvalitet, det vill säga lågt näringsinnehåll i förhållande till metallinnehållet, och kan försämra kvaliteten på rötslammet. Revaq-certifierade avloppsreningsverk kan därför få allt svårare att ta emot slam från slamavskiljare. Slam från slamavskiljare omfattas inte heller av certifieringen SPCR178, som gäller fraktioner från små avlopp. Nya alternativ för avsättning av slam från slamavskiljare behöver därför hittas.

I ett tidigare Avfall Sverige projekt, ”Omhändertagande av fraktioner från enskilda avlopp” (U2014-15) var slutsatserna bl.a. att slam från slamavskiljare bör behandlas separat när slammet påverkar kvaliteten på slutprodukten från Revaq-certifierade avloppsreningsverk. Preliminära resultat indikerade att slamavskiljarslammet med fördel kan avvattnas eftersom huvuddelen av oönskade metaller då skulle hamna i den fasta fasen, medan rejektvattnet skulle kunna omhändertas av Revaq-certifierade verk (eller vid mobil avvattning till lokala slamavskiljare). För att avgöra om det är lämpligt att hantera rejektvattnet i reningsverk krävdes dock ytterligare studier på kvalitet hos rejektvatten från avvattning av slam från små avloppsanläggningar. Även för fastfasen behövde kvalitén studeras vidare och avsättningsmöjligheter utredas.

## 1.1 Syfte

Syftet med projektet är att utvärdera kvaliteten, dvs innehåll av näringsämnen och metaller, hos avvattnat slam, fastfas och flytande fas (rejektvatten) från små avloppsanläggningar (slam från slamavskiljare och blandade fraktioner, dvs. slamavskiljarslam och klosettatten från slutna tankar) för att kunna hitta lämplig och uthållig avsättning för dessa fraktioner.

## 1.2 Mål

Projektets mål är att:

- 1) Studera och sammanställa kvaliteten på i) insamlat slam från små avloppsanläggningar samt de fraktioner som avvattningen resulterar i, dvs. ii) rejektfas och iii) fastfas
- 2) Utifrån kvaliteten på fastfas och rejektfas utvärdera om:
  - i) rejektfasen (till skillnad från det inkommande slamavskiljarslammet) skulle vara lämplig att hantera i Revaq-certifierade reningsverk
  - ii) avsättningsmöjligheter för fastfasen

## 1.3 Projektgrupp och referensgrupp

Projektgruppen har bestått av Elin Elmefors, projektledare JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik och Anna Berggren, Nitoveskonsulterna inom Nitoves AB och Revaq-sekretariatet, Svenskt Vatten.

Referensgruppen har bestått av: Rickard Ulfsparré, Vatten Östersund; Anneli Andersson Chan, Växjö kommun; Dan Johansson, Arvika Teknik AB; Magnus Flodman, Gästrike Återvinnare; Pernilla Cederlöf, Ånge kommun; Emma Hansson, Östra Göinge Renhållnings AB; Jenny Westin, Avfall Sverige; Margareta Lundin Unger, Havs- och Vattenmyndigheten och Peter Wallenberg, Lantbrukarnas Riksförbund.

## 2 BAKGRUND/LITTERATURSTUDIE

I Sverige finns ca 950 000 fastigheter med behov av små avloppsanläggningar (SCB, 2014 a). I de avloppsanläggningar som finns idag ingår i princip alltid någon anläggningsdel som behöver tömmas regelbundet, som exempelvis slammet ur en slamavskiljare eller klosettvattnet ur en slutna tank. Ansvaret för omhändertagande, det vill säga tömning, behandling och avsättning av fraktioner från små avloppsanläggningar ligger hos avfallsorganisationen i varje kommun. Behandlingen av fraktionerna utförs ofta på kommunala avloppsreningsverk, men andra typer av behandling förekommer också.

### 2.1 Fraktioner från små avloppsanläggningar

Fraktioner från små avloppsanläggningar utgörs av:

- Klosettvattnet (urin, fekalier och ev. andra kroppsvätskor samt toalettpapper och spolvattnet )
- Latrin (från torrtoaletter)
- Urin (från urinsorterande toaletter)
- Filtermaterial från fosforavskiljande filter
- Kemsam från minireningsverk och liknande
- Slam från traditionella slamavskiljare (utan kemisk fällning)

De vanligaste typerna av anläggningar som behöver tömmas är slamavskiljare och slutna tankar. Av de 950 000 fastigheterna med behov av små avloppsanläggningar har 690 000 fastigheter avlopp med både klosettvattnet och bad-, disk- och tvättvattnet (BDT-vatten) medan resterande enbart har avlopp med BDT-vatten (SCB, 2014 a). Baserat på uppgifter från Olshammar m.fl. (2015) kan det antas att slamavskiljare (utan kemisk fällning) finns vid minst 70 % av de små avloppsanläggningarna medan slutna tankar finns vid minst 11 % av avloppen. Fraktioner från små avloppsanläggningar utgörs därför till allra största del av slamavskiljarslam och klosettvattnet, och projektets fokus ligger på dessa fraktioner.

#### Slamavskiljare

Slamavskiljaren är ett första reningssteg i vilket partikulärt och suspenderat material avskiljs från avloppsvattnet. Efter slamavskiljaren krävs något form av ytterligare rening för att behandla de lösta föroreningarna i avloppsvattnet. I vissa fall används kemisk fällning i slamavskiljaren, men det är ovanligt.

#### Slutna tankar

En slutna tank kräver att klosettvattnet och BDT-vatten hanteras separat. Den slutna tanken samlar upp allt klosettvattnet från hushållet. Hushållets BDT-vatten behandlas på annat sätt. Klosettvattnet förvaras i den slutna tanken tills slambilen tömmer tanken och tar med sig klosettvattnet till en behandlingsanläggning.

##### 2.1.1 Kretslopp, certifiering och acceptans

Avloppsvattnet innehåller näring, främst i form av fosfor och kväve. Det är önskvärt att näringen kan tas tillvara och återföras till jordbruksmarken, dock är det samtidigt viktigt att återförd avloppsfraktion har tillräckligt god kvalitet, dvs är tillräckligt högt näringsinnehåll i förhållande till metallinnehållet,

och är hygieniskt säker. För att säkerställa att fraktioner från små avloppsanläggningar uppfyller dessa krav på kvalitet och hygienisering finns certifieringssystemet SPCR 178. Eftersom fraktioner från små avloppsanläggningar ofta behandlas vid kommunala avloppsreningsverk förekommer det att de påverkar slutprodukten, slammet, från reningsverket. Lite mindre än hälften av det slam som återfördes till jordbruksmark från kommunala reningsverk under 2014 kom från Revaq-certifierade verk. Det förekommer alltså även återföring av slam från kommunala verk utan certifiering. Detta behöver inte betyda att slammet från de icke certifierade verken är av sämre kvalitet, det kan också vara slam som uppfyller kvaliteten men som kommer från mindre verk där VA-huvudmannen bedömt att man inte kan upprätthålla det långsiktiga uppströmsarbete som Revaq kräver.

### **SPCR 178**

SPCR 178, ”Certifieringsregler för System för Kvalitetsäkning av fraktioner från små avlopp”, är ett frivilligt certifieringssystem som endast omfattar fraktioner från små avloppsanläggningar med upp till 50 anslutna personer (eller källsorterade avloppsfraktioner från större system). För att bli certifierade ska avloppsfraktionerna bland annat uppfylla krav på hygienisering och kadmium-fosforkvot (SP, 2012). Kraven på kadmium-fosforkvot ser ut enligt tabell 1.

*Tabell 1. Krav på kadmium-fosforkvoter enligt SPCR 178.*

År	Cd/P-kvot (mg Cd/kg P)
2012-2019	25
2020-	17

Slamavskiljarslam ingår inte bland de fraktioner som kan certifieras av SPCR 178 eftersom fraktionen inte anses ha tillräckligt högt näringsinnehåll i relation till mängden önskade ämnen.

### **Revaq**

Revaq är ett frivilligt certifieringssystem för kommunala avloppsreningsverk i syfte att minska mängden önskade ämnen i det avloppsvatten som når avloppsreningsverket och samtidigt bidra till att uppnå återföring av fosfor och kväve till jordbruksmarken (Revaq, 2016). Att bedriva uppströmsarbete för att minska mängden önskade ämnen som spolas ut i avloppet är därför en viktig del inom Revaq. Certifieringssystemet omfattar i dagsläget endast kommunala avloppsreningsverk. Anläggningar som enbart behandlar fraktioner från små avloppsanläggningar bör alltså inte certifieras enligt Revaq. Det är dock tillåtet att Revaq-certifierade reningsverk tar emot fraktioner från små avloppsanläggningar, så länge kvaliteten på reningsverkets slam inte påverkas. Om en fraktion från små avloppsanläggningar tas emot av ett Revaq-certifierat verk blir det relevant att sätta kvaliteten hos den små avloppsanläggningarsfraktionen i förhållande till Revaqs krav.

Revaq ställer krav på tillåten mängd kadmium och övriga prioriterade spårelement som tillförs jordbruksmark vid spridning av slam (gram spårelement per hektar och år) samt på maximal ackumuleringstakt för prioriterade spårelement (i procent per år). Kraven på maximala tillförda metallmängder per hektar och år anges i tabell 2. Samtidigt finns krav enligt Grundbestämmelsen i Jordbruksverkets föreskrifter och allmänna råd om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring (SJVFS 2004:62) som säger att maximalt 22 kg P får spridas på åkermark per hektar och år.

Tabell 2. Maximal tillförsel till åkermark i gram per hektar och år enligt Revaq (2016).

Metall	2016	2025
Kadmium	0,61	0,37
Bly	25	25
Nickel <sup>1</sup>	25	25
Koppar <sup>1</sup>	300	300
Zink <sup>1</sup>	600	600
Kvicksilver	0,80	0,23
Krom <sup>1</sup>	40	40
Silver	3,8	0,56
Antimon	11	1,6

<sup>1</sup> Maximal tillförsel av essentiella spårelement Zn, Cu Cr och Ni enligt svensk lagstiftning.

För att bedöma om ett visst slamparti får spridas på åkermark ska följande moment genomföras enligt Revaq (2016):

1. Kontrollera om partiet uppfyller gällande lagstiftning
2. Kontrollera om partiet uppfyller bilaga 8, i detta fall får hänsyn tas till analysosäkerheten. Beräkning görs utifrån 22 kg P/ha och år.
3. Om punkt 1 och 2 medger spridning på åkermark beräknas givans storlek utifrån redovisade analysvärden utan beaktande av analysosäkerheten.
4. Kontrollera att partiet är hygieniserat och fritt från salmonella enligt bilaga 2 och 5.”

Revaq ställer inte krav på kadmium-fosforkvot, vilket alltså är en skillnad mot SPCR 178. Däremot kan kravet på tillåten mängd kadmium per hektar och år översättas till motsvarande kadmium-fosforkvoter under förutsättning att full fosforgiva (22 kg P/ha och år) sprids, och ser då ut enligt tabell 3. Detsamma gäller bly, nickel, koppar, zink, kvicksilver, krom, silver och antimon.

Tabell 3. Metall-fosforkvoter (mg metall/kg P) motsvarande Revaq:s krav\*. Alla kvoter är avrundade till två värdesiffror.

Metall	2016	2025
Kadmium	28	17
Bly	1 100	1 100
Nickel <sup>1</sup>	1 100	1 100
Koppar <sup>1</sup>	14 000	14 000
Zink <sup>1</sup>	27 000	27 000
Kvicksilver	36	10
Krom <sup>1</sup>	1 800	1 800
Silver	170	25
Antimon	500	73

\* Förutsätter att full fosforgiva enligt SJVFS 2004:62, 22 kg /ha och år, sprids vilket inte är ett krav.

### SFS 1998:944

I Förordning (1998:944) om förbud m.m. i vissa fall i samband med hantering, införsel och utförsel av kemiska produkter finns krav på att slam som används för jordbruksändamål inte får överstiga gränsvärdena i tabell 4.



Tabell 4. Krav på slam som används för spridning på åkermark.

Metall	Halt (mg/kg TS)
Bly	100
Kadmium	2
Koppar	600
Krom	100
Kvicksilver	2,5
Nickel	50
Zink	800

### Acceptans

För att en avloppsfraktion ska kunna spridas på jordbruksmark räcker det inte med den uppfyller krav på kvalitet, hygienisering och andra relevanta krav – det måste även finnas en mottagare av slammet som vill sprida detta på sin jordbruksmark. Acceptansen för avloppsfraktioner som gödselmedel påverkas dels av osäkerheter kring föroreningar som läkemedel, mikroplaster med mera, dels av ett upplevt obehag kring det faktum att gödselmedlet uppstått ur fekalier och urin från människor.

Lantbrukarnas riksförbunds (LRF) hållning i frågan är att de inte tar ställning till om lantbrukaren ska sprida slam eller inte. Enligt Wallenberg deltar LRF i Revaq för att ”driva på utvecklingen och jobba för ökad kvalitet”. Vidare uppger Wallenberg att LRF inte förespråkar slamspridning, oavsett om slammet kommer från ett certifierat reningsverk eller inte; ”i valet mellan olika slam anser LRF dock att Revaq är bättre än ocertifierat sådant” (Wallenberg, pers. medd.).

### 2.1.2 Kvalitet

Att en avloppsfraktion har bra kvalitet innebär i detta sammanhang att fraktionen har en relativt hög halt näringsämnen, fosfor och kväve, i relation till oönskade ämnen som till exempel tungmetaller.

Jönsson m.fl. (2013) har visat att den genomsnittliga kadmium-fosforkvoten för klosettatten beräknas ligga runt 11 mg Cd/kg P. I en studie av Elmefors & Ljung (2014) samlades mätvärden på fosfor och metaller hos fraktioner från små avloppsanläggningar in från kommuner. Insamlade data tydde på att slam från slamavskiljare hade en högre kadmium-fosforkvot (52–92 mg Cd/kg P) än slutna tankar (<16–56 mg Cd/kg P) (Elmefors & Ljung, 2014). Studien tydde även på att efter avvattning av slamavskiljarslam har den fasta fasen ungefär samma kadmium-fosforkvot som icke-avvattnat slamavskiljarslam. Data kring rejektivatten från avvattning var ytterst begränsade, men två analyser av kadmium och fosfor i rejektivatten tydde på en kadmium-fosforkvot under 8 mg Cd/kg P (Elmefors & Ljung, 2014). Det fanns generella svårigheter med att jämföra data från olika kommuner, på grund av variationer i provtagningsmetodik och analysmetoder.

I en studie av Svensson m.fl. (2015) har bland annat klosettatten från slutna tankar provtagits. En slutsats från studien är att klosettatten i regel har god kvalitet. I studien har de satt halter av metallerna bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel, silver, zink och tenn i relation till fosforhalten och jämfört dem med föreslagna gränsvärden enligt Naturvårdsverkets regeringsuppdrag om hållbar återföring av fosfor, se tabell 5. Bly, koppar, krom och silver låg med god marginal under Naturvårdsverkets föreslagna gränser. Enstaka prover på silver och zink hamnade dock över gränsvärdet. I Svensson m.fl. (2015) finns även en sammanställning från tre andra studier som undersökt kvaliteten hos klosettatten.

Tabell 5. Metall-fosforkvoter i klosettvattnen i en studie av Svensson m.fl. (2015).

Ämne	Metall/P-kvot (mg/kg P)	Gränsvärde enligt Naturvårdsverkets fosforutredning
Kadmium	7,9–33,7	40
Bly	24,3–130,8	1 600
Nickel <sup>1</sup>	130–735	1 400
Koppar <sup>1</sup>	2 419–4 903	21 400
Zink <sup>1</sup>	8 277–29 570	28 600
Kvicksilver	1,5–15,9	40
Krom <sup>1</sup>	27,0–182,3	180
Silver	6,5–87,3	180
Antimon	-	-

Antalet kommunala avloppsreningsverk anslutna till Revaq var år 2014 40 st. Fem av dessa hade en kadmium-fosforkvot på under 20 mg Cd/kg P, nio hade en kadmium-fosforkvot på över 30 mg Cd/kg P, och resterande 26 hade en Cd/P-kvot på 20–30 mg Cd/kg P.

Sammanfattningsvis omfattas slamavskiljarslam inte av SPCR 178. Vanligast är att slammet förs in i ett kommunalt reningsverk, men det kan finnas behov av att behandla och avsätta slamavskiljarslam separat om verket är Revaq-certifierat (Elmfors & Ljung, 2014). Slam från slutna tankar som samlats in separat kan vid tillräcklig kvalitet certifieras enligt SPCR 178 och återföras till jordbruksmark, eller föras till ett Revaq-certifierat avloppsreningsverk. Ofta sker dock insamling av slamavskiljarslam och klosettvattnen i en och samma tankbil och fraktionen måste då hanteras blandad.

## 2.2 Analyserade ämnen

Denna studie har analyserat de ämnen som det ställs krav på enligt SNFS 1994:2, ”Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket”:

- Torrsubstans
- Glödförlust
- pH
- Totalfosfor
- Totalkväve
- Ammoniumkväve
- Metaller: bly, kadmium, koppar, kvicksilver, nickel, krom och zink.

De 60 spårämnen som det ställs krav på enligt Revaq har också analyserats (Revaq, 2016). Förutom lagkraven i SNFS 1994:2 har fokus i sammanställningen även legat på silver och antimon.

För ovan nämnda metaller kan nämnas att nickel är ett exempel på metall som till stor del följer med i rejektivatten medan bly till stor del bedöms följa med den fasta fasen (Anna Berggren, pers. medd. (b)). Enligt erfarenheter från referensgruppen kan det vara stor skillnad på kopparhalter i rejektivatten från olika kommuner beroende på t.ex. kommunens dricksvattenledningar. Koppar är toxiskt för akvatiska organismer. Vissa former av krom har högre toxicitet, t.ex. sexvärdigt krom som är giftigt och cancerframkallande medan det finns andra former av krom som inte har några kända nackdelar för hälsan. Referensgruppen har lyft att silver också är toxiskt för akvatiska organismer. Inom Revaq har man lagt märke till att silverhalterna har ökat hos flera verk på den senaste tiden. Det rör sig fortfarande inte om några stora mängder totalt sett, men utvecklingen bör bevakas. Silver har en antibakteriell verkan och förekommer tyvärr ibland i produkter som t.ex. träningskläder för att minska lukt. Sett ur ett längre perspektiv har dock silverhalterna minskat mycket.

Revaq har även sett en ökning av vismut i verken. Hittills har man inte observerat några vismutrelaterade nackdelar på miljö eller hälsa. Vismut finns t.ex. i mineralsmink. Vismut har dock inte sammanställts i den aktuella studien, men finns med i sammanställningen i bilaga 2.

Antimon är ett ämne som toxikologiskt påminner om arsenik (Sternbeck m.fl., 2002). Antimon används till exempel som flamskyddsmedel, pigment eller katalysator och förekommer som tillsatsämne till plast, textilier, gummi och metall (Sternbeck m.fl., 2002).

## **2.3 Tekniker för avvattning av fraktioner från små avloppsanläggningar**

Såväl slam från slamavskiljare som klosettatten har en låg TS-halt (ofta under 1 %). Avvattning kan ske tillsammans med kommunalt slam på reningsverken, antingen direkt genom att slammet tillförs vid befintlig avvattningsutrustning eller indirekt genom att slammet går in i reningsprocessen som sedan producerar slam som avvattnas. Vid separat hantering av slam från små avloppsanläggningar finns ofta behov av att minska volymerna för att underlätta hanteringen, bl.a. för att effektivisera transporter. Separat avvattning kan då vara aktuellt för slamavskiljarslam som samlats in separat och för slamavskiljarslam och klosettatten blandat<sup>1</sup>. Avvattningen kan t.ex. ske vid separat linje på avloppsreningsverket, genom frysavvattning eller med mobil avvattning.

### **2.3.1 På reningsverk med kommunala fraktioner**

De vanligaste avvattningsmetoderna som finns på svenska avloppsreningsverk utgörs av gravimetrisk och mekanisk slamavvattning samt torkbäddar (Baresel m.fl, 2014).

Gravimetrisk slamavvattning, eller slamförtjockning, går ut på att slammet förtjockas genom gravitationens inverkan. TS-halten efter förtjockningen ligger i regel under 10 % (Baresel m.fl. 2014). Tekniken är enkel och robust och kan vara ett resurseffektivt sätt att förbehandla slammet innan annan avvattningsteknik tillämpas (Baresel m.fl, 2014).

Centrifugering är vanligt mekanisk metod som går ut på att slammet avvattnas med hjälp av centrifugalkraften. Centrifugerat slam kan ofta ha en TS-halt på upp till 30 % (Baresel m.fl, 2014). Tekniken tar lite utrymme och skötsel i anspråk men kräver ofta en hög förbrukning av energi och polymerer (Baresel m.fl, 2014).

Slamfiltrering med hjälp av pressar är en annan mekanisk metod som går ut på att slam pressas mot ett filter. Silbandspress är en vanlig metod. Skruvpress är en annan pressmetod som har blivit vanligare på den senaste tiden. TS-halten blir lägre med silbandspress än med centrifugering, medan skruvpress i regel ger samma TS-halt som centrifugering (Baresel m.fl, 2014).

Polymerer används ofta tillsammans vid slamavvattning. Syftet med att tillsätta polymerer är att slampartiklarna ska bli större och stabilare (Baresel m.fl, 2014). Olika typer av slam kräver olika dosering av polymerer för att önskad effekt ska uppnås (Baresel m.fl, 2014).

### **2.3.2 Separat linje på reningsverk**

Fraktioner från små avlopp kan avvattnas i en separat linje vid avloppsreningsverk varpå den fasta fasen avsätts separat. Denna lösning förekommer vid avloppsreningsverket i Göviken, Östersund. Det rejektvatten som bildas vid avvattningen behandlas vid det kommunala avloppsreningsverket.

<sup>1</sup> För klosettatten som samlats in separat är avvattning mindre lämpligt eftersom näringen som ska återföras då hamnar till stor del i rejektvattnet (och effektivisering av transporter inte uppnås). Istället kan hela volymen återföras. Det pågår även utveckling för att kunna koncentrera näringen med andra metoder än avvattning.

Avvattningstekniken består av en skruvpress kombinerat med polymertillsats på ca 4–5 kg/ton TS. Den fasta fasen efter avvattning har vanligen en TS-halt på 30–32 % (Ulfsparre, pers. medd.). Bedömningen från Ulfsparre (pers. medd.) är att fraktioner från små avloppsanläggningar är lätt att avvattna med skruvpressen, medan det fungerar bättre med centrifuger för att avvattna det kommunala slammet i Göviken, vilket han menar skulle kunna bero på att fraktionerna från små avloppsanläggningar har relativt högt fiberinnehåll jämfört med det kommunala slammet.

Gästrike Återvinnare håller på att bygga en separat linje för avvattning som bygger på samma princip. Avvattningen bedöms kosta ca 200 kr per ton (Flodman, pers. medd.).

Även centrifugering eller silbandspress skulle vara möjliga alternativ för avvattning i separat linje vid reningsverk. Dessa metoder har vad vi känner till dock ännu inte utvärderats praktiskt för denna tillämpning.

### **2.3.3 Frysavvattning**

Ett annat sätt att avvattna fraktioner från små avloppsanläggningar är via frysavvattning. Detta är något som t.ex. tillämpas i Ånge kommun med hjälp en slamlagun (Cederlöf, pers. medd.). Vid frysavvattning drar man nytta av det faktum att fasta partiklar separeras från vattenfasen vid frysning. Metoden kostar relativt lite i områden med kallt klimat där naturlig frysning kan ske under vintern.

Slamfrysning kan ge en fast fas med TS-halt på 20–30 % (Hellström & Kvarnström 1997). En skillnad jämfört med mekanisk avvattning är att frysavvattning kräver betydligt större ytor. En nackdel med frysavvattning kan vara att lösliga ämnen fryser tillsammans med vattenfasen för att senare riskerar att lakas ur när vattnet tinar (Baresel m.fl, 2014). Om detta är någon nackdel eller ej beror dock på till stor del hur lakvattnet hanteras. I Ånge kommun sker frysavvattning av slam mot en asfalterad botten som lutar mot infiltrationsdiken. Lakvattnet når infiltrationsdikena och pumpas därifrån vidare till ett avloppsreningsverk.

### **2.3.4 Mobil avvattning**

Vid tömning av slam från slamavskiljare tillämpas ibland mobil slamavvattning. Det innebär att slammet avvattnats i slambilen och att slambilen enbart tar med sig den fasta fasen till vidare behandling. Rejektvattnet återförs till slamavskiljaren. Mobil slamavvattning är endast tillämpligt på slamavskiljare och inte på andra avloppsanordningar som slutna tankar eller minireningsverk. Uppskattningsvis 13 % av kommunerna kör med avvattnande slambilar, medan resten tömmer och fraktar bort hela innehållet i slamavskiljaren, så kallat heltömning (Avfall Sverige, 2015).

Beroende på vilken avvattningsutrustning som används kan den fasta fasen få en TS-halt på 15–30 % enligt tillverkarna (Rolba Svenska AB 2015, Aquateq Sweden AB 2015, Simon Moos Maskinfabrik A/S 2015). I en studie om slamtömningstekniker av Elmefors & Sylwan (2016) konstaterades att mobil avvattning ställer större krav än heltömning på att slamavskiljarna är rätt utformade och dimensionerade för den belastning som de utsätts för och att de har byggts på ett korrekt sätt. Tömningsförfarandet ställer också större krav på slamtömmarens erfarenhet och noggrannhet.

”I Arvika kommun används mobil avvattning, dels på grund av långa köravstånd mellan en betydande andel av de små avloppsanläggningarna och kommunens reningsverk, dels därför att reningsverkets kapacitet för mottagning av slam från små avloppsanläggningar är begränsad” (Johansson, pers. medd.).

## 3 GENOMFÖRANDE

Projektet har genomförts under perioden juni 2015–juli 2016 genom momenten framtagande av provtagningsplan, provtagning, analys och sammanställning av kvalitet, referensgruppsmöte samt rapportskrivning inklusive litteraturstudie.

### 3.1 Framtagande av provtagningsplan

I början av projektet beslutades att provtagning ska ske vid Vatten Östersund och Växjö Kommun. Urvalet av kommunerna baserades på att de fraktioner som provtas skulle vara av intresse för projektet, att provtagningen var praktiskt genomförbar för kommunerna samt att det skulle vara möjligt att ta ut tillräckligt representativa prov av de aktuella fraktionerna.

Provtagningsmetodiken togs fram av projektgruppen i samarbete med Vatten Östersund, Växjö kommun. Erik Sindhøj och Lena Rodhe vid JTI samt Jan Erik Mattsson, Institutionen för biosystem och teknologi, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) Alnarp stöttade med provtagningskompetens. Projektgruppen valde ut vilka ämnen som skulle analyseras efter avstämning med referensgruppen.

### 3.2 Provtagning

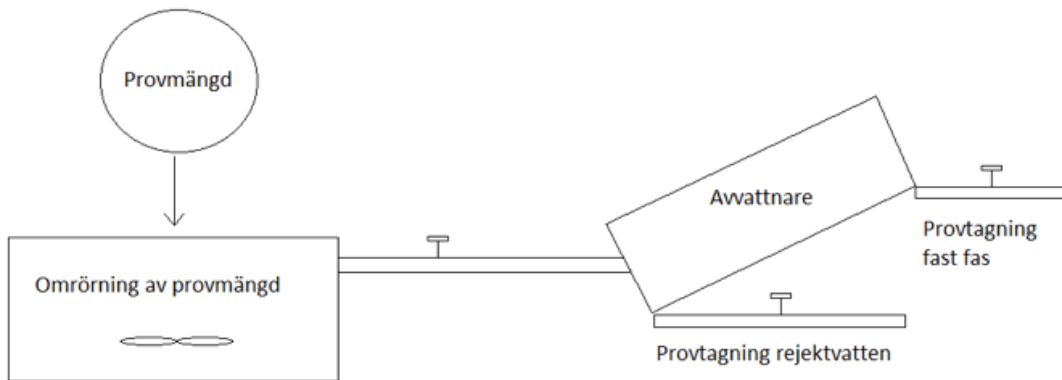
Vid Vatten Östersund togs prov vid tio tillfällen på följande fraktioner:

- Blandade fraktioner från små avloppsanläggningar (slam från slamavskiljare och klosettatten från slutna tankar från Östersunds kommun) innan avvattning
- Fast fas efter avvattning
- Rejektvatten (vattenfas) efter avvattning

Östersund hade inte möjlighet att separera slam från slamavskiljare i klosettatten från slutna tankar. Enligt Rickard Ulfsparré, Vatten Östersund, består dock de blandade fraktionerna från enskilda till största del av slam från slamavskiljare.

För att få ett så representativt prov som möjligt bör det vara en avgränsad och väl omblandad mängd slam som följs genom avvattningen och provet bör tas från ett flöde (Erik Sindhøj, pers. medd.).

Vid Vatten Östersund följdes avgränsade mängder som provtogs vid de provtagningspunkter som visas i figur 1. Den avgränsade mängden rördes om innan den gick vidare till avvattaren. Provtagning skedde genom att ett delflöde togs ut från röret som går till avvattaren. Rejektvattnet och fast fas provtogs också i ett flöde. Vid varje avvattningstillfälle togs två prov av varje fraktion, ett vid början av avvattningen (45 min–2 timmar efter avvattningens start) och ett 1,5–2 timmar senare än det första provet. Avvattningen av de avgränsade mängderna pågick mellan 3 timmar och 20,5 timmar. Motivet till att två prov togs per avgränsad mängd var huvudsakligen att kontrollera om analysvärdena var någorlunda konstanta för varje ämne. Att ta fler än två prov för varje avgränsad mängd var dock praktiskt svårt för Vatten Östersund. Totalt togs tio prover; två prover vardera i fem avgränsade mängder.



Figur 1. Principskiss över provtagningen vid Östersund.

Vid Växjö kommun togs sex prov på slam från trekammarbrunnar och sex prov på klosettvattnet från slutna tankar. Slammet och klosettvattnet kom från en insamling som skedde hösten 2015. Växjö kommun brukar inte hantera dessa fraktioner separat i vanliga fall, men gjorde en särskild insats under provtagningsperioden. Dock hade Växjö kommun ingen möjlighet att avvattna fraktionerna.

Proven i Växjö togs ut från en avgränsad och väl omblandad volym med hjälp av en hink vid ett uppsamlingskärl, se figur 2. Uppsamlingskärls volym var ca 800 liter. Anledningen till att proven inte togs ut från ett flöde var att det var svårt att genomföra på grund av uppbyggnaden hos Växjös anläggning. Varje prov samlades in genom tre delprov som togs med hink från uppsamlingskärl enligt följande fördelning:

- 40 % av flaskans innehåll fylldes upp vid första delprovet som togs i början av tömningen av slambilen.
- Ytterligare 40 % av flaskans innehåll fylldes upp vid andra delprovet som togs i mitten av tömningen av slambilen (totalt 80 % i flaskan).
- Ytterligare 20 % av flaskans innehåll fylldes upp vid tredje delprovet som togs vid slutet av tömningen av slambilen (totalt 100 % i flaskan).

Den procentuella fördelningen av delproven baseras på den metodik som togs fram för provtagning av klosettvattnet från slutna tankar i Svensson m.fl (2015). I studien från Svensson m.fl. (2015) togs provet direkt från slambilen, vilket därmed skiljer sig åt från den aktuella studien där slambilens innehåll först tömdes på reningsverket varpå provet rördes om och samlades upp i uppsamlingskärl. Metodiken från studien från Svensson m.fl. (2015) baseras på att slammet får en högre TS-halt vid slutet av tömningen. Genom att ta en mindre andel vid slutet av tömningen kompenserar man för den högre TS-halten vilket bedöms ge ett mer representativt prov. Vid tömningen i Växjö är det också troligt att effekten med högre TS-halt vid slutet av tömningen förekommer, även om den i detta fall rimligen bör bli mer utjämnad på grund av den omblandning som sker vid Växjös reningsverk.

Ett undantag från ovanstående var en 40 ml glasflaska som användes för analys av kvicksilver vid varje prov. På grund av flaskans begränsade storlek fylldes hela flaskan vid andra delprovet.



Figur 2. Provtagning i Växjö skedde med hjälp av en hink vid uppsamlingskärlet. (foto: Växjö kommun)

### 3.2.1 Analyserade ämnen

Bland projektets analyser ingick de ämnen som är lagkrav enligt SNFS 1994:2. Dessutom ingick övriga ca 60 spårämnen som ska analyseras enligt Revaqs regler för certifieringssystemet (Revaq, 2016). För en fullständig lista av analyserade ämnen, se bilaga 1. BOD<sub>7</sub> analyserades för fyra av de fem fraktionerna, ej för den fasta fasen.

### 3.2.2 Analys och sammanställning av kvalitet

Samtliga ämnen analyserades av Eurofins. Vid Vatten Östersund hämtades proverna av Eurofins transporttjänst. På grund av en informationsmiss levererades dock inte alla prov till laboratoriet inom önskad tid, det vill säga ett dygn. Prov 1 och 2 inkom till laboratoriet två dagar efter provtagningen vilket ledde till att analysresultaten blev osäkra för pH, ammoniumkväve och BOD<sub>7</sub>. Prov 3 och 4 inkom först fyra dagar efter provtagning, vilket ledde till att analysresultaten blev osäkra även för totalfosfor och totalkväve. Nämnade analysresultat uteslöts därför från den sammanställning som redovisas i avsnitt 4.

Det ska noteras att de olika fraktionerna delvis har analyserats på olika sätt: blandade fraktioner från små avloppsanläggningar, rejektvatten, slamavskiljarslam och klosettwater har analyserats som "avloppsvatten" medan fastfasen har analyserats som "slam" hos analyslabbet vilket har inneburit att olika analysmetoder har använts för samma ämnen. Att fraktionerna analyserade på olika sätt berodde på att det fanns vissa praktiska svårigheter med att analysera alla fraktioner på samma sätt. Skulle fraktioner med TS-halt runt 1 % klassas som "slam", skulle det kräva så stora volymer prov att det vore orimligt för provtagningskommunerna att samla in dem. Att fraktionerna analyserades på olika sätt försvårar dock jämförelsen mellan den fasta fasen och övriga fraktioner.

Blandade fraktioner från små avloppsanläggningar, rejektvatten, slamavskiljarslam och klosettwater har analyserats enligt metoderna i tabell 6.

Tabell 6. Analysmetoder för blandade fraktioner från små avloppsanläggningar, rejektvatten, slamavskiljarslam och klosettwater.

Ämne	Analysmetod
TS, glödförlust	SS 028113:1981
pH	SS-EN ISO 10523:2012
BOD <sub>7</sub>	SS-EN 1899 1-2:1998
NH <sub>4</sub> -N	SS-EN 11732:2005 /Kone
P	SS-EN ISO 15681-2:2005 /Skalar
N	SS-EN ISO 11905-1:1998 mod/Skalar
Revaq-metaller med undantag för dem som nämns nedan i tabellen	SS-EN ISO 15587:2009/SS-EN ISO 17294-2 utg 1 mod
Na, K, Ca, Fe, Mg, Mn, Al, Ba, B, Si, Cu, Li, Sr, S, Ti, Zn	SS-EN ISO 15587:2009/SS-EN ISO 11882 utg 2 mod
Hg	SS-EN ISO 17852:2008

Fast fas har analyserats enligt metoderna i tabell 7. Revaq-metallerna har analyserats genom litiummetaboratsmälta, genom upplösning i salpetersyra eller genom upplösning i kungsvatten. De flesta metallerna har analyserats enligt de metoder som rekommenderas i Eriksson (2009) med undantag från mangan, som analyserats genom litiummetaboratsmälta istället för upplösning i salpetersyra och kobolt och molybden som analyserats med upplösning i kungsvatten istället för upplösning i salpetersyra.

Tabell 7. Analysmetoder för den fasta fasen.

Ämne	Analysmetod
TS	SS-EN 12880:2000
Glödförlust	SS-EN 12879:2000
pH	SS-EN 15933:2012
Kalkverkan som CaO	Lantbruksstyrelsens Kungörelse 1950 nr 7 4:59-60
NH <sub>4</sub> -N	STANDARD METHODS 1998, 4500 mod
P (litiummetaboratsmälta)	ASTM D 4503-08 mod. / ICP-AES
P (salpetersyra)	SS 028150-2
N Kjeldahl	SS-EN 13342
Revaq-metaller (litiummetaboratsmälta): Al, Fe, Ca, K, Si, Mg, Mn, Na, Ti, Ba, Be, Cr, Sc, Sr, V, Y	ASTM D 4503-08 mod. / ICP-AES
Revaq-metaller (litiummetaboratsmälta): Ce, Dy, Er, Eu, Gd, Ga, Ge, Hf, Ho, La, Lu, Nd, Nb, Pr, Rb, Sm, Ta, Sn, Tb, Th, Tm, U, W, Yb, Zr	ASTM D 4503-08 mod. / ICP-MS
Revaq-metaller (Kungsvatten, Aqua Regia): Sb, Au, Ir, Co, Mo, Pd, Pt, Re, Rh, Ru, Se, Ag, Te, Sn	ISO 11466/EN13346 mod. / ICP-MS
Revaq-metaller (uppslutet salpetersyra): Cd, K, Cu, Cr, Li, Ag, Zn	SS 028150-2 / ICP-AES
Revaq-metaller (uppslutet salpetersyra): As, Pb, B, Cs, In, Ni, S, Ti, Sn, Bi	SS 028150-2 / ICP-MS
Revaq-metaller (uppslutet salpetersyra): Hg	SS 028150-2 / AFS

Vissa ämnen har analyserats med två olika metoder, som exempelvis krom som har analyserats både genom upplösning i salpetersyra och genom litiummetaboratsmälta. Krom kan dock vara svårertraherat i salpetersyra och litiummetaboratsmälta anses vara den bästa metoden för att analysera krom. Silver har analyserats med både upplösning i kungsvatten och genom upplösning i salpetersyra. I Eriksson (2009) är det dock enbart kungsvatten som tas upp som en bra metod och därför har värdena från upplösning med salpetersyra uteslutits från rapporten.

### 3.2.3 Referensgruppsmöte

Den 11 februari 2016 hölls ett referensgruppsmöte med syfte att diskutera analysresultaten, vilka slutsatser som kunde dras om fraktionernas kvalitet och hur kvaliteten påverkade möjligheten till behandling och avsättning av fraktionerna. Anneli Andersson Chan, Växjö kommun; Rickard Ulfsparré, Vatten Östersund; Pernilla Cederlöf, Ånge kommun; Magnus Flodman, Gästrike Återvinnare; Dan Johansson, Arvika Teknik AB, Anna Berggren, Nitoveskonsulterna inom Nitoves AB och Revaq-sekretariatet, Svenskt Vatten och Elin Elmefors, JTI. Jenny Westin, Avfall Sverige deltog per telefon under delar av mötet. Peter Wallenberg bidrog med kompletterande synpunkter efter mötet.



## 4 RESULTAT OCH DISKUSSION

Vid sammanställning av analysresultaten har projektgruppen valt att fokusera på pH, torrsubstans, glödförlust, kadmium-fosforkvoten samt halter av fosfor, kväve, kadmium, bly, nickel, koppar, zink, kvicksilver, krom, silver och antimon. Värden från ytterligare provtagna ämnen finns i bilaga 2. Samtliga av dessa ämnen är lagstadgade förutom silver och antimon. Att dessa tagits med i sammanställningen beror på att Revaq har sett en ökande trend av silver och antimon hos flera verk.

### 4.1 Halter hos analyserade ämnen

I tabellerna 8–21, avsnitt 4, redovisas halter i de olika fraktionerna från provtagningen, angivna i mg/kg TS. I bilaga 3 finns halterna redovisade i mg/l. Analysvärden från ”blandade fraktioner från små avloppsanläggningar”, rejektvatten, slamavskiljarslam och klosettwatern kom angivna i mg/l i analysrapporterna från laboratoriet och har räknats om till mg/kg TS med hjälp av analysvärdet på provets densitet (volymvikt).

Fraktionen ”blandade fraktioner från små avloppsanläggningar” avser de blandade fraktioner från små avloppsanläggningar som provtagits i Östersund. Rejektwatern och fast fas avser faserna som provtogs i Östersund efter avvattning. Dessa mätningar hör ihop med varandra på så sätt att varje rad tillhör samma provtagningstillfälle och har märkts ut med ”Ö” i tabellerna. Fraktionerna ”slamavskiljarslam” och ”klosettwatern” tillhör däremot egna provtagningsserier som utförts vid Växjö, och har märkts ut med ”V” i tabellerna.

#### 4.1.1 pH, torrsubstanshalt och glödförlust

Sammanställningen av pH visade att det inte finns någon nämnvärd skillnad mellan fraktionerna, se tabell 8. Vad gäller torrsubstans är mätvärdena hos slamavskiljare och klosettwatern enligt förväntan, se tabell 9. Fastfasen har en hög och bra torrsubstanshalt på ca 30 % som t.ex. kan jämföras med 23–24 % som är vanligt för rötslam från kommunala avloppsreningsverk.

Glödförlusten ger ett mått på hur bra rötningspotential slammet har. En glödförlust på 85 % TS tyder på att 85 % av slammet är organiskt material och att resten är ”dött” material, se tabell 10. Enligt Östlund (2003) ligger glödförlusten för kommunala avloppsreningsverk på i genomsnitt 65 % av TS och som exempel kan också nämnas att Växjö brukar ha en glödförlust på 69–83 % av TS enligt Andersson Chan (pers. medd. (a)). Att slamavskiljarslammet har en relativt hög glödförlust skulle därmed kunna tyda på att slammet har en bra rötningspotential. Det är dock troligt att en stor andel av det organiska materialet består av fibrer som inte alltid kan utnyttjas i rötningsprocessen (Andersson Chan, pers. medd. (b.)). Den termiska hydrolysen som ingår i Växjös anläggning leder dock till att fibrer slås sönder enligt Andersson Chan (pers. medd.). Värdet på slammet för rötning kan även påverkas om halten fettsyror är hög i substratet (Avfall Sverige & Svenskt Gastekniskt Center, 2009).

Tabell 8. Sammanställning av pH från studien. P.g.a. brister i leveransen har fyra av tio prov på blandade fraktioner från små avloppsanläggningar, rejektivatten och fastfas uteslutits ur studien. Dessa inkom till labbet efter längre tid än inom ett dygn varpå analysresultaten bedömdes som osäkra (analysresultaten i fråga avvek dock inte nämnvärt från övrigt resultat). Varje rad representerar en provtagning och medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

pH					
Blandade fraktioner från små avloppsanläggningar (Ö)	Rejektivatten (Ö)	Fastfas (Ö)	Slamavskiljarslam (V)	Klosettatten, sluten tank (V)	
6,7	6,9	6,5	6,7	7,5	
6,8	7,0	6,5	7,1	8,0	
7,0	7,2	6,6	7,0	7,9	
7,0	7,2	7,0	6,5	7,7	
6,9	7,1	6,8	6,8	7,7	
7,0	7,1	6,6	6,9	6,9	
<b>6,9</b>	<b>7,1</b>	<b>6,7</b>	<b>6,8</b>	<b>7,6</b>	

Tabell 9. Sammanställning av torrsubstans från studien angivet i viktprocent (torrsubstansens vikt i relation till provets ursprungliga vikt). Varje rad representerar en provtagning och medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

TS (%)					
Blandade fraktioner från små avloppsanläggningar (Ö)	Rejektivatten (Ö)	Fastfas (Ö)	Slamavskiljarslam (V)	Klosettatten, sluten tank (V)	
0,87	0,13	28	0,97	0,25	
0,4	0,14	26	0,77	0,23	
0,98	0,14	32	0,61	0,23	
0,57	0,14	34	0,43	0,28	
1,3	0,12	30	0,72	0,3	
0,99	0,11	30	0,33	0,32	
0,44	0,13	26			
0,42	0,11	18			
0,64	0,09	37			
0,67	0,088	34			
<b>0,73</b>	<b>0,12</b>	<b>30</b>	<b>0,64</b>	<b>0,27</b>	

Tabell 10. Sammanställning av glödförlust från studien angivet i % TS. Värdet markerat med "X" har uteslutits eftersom glödförlusten var större än TS-halten (troligen på grund av fel på analysen). Varje rad representerar en provtagning och medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Glödförlust (% TS)					
Blandade fraktioner från små avloppsanläggningar (Ö)	Rejektvatten (Ö)	Fastfas (Ö)	Slamavskiljarslam (V)	Klosettwater, slutna tank (V)	
83	36	86	87	56	
48	31	86	86	61	
72	34	86	82	61	
X	32	86	84	61	
52	40	86	85	57	
82	41	87	85	69	
77	48	88			
74	46	86			
81	52	87			
85	53	87			
<b>73</b>	<b>41</b>	<b>86</b>	<b>85</b>	<b>61</b>	

#### 4.1.2 Fosfor och kväve

Enligt mätningarna är fosforhalten betydligt större i klosettwater från slutna tankar än slam från slamavskiljare, se tabell 11. Efter avvattning verkar det som att en stor andel fosfor finns i rejektfasen medan endast en liten andel återfinns i fastfasen. Det är i viss mån förvånande att fosforhalten är så stor i rejektwaternet som den är eftersom man hade kunnat förvänta sig att polymeren skulle binda mer fosfor, enligt referensgruppen för projektet. Även för kväve är halten i rejektwaternet högre än vad referensgruppen förväntat, se tabell 12. Ur återvinningssynpunkt är det dock positivt om en så stor andel näringsämnen som möjligt hamnar i rejektwaternet, och att en stor andel metaller "binds" till den fasta fasen, eftersom det underlättar möjligheterna att kunna ta tillvara näringen i rejektwaternet för Revaq-certifierade verk (Berggren, pers. medd. (a)). Detta förutsätter att den fasta fasen omhändertas på annat sätt än av de certifierade verken.

I sammanhanget är det relevant att reflektera om avvattningsmetoden kan påverka hur stora näringshalterna blir i rejektwaternet för respektive fast fas. Det skulle t.ex. kunna vara tänkbart att avvattningsmetoder som ger en lägre TS-halt hos fastfasen också leder till att en mindre andel näring övergår till rejektwaternet. Dock finns inga tydliga samband mellan TS-halter och kadmium-fosforkvot i rejektwaternet för de avgränsade mängder slam som avvattats inom detta projekt.

Resultat från slamlagunen i Ånge tyder på ungefär samma resultat vad gäller fosforhalterna hos det frystorkade slammet (inga mätningar har dock utförts på lakwaternet) (Cederlöf, pers.medd. (b)).

Tabell 11. Fosforhalter från studien i mg/kg TS. Två av tio prov på blandade fraktioner från små avloppsanläggningar, rejektivatten och fastfas uteslutits ur studien eftersom dessa inkom till labbet efter längre tid än inom ett dygn varpå analysresultaten bedömdes som osäkra. Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Blandade fraktioner från små avloppsanläggningar (Ö)	P (mg/kg TS)				Slamavskiljar-slam (V)	Klosett-vatten, slutna tank (V)
	Rejektivatten (Ö)	Fastfas (Ö)		HNO <sub>3</sub>		
		smälta				
7 600	15 000	8 200	8 000	8 400	25 000	
15 000	13 000	8 300	7 900	5 600	28 000	
6 400	23 000	5 700	5 700	8 500	17 000	
6 800	25 000	5 600	5 500	7 700	33 000	
12 000	22 000	5 400	4 900	6 300	30 000	
12 000	25 000	10 000	11 000	12 000	22 000	
8 600	21 000	6 600	7 200			
8 400	25 000	6 200	6 600			
<b>9 500</b>	<b>21 000</b>	<b>7 000</b>	<b>7 100</b>	<b>8 000</b>	<b>26 000</b>	

Tabell 12. Kvävehalter från studien i mg/kg TS. Två av tio prov på blandade fraktioner från små avloppsanläggningar, rejektivatten och fastfas uteslutits ur studien eftersom dessa inkom till labbet efter längre tid än inom ett dygn varpå analysresultaten bedömdes som osäkra. Kväve för fastfas har analyserats med Kjeldahl-metoden. Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Blandade fraktioner från små avloppsanläggningar (Ö)	N (mg/kg TS)				Klosett-vatten, slutna tank (V)
	Rejektivatten (Ö)	Fastfas (Ö)	Slamavskiljar-slam (V)		
26 000	150 000	34 000		15 000	180 000
160 000	130 000	32 000		17 000	350 000
19 000	120 000	27 000		31 000	150 000
23 000	120 000	28 000		33 000	270 000
45 000	120 000	29 000		18 000	370 000
62 000	120 000	47 000		61 000	120 000
34 000	93 000	27 000			
31 000	110 000	24 000			
<b>50 000</b>	<b>120 000</b>	<b>31 000</b>		<b>29 000</b>	<b>240 000</b>

#### 4.1.3 Utvalda metaller

Bly är ett exempel på ämne som till stor del binds i partikelform och som man därför borde kunna förvänta sig att hitta en relativt stor andel av i fastfasen (Berggren, pers. medd. (b)). Detta stämmer också överens med analysresultaten som visar halten bly i mg/kg TS är lägre hos rejektivattnet än hos fastfasen, se tabell 14. Kadmium, koppar och zink verkar följa ungefär samma mönster som bly, se tabell 13, 16 och 17. Fastfasen har för dessa ämnen ungefär samma halt per kg TS som innan avvattning medan medelhalten i rejektivattnet är ungefär 15–20 % av medelhalten i de blandade fraktionerna innan avvattning.

Nickel är också ett exempel på ett ämne som till stor del hamnar i vattenfasen. Halterna krom och nickel är också lägre hos rejektivattnet än hos fastfasen, även om skillnaden är mindre än för kadmium, bly, koppar och zink, se tabell 15 och 19. Medelhalten av krom i rejektivattnet är ungefär 35 % av medelhalten i de blandade fraktionerna och medelhalten av nickel i rejektivattnet är ungefär 65 % av medelhalten i de blandade fraktionerna.

Halterna kvicksilver, silver och antimon i mg/kg TS är också lägre i rejektivattnet än i ursprungligt slam och fastfas, men det är svårt att veta hur stor skillnaden är eftersom många av analysvärdena kom i form av ”mindre än”-värden, se tabell 18, 20 och 21.

*Tabell 13. Kadmiumhalter från studien i mg/kg TS. Kadmium för fastfas har analyserats med HNO<sub>3</sub>-extraktion. Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).\*Vid beräkning av medelvärdet för rejektivatten har ”mindre än”-värdena uppskattats som högsta möjliga värde för att inte underskatta medelvärdet.*

Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar (Ö)	Cd (mg/kg TS)			
	Rejektivatten (Ö)	Fastfas (Ö)	Slamavskiljarlam (V)	Klosettatten, sluten tank (V)
0,79	<0,077	0,77	0,54	0,48
0,68	<0,071	0,81	0,58	0,23
0,42	<0,071	0,51	0,62	0,39
0,89	<0,071	0,61	0,40	0,31
0,58	0,10	0,80	0,79	0,24
0,65	0,10	0,77	0,61	0,27
1,10	0,25	0,76		
1,20	0,25	1,3		
1,60	0,27	1,6		
1,80	0,34	1,4		
<b>0,96</b>	<b>0,16*</b>	<b>0,93</b>	<b>0,59</b>	<b>0,32</b>

I tabell 14 redovisas halter av bly. Bly är ett exempel på ämne som till stor del binds i partikelform och som man därför borde kunna förvänta sig att hitta en relativt stor andel av i fastfasen.

*Tabell 14. Blyhalter från studien i mg/kg TS. Bly för fastfas har analyserats med HNO<sub>3</sub>-extraktion. Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).*

Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar (Ö)	Pb (mg/kg TS)			
	Rejektivatten (Ö)	Fastfas (Ö)	Slamavskiljarlam (V)	Klosettatten, sluten tank (V)
13	0,5	11	7,9	7,2
7,8	0,7	12	13	5,7
10	0,8	11	10	7,4
16	0,7	12	11	5,0
13	2,0	15	14	1,3
13	1,5	12	36	5,6
15	4,1	9,8		
15	2,8	16		
16	2,7	13		
16	3,8	13		
<b>13</b>	<b>2,0</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>5,4</b>

I tabell 15 redovisas halter av nickel. Nickel är ett exempel på ämne som kan förväntas stanna kvar i rejektvattnet.

Tabell 15. Nickelhalter från studien i mg/kg TS. Nickel för fastfas har analyserats med HNO<sub>3</sub>-extraktion. Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Ni (mg/kg TS)					
Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar (Ö)	Rejektvatten (Ö)	Fastfas (Ö)	Slamavskiljarslam (V)	Klosettva- tten, sluten tank (V)	
9,1	5,2	9,3	6,8	5,2	
7,3	4,0	9,1	7,7	7,0	
8,2	4,8	9,3	8,4	8,7	
12,1	4,0	9,0	6,7	5,0	
7,5	6,8	9,4	10	4,0	
7,8	6,5	10	11	2,9	
10,5	6,8	8,7			
10,2	5,8	11			
8,9	7,0	10			
9,1	9,9	8,8			
<b>9,1</b>	<b>6,1</b>	<b>9,5</b>	<b>8,4</b>	<b>5,5</b>	

Tabell 16. Kopparhalter från studien i mg/kg TS. Koppar för fastfas har analyserats med HNO<sub>3</sub>-extraktion. Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Cu (mg/kg TS)					
Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar (Ö)	Rejektvatten (Ö)	Fastfas (Ö)	Slamavskiljarslam (V)	Klosettva- tten, sluten tank (V)	
250	7,1	280	510	140	
230	16	290	780	170	
320	26	370	380	210	
540	18	380	630	200	
520	62	520	1 200	60	
480	39	520	420	75	
570	190	510			
600	150	790			
590	92	510			
510	78	490			
<b>460</b>	<b>67</b>	<b>470</b>	<b>640</b>	<b>140</b>	

Tabell 17. Zinkhalter från studien i mg/kg TS. Zink för fastfas har analyserats med HNO<sub>3</sub>-extraktion. Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Zn (mg/kg TS)				
Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar (Ö)	Rejektvatten (Ö)	Fastfas (Ö)	Slamavskiljarslam (V)	Klosettwater, sluten tank (V)
810	21	700	830	350
730	59	690	650	390
500	48	570	800	520
830	36	580	600	430
620	140	610	930	430
610	120	580	1 400	300
930	330	630		
950	260	1 100		
970	160	830		
850	140	840		
<b>780</b>	<b>130</b>	<b>710</b>	<b>860</b>	<b>400</b>

Tabell 18. Kvicksilverhalter från studien i mg/kg TS. Kvicksilver för fastfas har analyserats med HNO<sub>3</sub>-extraktion. Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).\*Vid beräkning av medelvärdet för Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar har "mindre än"-värdet uppskattats som högsta möjliga värde för att inte underskatta medelvärdet.

Hg (mg/kg TS)				
Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar (Ö)	Rejektvatten (Ö)	Fastfas (Ö)	Slamavskiljarslam (V)	Klosettwater, sluten tank (V)
0,13	<0,077	0,15	0,046	0,28
0,21	<0,072	0,28	0,221	< 0,044
0,34	<0,072	0,24	0,087	< 0,044
0,88	<0,072	0,24	0,093	< 0,036
0,09	<0,084	0,17	0,058	< 0,034
0,13	<0,091	0,18	0,070	0,088
0,19	<0,077	0,17		
0,18	<0,091	0,21		
0,19	<0,12	0,17		
<0,015	<0,12	0,18		
<b>0,24*</b>	<b>&lt;0,12</b>	<b>0,20</b>	<b>0,096</b>	<b>&lt; 0,089</b>

Tabell 19. Kromhalter från studien i mg/kg TS. Krom har analyserats med två olika metoder av laboratoriet, och resultaten från båda metoderna ("LiBO<sub>2</sub>-smälta" och "HNO<sub>3</sub>-extraktion") redovisas. LiBO<sub>2</sub>-smälta anses vara den bästa metoden enligt Eriksson (2009). Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Cr (mg/kg TS)					
Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar (Ö)	Rejektvatten (Ö)	Fastfas (Ö)		Slamavskiljarslam (V)	Klosettatten, slutan tank (V)
		smälta	HNO <sub>3</sub>		
9,0	1,0	14	9,0	11	3,3
5,5	1,1	15	9,6	7,4	1,5
8,7	1,9	16	8,2	4,8	3,4
15	1,3	15	8,0	4,0	2,8
7,2	3,1	15	8,7	9,9	0,77
6,0	3,4	13	9,1	12	1,5
9,1	3,2	13	8,1		
7,4	2,5	13	9,3		
7,8	4,1	15	9,6		
8,5	9,5	14	8,8		
<b>8,4</b>	<b>3,1</b>	<b>14</b>	<b>8,8</b>	<b>8,2</b>	<b>2,2</b>

Tabell 20. Silverhalter från studien i mg/kg TS. Silver för fastfas har analyserats med kungsvatten och HNO<sub>3</sub>-extraktion. Enbart värden från analys med kungsvatten redovisas eftersom denna metod anses mest lämplig för analys av silver enligt Eriksson (2009). Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Ag (mg/kg TS)					
Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar (Ö)	Rejektvatten (Ö)	Fastfas (Ö)	Slamavskiljarslam (V)	Klosettatten, slutan tank (V)	
				0,98	< 0,39
0,60	< 0,36	1,5	1,82	<0,22	
0,68	< 0,36	1,2	0,41	<0,22	
1,6	< 0,36	1,3	0,26	0,50	
1,1	< 0,42	1,6	1,17	<0,17	
0,95	< 0,46	1,5	0,30	<0,16	
1,5	0,48	1,6			
1,2	< 0,46	1,7			
0,80	< 0,56	2,1			
1,2	< 0,57	1,4			
<b>1,1</b>	<b>&lt; 0,57</b>	<b>1,5</b>	<b>0,81</b>	<b>&lt; 0,51</b>	



Tabell 21. Antimonhalter från studien i mg/kg TS. Antimon för fastfas har analyserats med kungsvatten. Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Blandade fraktioner från små avlopps- anläggningar (Ö)	Sb (mg/kg TS)			
	Rejektvatten (Ö)	Fastfas (Ö)	Slamavskiljarslam (V)	Klosettva- tten, sluten tank (V)
1,3	< 0,77	< 3,9	0,58	0,48
0,80	< 0,72	< 3,9	0,60	< 0,43
0,64	< 0,72	< 3,9	0,74	0,65
1,2	< 0,72	< 3,9	0,72	< 0,36
1,2	< 0,84	< 3,9	1,39	< 0,33
1,0	< 0,91	< 3,9	1,24	< 0,31
1,9	< 0,77	< 3,9		
1,9	< 0,91	< 2,0		
1,2	< 1,2	< 3,9		
1,3	< 1,2	< 3,9		
<b>1,2</b>	<b>&lt; 1,2</b>	<b>&lt; 3,9</b>	<b>0,88</b>	<b>&lt; 0,66</b>

#### 4.1.4 Kadmium-fosforkvot

Mätningarna tyder på att kadmium-fosforkvoten för rejecktva- tten från avvattning av de blandade fraktionerna respektive klosettva- tten från slutna tankar är så låg att den inte skulle utgöra ett problem för Revaq-certifierade reningsverk, vare sig med de kadmium-fosforkvoter som motsvarar Revaqs krav<sup>2</sup> idag (29 mg Cd/kg P) eller för kadmium-fosforkvoterna motsvarande kraven år 2025 (19 mg Cd/kg P), se tabell 22.

Kadmium-fosforkvoten hos slamavskiljarslam och fast fas är så pass hög att dessa fraktioner/faser kan påverka kvaliteten på slam från Revaq-certifierade verk om verket tar emot tillräckligt stor andel.

<sup>2</sup> Obsevera att Revaq inte ställer krav på kadmium-fosforkvot utan på maximal spridning av kadmium i gram per hektar och år samt på maximal ackumuleringstakt i %. Dessutom finns krav på maximal fosforgiva som får spridas. Nämn- da kadmium-fosforkvoter motsvarar den kvalitet som slammet bör hålla om man vill kunna sprida maximal fosforgiva på 22 kg/hektar.

Tabell 22. Kadmium-fosforkvoter från studien i mg Cd/kg P. På grund av brister i leveransen har två av tio prov på ursprungligt slam, rejektivatten och fastfas utslutits ur studien. Dessa inkom till labbet efter längre tid än inom ett dygn varpå analysresultaten bedömdes som osäkra. Fosfor har analyserats med två olika metoder av laboratoriet, och resultaten från båda metoderna ("LiBO<sub>2</sub>-smälta" och "HNO<sub>3</sub>") redovisas. Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Cd/P-kvot (mg Cd/kg P)						
Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar (Ö)	Rejektivatten (Ö)	Fastfas (Ö)		Slamavskiljar-slam (V)	Klosett-vatten, sluten tank (V)	
		smälta	HNO <sub>3</sub>			
100	<5,3	94	96	64	19	
47	<5,6	98	100	110	8,3	
92	4,3	140	140	73	22	
96	4,1	140	140	52	9,2	
87	11,0	140	160	130	8,0	
96	10,4	130	120	53	12	
180	12,6	240	220			
210	13,6	230	210			
<b>120</b>	<b>8,4*</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>79</b>	<b>13</b>	

\*Vid beräkning av medelvärdet för rejektivatten har "mindre än"-värdena uppskattats som högsta möjliga värde för att inte underskatta medelvärdet.

På samma sätt som kadmium-fosforkvoten beräknas kan även andra metall-fosforkvoter beräknas, se tabell 23.

Tabell 23. Minsta och högsta värde på metall-fosforkvoter från studien i mg/kg P. Kvoterna för fastfas har beräknats från fosforvärden från HNO<sub>3</sub>-extraktion.

Halter i förhållande till fosfor, mg/kg P	Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar (Ö)					
	Rejektivatten (Ö)	Fastfas (Ö)	Slamavskiljar-slam (V)	Klosett-vatten, sluten tank (V)		
Cd	Min	47	4,1	96	52	8,0
	Max	210	14	220	130	22
Pb	Min	530	36	1 400	950	42
	Max	2 000	180	2 600	3 200	430
Ni	Min	500	240	1 000	820	130
	Max	1 200	400	1 800	1 600	500
Cu	Min	16 000	480	35 000	37 000	2 000
	Max	82 000	8 300	100 000	180 000	12 000
Zn	Min	50 000	1 400	87 000	79 000	13 000
	Max	110 000	15 000	130 000	150 000	30 000
Hg	Min	1,8	3,4	19	5,6	1,1
	Max	22	5,6	35	40	11
Cr	Min	380	68	1 200	520	25
	Max	1 200	380	2 700	1 600	200
Ag	Min	41	18	150	26	5,5
	Max	170	28	330	330	15
Sb	Min	55	34	180	69	11
	Max	180	56	800	220	38

## 4.2 Massfördelning hos näringsämnen och metaller

Som komplement till halterna i mg/kg TS, och halterna i mg/l i bilaga 3, har även massfördelningen av näringsämnen och metaller uppskattats. Massfördelningen talar i det här fallet om hur stor andel av massan av ett ämne som övergått i rejektfasen respektive i den fasta fasen. Till skillnad från nämnda halter tar massfördelningen även hänsyn till hur massan torrsubstans, och volymerna, fördelar sig mellan rejektvattnet och den fasta fasen efter avvattning.

Massfördelningen har beräknats utifrån volymmätning av de blandade fraktionerna innan avvattning. Mätning av volym eller massa hos rejektvatten och fast fas kunde dock inte utföras. Volymen hos rejektvattnet och fast fas har därför istället uppskattats med hjälp av TS-halter och volymvikt hos respektive fraktion, se bilaga 4. Volymerna för varje fraktion redovisas i tabell 24. De beräknade volymerna hos rejektvatten och fastfas baseras på antagandet att alla fraktionerna har en TS-halt som är lika med medelvärdet av de två mätningar som tagits för varje avvattnad volym som följts. Detsamma gäller även uppmätt volymvikt hos den fasta fasen. För rejektvatten och blandade fraktioner har en volymvikt på 1 000 kg/m<sup>3</sup> antagits gälla.

Tabell 24. Uppmätt volym hos blandade fraktioner innan avvattning och uppskattade volymer av rejektvatten och fast fas. Uppskattningen har gjorts med hjälp av uppmätta TS-halter hos samtliga fraktioner, uppmätta volymvikter hos den fasta fasen samt antaganden att rejektvatten och blandade fraktioner har en volymvikt på 1 000 kg/m<sup>3</sup>.

Blandade fraktioner	Volym, m <sup>3</sup>	
	Rejektvatten	Fastfas
21	21	0,62
151	148	6,1
122	118	7,1
21	21	0,38
75	74	2,4

Med hjälp av medelhalten i mg/l för de två mätningar som har gjort för varje avvattnad volym samt volymen i tabell 24 har massan av ämnet i varje fraktion beräknats. Massfördelningen har beräknats som massan för rejektvatten respektive fast fas dividerat med summan av massan hos rejektvatten och fast fas, se tabell 25. Massfördelningen har uppskattats för fosfor, kväve, kadmium, bly, koppar, zink, nickel, krom, kvicksilver och silver. Massfördelningen har dock inte uppskattats för antimon eftersom såväl halter av fast fas som halter av rejektvatten kom angivna som ”mindre än”-värden från analyslaboratoriet.

Tabell 25. Massfördelning av olika ämnen i rejektvatten och fast fas efter avvattning.

Ämne	Massfördelning rejektvatten (%)	Massfördelning fast fas (%)
Fosfor	31-53	47-69
Kväve	31-54	46-69
Kadmium	(1)*-9	91-(98)*
Bly	1-10	90-99
Koppar	1-9	91-99
Zink	5-15	85-95
Krom	2-8	92-98
Nickel	7-20	80-93
Kvicksilver	<15	>85
Silver	(3)*-10	90-(97)*

\* Mindre värden för massfördelning av ämnen kan förekomma hos rejektvattnet eftersom mindre-än värden förekommer hos en del av mätningarna. Därmed är det även möjligt att högre värden kan förekomma för fastfasen.

Uppskattningen av massfördelning visar att upp till 10 % av massan kadmium, bly, koppar, krom och silver fördelar sig i rejektvattnet medan en större andel av massan näringsämnen, 30–50 % går över till rejektvattnet.

Tendensen är densamma för zink och kvicksilver även om en något högre andel av massan (upp till 15 %) verkar kunna hamna i rejektvattnet i detta fall. Hos nickel ligger ett värde på 20 % vilket skulle kunna bero på att nickel är ett exempel på metall som till större del övergår i rejektvattnet än övriga metaller.

### **4.3 Avsättning för klosettwater**

Innehållet i slutna tankar har i regel god kvalitet och bör så långt som möjligt återföras till jordbruksmarken (Elmefors & Ljung, 2014). Den goda kvaliteten bekräftas även i Svensson m.fl. (2015) och i den aktuella studien. Vid jämförelse av metall-fosforkvoter för klosettwater, tabell 23, med det förhållande mellan metaller och fosfor som motsvarar Revaq:s krav under förutsättning att full fosforgiva sprids, se tabell 3, framgår att kvoterna i klosettwater är låga. Klosettwater har en låg kadmium-fosforkvot som ligger under dagens krav enligt SPCR 178 i alla mätningar och under kraven för 2025 i fyra av sex mätningar, se tabell 1 och 22. Kadmium-fosforkvoten hos fraktionen är lägre än hos slammet i slutprodukten från många av dagens Revaq-certifierade verk, se avsnitt 2.1.2.

Om slutna tankar omhändertas separat kan fraktionen med fördel omhändertas enligt SPCR 178. Att låta fraktionen omhändertas av ett Revaq-certifierade reningsverk är också ett bra alternativ.

### **4.4 Avsättning för slamavskiljarslam**

Slamavskiljarslammet har i regel dålig kvalitet, det vill säga lågt näringsinnehåll i förhållande till metallinnehållet (Elmefors & Ljung, 2014). Även resultaten i den aktuella studien styrker detta. Flera metall-fosforkvoter, inklusive samtliga värden på kadmium-fosforkvoten, i tabell 23 ligger högre än de kvoter som motsvarar Revaq:s krav vid full fosforgiva enligt tabell 3. Detta gäller såväl för slamavskiljarslammet som för de blandade fraktionerna (som till största del utgörs av slamavskiljarslam). Fraktionen kan i vissa fall omhändertas av kommunala avloppsreningsverk men i andra fall kan det vara svårt för reningsverket att ta emot fraktionen. Ett exempel på detta kan vara om reningsverket är Revaq-certifierat och om kvaliteten på reningsverkets slam påverkas negativt av att fraktionen tas emot. Ett annat exempel är om reningsverket inte har kapacitet att ta emot fraktionen.

Slam från slamavskiljare har ofta en TS-halt på ca 1 % eller lägre. Att avvattna fraktionen kan ses som en förutsättning för att kunna avsätta slammet, oavsett typ av avsättning. Avsättningsfrågan handlar därmed om att hitta lämplig avsättning dels för rejektvattnet, dels för den fasta fasen.

Studien från Elmefors & Ljung (2014) indikerade att rejektwater skulle ha tillräckligt god kvalitet för att kunna behandlas hos Revaq-certifierade reningsverk. Resultat från den aktuella studien pekar också i denna riktning. Studeras tabell 23 verkar rejektwater ofta ha metall-fosforkvoter som är lika låga som hos klosettwater. Önskvärd avsättning för rejektwater verkar därför vara att behandla det på Revaq-certifierat reningsverk eller på annat sätt avsätta det så att näringen i den kan tas till vara. Undersökningen av fraktionernas sammansättning efter avvattning har inom detta projekt dock begränsat sig till provtagning med en avvattningsutrustning, och på fem ursprungliga slamvolymerna. I praktiken kommer slamavskiljarslammet ursprung och sammansättning att variera. Det kan inte uteslutas att olika ämnen i det ursprungliga slammet påverkar varandra och påverkar i vilken grad ”bindning” sker till den fasta fasen. Vid övervägande om att införa en separat avvattningslinje där rejektwater behandlas i reningsverk behöver kvaliteten hos det slam som samlas in lokalt därför undersökas ytterligare. Om möjligt bör det vara lämpligt att göra en ”provavvattning” och även analysera fast fas och rejekt.

Att den fasta fasen har dålig kvalitet bekräftas av den aktuella studien. Projektgruppen har därför valt att fokusera litteraturstudien på att beskriva avsättningsmöjligheter för den fasta fasen.

Bland de olika typer av avsättning som diskuterats finns huvudsakligen:

- Gödsling av jordbruksmark
- Skogsgödsling
- Deponitäckning
- Anläggningsjord
- Förbränning

I en enkät från Elmefors & Ljung (2014) angav majoriteten, 17 av 30 svarande kommuner, att slamavskiljarslam går till ett Revaq-certifierat reningsverk. Om reningsverkets slam uppfyller Revaqs krav sprids slammet på åkermark. Om slammet inte uppfyller kraven går det till anläggningsjord/deponitäckning.

#### **4.4.1 Gödsling av jordbruksmark**

När det gäller kadmium-fosforkvot uppfyller ingen av de sex volymer av slamavskiljarslam som provtagits inom detta projekt de föreslagna kraven för spridning på jordbruksmark enligt Naturvårdsverkets fosforutredning (40 mg Cd/kg P). Halten varierar från 52-130 mg Cd/kg P. Metall-fosforkvoterna hos det avvattnade slammet är i regel lika hög eller högre än hos slamavskiljarslammet och de blandade fraktionerna, se tabell 23. Om slamavskiljarslam samlas in tillsammans med klosettvattnen och från ett område som har många slutna tankar skulle kvaliteten potentiellt kunna förbättras.

Det finns inget krav på certifiering av slammet, men det är en fördel för att öka acceptansen för slamspridning. Slam från slamavskiljare anses dock inte platsa inom SPCR 187 med tanke på fraktionens låga näringsinnehåll i förhållande till metallinnehållet (SP, 2012). Slam från slamavskiljare kan tas omhand på Revaq-certifierade verk så länge inte kvaliteten hos utgående slam påverkas av att fraktionen tas emot. Påverkas kvaliteten bör andra alternativ för omhändertagande undersökas.

#### **4.4.2 Skogsgödsling**

I Skogsstyrelsens allmänna råd till ledning för hänsyn enligt 30 § skogsvårdslagen (1979:429) vid användning av kvävegödselmedel på skogsmark (SKSFS 2007:3) finns begränsningar på kvävegödsling för fyra olika områden i Sverige angivna. För det sydligaste området får kvävegödsling inte ske. För det nordligaste området är gränsen 450 kg kväve per hektar under en skogsgeneration. Kväveinnehållet i kommunalt avloppsslam är 4–4,5 % av TS (Sahlén m.fl., 2011). Mätningarna av kväve i detta försök före och efter avvattning tyder på att de blandade fraktionerna från små avloppsanläggningar i genomsnitt har en något högre halt, ca 5 % av TS medan slamavskiljarslammet och avvattnade blandade fraktioner verkar ha lägre kvävehalt, ca 3 % av TS.

I dagsläget saknas gränsvärden för tungmetaller vid skogsgödsling, och det är oklart vilka eventuella skadeeffekter som kan uppstå av dessa ämnen (Näslund, 2015). En risk med att sprida organiska gödselmedel är att de i regel har låg kvävehalt. Stora volymer måste då spridas vilket eventuellt kan medföra risk för höga tungmetallhalter (Näslund, 2015). I ett samarbete mellan SLU och Sveaskog undersöks för närvarande gödsling med rötrest av t.ex. avloppsslam och matavfall (Näslund, 2015). De undersökta fraktionerna inom SLU:s och Sveaskogs försök får dock inte ha tungmetallhalter som överstiger gränsvärdena för tillåten användning på jordbruksmark.

Sahlén m.fl. (2011) har utfört försök med kväveberikning av torkat granulerat avloppsslam. Kväveberikade granuler kan t.ex. tas fram genom att rötat avloppsslam berikas med en kväverik biprodukt från fiskeindustrin varpå slammet torkas under minst fem timmar vid upp till 100 °C till en TS-halt på över 90 % (Sahlén m.fl., 2011). En fördel med denna metod skulle vara att produkten får bättre kvalitet sett till metall-kväveknot. Enligt Sahlén m.fl. vore det motiverat att fortsätta utveckla tekniken. En annan tänkbar väg till skogsgödsling är genom askåterföring efter förbränning, se avsnitt 4.4.5.

#### **4.4.3 Deponitäckning**

Slam kan användas som en beståndsdel i tätskikt och som växtetableringsskikt vid deponitäckning, täckning av sandmagasin inom gruvindustrin samt som konstruktionsmaterial vid sluttäckning av deponi (slammet som används ska vara stabiliserat) (Henriksson m.fl., 2012). Deponitäckning är en vanlig avsättningsform idag, men många av Sveriges deponier kommer att vara sluttäckta om ett fåtal år (Elmefors & Ljung, 2014).

#### **4.4.4 Anläggningsjord**

Slam kan blandas in i anläggningsjord som används till anläggning av exempelvis golfbanor och i olika typer av markbyggnadsprojekt (Naturvårdsverket, 2015). Slammet ska antingen vara stabiliserat och avvattat eller torkat (Tideström m.fl., 2004). I en studie inom Västra Götalands län av Tideström m.fl. (2004) konstaterades att de aktuella kommunerna inte ansåg sig ha tillräckligt med grönytor eller markbyggnadsprojekt för att anläggningsjord skulle vara en intressant avsättning för slam från kommunala reningsverk (Tideström m.fl., 2004). Dessutom ansåg kommunerna att de hade gott om matjord vilket gör anläggningsjord med slam mindre intressant (Tideström m.fl., 2004). Av de jordtillverkare som fanns inom området var ingen villig att ta emot avloppsslam. Däremot fanns flera jordtillverkare utanför regionen som hade intresse av att ta emot avloppsslam, till exempel Ragn-Sells Agro (Tideström m.fl., 2004). Enligt Ragn-Sells har kommunalt avloppsslam bra egenskaper för att ingå i jordtillverkning och kan användas vid byggandet av växande städer. Slam från enbart slamavskiljare utgör betydligt mindre volymer jämfört med slam från kommunala reningsverk och skulle därmed kunna utgöra ett mindre tillskott för jordtillverkare. Vid avstämning med Ragn-Sells blir bedömningen att slamavskiljarlam skulle kunna användas i anläggningsjord men att det kan ställa särskilda krav på komposteringen och att det är viktigt att fraktionen är tillräcklig torr och ren från grovrens som tops med mera (Wigh, pers. medd.).

SPCR 148 är ett frivilligt certifieringssystem för anläggningsjord. Enligt SPCR 148 ställs samma krav på det ingående slammet vid jordtillverkning som på slam som säljs för spridning på åkermark, se tabell 4. I jämförelse med tabell 13–21 kan konstateras av den fasta fasen verkar klara dessa krav med marginal vad gäller bly, nickel, kvicksilver och krom. Halterna för koppar och zink överskrider dock i vissa fall. Kadmium och silver understiger kraven med ligger i vissa fall nära dem. Slutsatsen blir att slamavskiljarlammet borde kunna avsättas som anläggningsjord i vissa fall. Slammet ska även vara hygieniserat (SP, 2006).

#### **4.4.5 Förbränning**

Förbränning av avloppsslam sker i liten omfattning i Sverige. Idag går endast ca 1 % av slammet som produceras på kommunala reningsverk i Sverige till förbränning (SCB, 2014 b). Det kopplas till höga kostnader, motstånd hos förbränningsanläggningar att ta emot avloppsslam samt att förbränning i Sverige historiskt inte ses som det bästa alternativet eftersom fosforåterföring inte varit möjligt (Hellström, 2009). I kontrast är andelen slam som bränns i t.ex. Danmark ca 30 % (Hellström, 2009). Några platser där förbränning av slam förekommit i Sverige är Halmstad, Göteborg och Enköping.

I Halmstad finns Kristinehedsverket som sedan 2003 har utrustning för att mata in slam. I detta system ska slammets TS-halt vara minst 30 %. 12 % av bränsleblandningen kan utgöras av slam. Funktionsproblem har dock funnits och förbränning av slam sker bara då det uppkommer för stora volymer för avloppsreningsverket att hantera (Davidsson, 2011). I Göteborg har samförbränning av slam och avfall testats i avfallskraftvärmeverket Sävenäs. Det fungerade vid inblandning av slam med 30 % TS-halt, till 5 % av blandningens vikt (Davidsson, 2011). Ragn-Sells har tillsammans med ENA Energi i Enköping testat sameldning av slam (mindre än 30 % TS) och träflis i Ena Energis befintliga kraftvärmeanläggning (Bäfver m.fl., 2013). Inblandningen av slam var 35-45 %. Ragn-Sells har dock inga pågående slameldningsförsök i Enköping idag (Fahlström, pers. medd.).

Positiva effekter av förbränning är att läkemedelsrester destrueras och att patogener oskadliggörs (Skoglund m.fl., 2012). Med en väl lokaliserad förbränningsanläggning minskar också slamtransporterna i och med att förbränning reducerar slamvolymerna (Tideström m.fl, 2000).

En nackdel som generellt brukar lyftas fram när det gäller förbränning av slam från kommunala reningsverk är att motiven att jobba med uppströmsarbete minskar vid förbränning, och därigenom ökar risken för utsläpp av oönskade ämnen till vatten. Det är ett argument som dock inte gäller i samma grad för slam från slamavskiljare vid små avloppsanläggningar eftersom den enskilde i detta fall oavsett slamhanteringen bör vara mindre benägen att spola ner "fel saker" i avloppet eftersom det kommer ut i närmiljön.

Tekniken som används för förbränning av slam är framförallt rostpannor (på engelska "grate firing") och fluidiserad bädd (Pure Baltic Sea, 2014). Tillämpning av rostpanna är mindre vanligt än fluidiserad bädd men förekommer bland annat i Tyskland och Japan (Davidsson, 2011).

Förbränning kan ske efter avvattning och torkning, efter enbart avvattning, eller av oavvattnat slam. För förbränning av ett oavvattnat eller enbart torkat slam krävs dock att slammet blandas med andra bränslen (Pure Baltic Sea, 2014). Detta gör att föregående avvattning och ibland även torkning ofta sker. För att förbränna enbart slam, så kallad "monoförbränning", bör slammet enligt Östlund (2003) efter avvattning torkas till ca 60 % TS. Värmevärdet blir då ca 7 MJ/kg (Östlund, 2003). Potentiellt skulle värmevärdet i slamavskiljar slam kunna vara något högre då glödförlusten enligt resultat från detta projekt är ca 85 % medan den hos slam från kommunala reningsverk kan ligga kring 65 % (Östlund, 2003). För att ett material som ska vara brännbart bör värmevärdet vara minst 6 MJ/kg (Tideström m.fl., 2004). Tideström m.fl. (2000) rekommenderar torkning till 70 % TS för att göra slam konkurrenskraftigt jämfört med andra biobränsleråvaror.

Vid leverans till en befintlig förbränningsanläggning för förbränning tillsammans med andra bränslen, så kallad "samförbränning", är det inte alltid nödvändigt att torka slammet. Lägre TS-halter kan vara aktuella eftersom man då vill uppnå en bränsleblandning med optimal vattenhalt. Torkning innan samförbränning kan dock syfta till att slammet ska kunna hanteras i pannans befintliga inmatningssystem (Åmand m.fl., 2003).

### **Monoförbränning**

Vid monoförbränning av avvattnat slam produceras ingen överskottsvarme, utan energin som produceras motsvarar grovt räknat den energi som används för torkning (Davidsson, 2011). Det gör att tekniken traditionellt tillämpas med syftet att destruera slam som inte kan avsättas på annat sätt. Monoförbränning vid avloppsreningsverk förekommer bland annat i Köpenhamn, St. Petersburg samt i Polen, England, Nederländerna, m.fl. länder och platser (Pure Baltic Sea, 2014).

Kostnaden för monoförbränning av slam uppskattades av Tideström m.fl. (2004) till ca 1600-2500 kr per ton TS, för investering och drift. Den högre siffran för förbränning av mindre mängder, 1000 ton per år. För monoförbränning av enbart slamavskiljarslam skulle behandlade volymer bli mindre, och kostnaderna per ton därför sannolikt högre. Denna studie har inte undersökt tekniska detaljer rörande möjlig förbränningsteknik men med mindre volymer att hantera kan det vara möjligt att använda enklare förbränningsutrustning och även enklare metoder för torkning, vilket troligen skulle vara en ekonomisk fördel. Det går dock inte att kompromissa med de utsläppskrav som finns vid förbränning av avfall. Tideström m.fl. (2004) uppger att det finns teknik som kan hantera ner till 0,5 ton/h eller 2500 ton/år till motsvarande kostnader per ton TS. Davidsson (2011) beskriver ett par tillgängliga tekniker för småskalig monoförbränning, bland annat systemet "sludge2energy" från Hans Huber AG.

### **Samförbränning**

Samförbränning av slam anses vara en etablerad hantering. I Östersjöregionen har samförbränning av slam traditionellt varit vanligare i Tyskland och Finland (Pure Baltic Sea, 2014).

Elled (2008) studerade samförbränning av slam, från bland annat avlopprensingsverk, med trä- och barkpellets i en panna med fluidiserad bädd. Hon fann att samförbränning ökar tillförseln av tungmetaller drastiskt jämfört med förbränning av enbart trämaterial, dock fångas dessa tungmetaller i huvudsak upp i aska och vid rökgasrening. Samförbränning i fluidiserad bädd har även studerats av bl.a. Skoglund m.fl. (2012) och Åmand m.fl. (2003).

Vid samförbränning av bränslen med höga alkalihalter och trä förorenat med zink och klorider har man funnit att slam har en positiv effekt eftersom det minskar mängden utfällningar i pannan, vilket förenklar driften. Formation av kaliumklorid är en orsak till utfällningar, med inblandning av slam minskar dock mängden kaliumklorid eftersom kalium istället bildar föreningar med svavel (Elled, 2008; Skoglund m.fl., 2012).

En aktör i Sverige som idag har tillstånd till att förbränna slam är Tekniska Verken i Linköping, som har tillstånd att bränna upp till 10 000 ton/år (Lindstål, pers. medd.). Detta tillstånd utnyttjas dock inte, utan ska bara användas om man tillfälligt eller i framtiden inte har någon annan avsättning för slammet. Eftersom man bara avsett att vid behov kunna hantera slam som uppkommer lokalt har man inte någon uppgift om vilka mottagningsavgifter som skulle tas ut om förbränning av slam blev aktuellt. Enligt Lindstål (pers. medd.) på Tekniska Verken så skulle acceptansen för att ta emot slam troligen inte vara något problem när man väl byggt upp rutiner för hanteringen. Troligen skulle mottagning av slam kräva viss ytterligare utrustning i samband med själva mottagandet, medan befintlig utrustning eventuellt skulle kunna användas för inmatning till pannan. Tekniska Verken förbränner idag i Linköping ca 600 000 ton avfall per år. Slam från slamavskiljare skulle troligen kunna utgöra ett mindre tillskott till detta.

### **Lokalisering och krav på anläggningar för förbränning**

Anläggningar för monoförbränning finns som tidigare nämnts vid ett relativt stort antal reningsverk i Europa. I Sverige förekommer så långt vi vet enbart samförbränning, och som nämnts, i liten skala.

Förbränningsanläggningar där slam eldas omfattas av EU:s direktiv för avfallsförbränning och detta medför krav på anläggningen när det gäller bl.a. utrustning för förbränning, rökgasrening, vattenrening och övervakning av emissioner (Östlund, 2003). De metoder som används för rening av rökgaser och vatten från anläggningen är de samma vid förbränning av slam som vid förbränning av andra avfall och utsläppen är normalt mycket låga (Östlund, 2003). Med ytterligare tillförsel av tungmetaller kan reningen dock kräva högre kemikalietillsatser, t.ex. kalk (Tideström m.fl., 2000).



Östlund (2003) har ställt upp ett antal faktorer som bör spela in vid lokalisering av eventuella nya förbränningsanläggningar för slam: transportavstånd, möjlighet att överföra värmen till fjärrvärmenätet, närhet till annan energiproducerande verksamhet samt att kunna hålla viss storlek på anläggningen.

Utifrån dessa identifieras av Östlund sju lämpliga platser i Sverige för att täcka behoven om allt slam skulle förbrännas i särskilda anläggningar enbart avsedda för slam. För förbränning av slamavskiljarslam är det dock troligen mer lämpligt att hitta avsättning vid redan existerande förbränningsanläggningar eftersom volymerna är betydligt mindre. Med mindre volymer kan det också vara rimligt att frångå villkoret om att energin ska kunna tillvaratas i fjärrvärmenät. Möjlighet finns då att, om det är ekonomiskt fördelaktigt, etablera en mindre lokal anläggning.

### **Avsättning av aska**

Askan som produceras kan hanteras på olika sätt. Vid samförbränning måste anpassning ske i varje specifikt fall beroende på vilka bränslen och vilken förbränningsteknik som använts och resulterande kvalitet hos askan. Vid samförbränning med avfall (som kanske är det mest aktuella idag) kan det, beroende på askans innehåll av bland annat tungmetaller och organiska miljögifter, vara krav på att den ska deponeras. Detta regleras av avfallsförordningen (SFS 2011:927).

Skoglund m.fl. (2012) fann att en typ av askpellets som producerades vid monoförbränning av slam från kommunala reningsverk uppfyller krav för att kunna spridas på skogsmark, dock med undantag för kopparinnehållet. Slutsatsen drogs att samförbränning med andra biobränslen skulle förbättra möjligheten till avsättning.

Aska från förbränning av slam kan också användas som utfyllnad vid tillverkning av betong/cement, se även avsnittet "Andra avsättningsmöjligheter".

Mer ovanliga användningar av askan är att smälta ner det oorganiska materialet till en glasliknande produkt, vilket ska ha testats bland annat i Helsingfors (Tideström m.fl., 2000).

### **Förbränning kombinerat med utvinning av fosfor ur aska för återföring**

Den totala mängden fosfor som teoretiskt återfinns i avvattat slamavskiljarslam är liten i förhållande till de totala fosforflödena i hushållsspillvatten, grovt uppskattat mindre än 1 %<sup>3</sup>. Därför är utvinning av fosfor ur slamaskan från förbränning av slamavskiljarslam inte högt prioriterat. Det kan dock nämnas att utveckling sker på detta område när det gäller hantering av avloppsslam från kommunala reningsverk. Metoder och pågående utveckling har beskrivits av bland andra Levin m.fl., 2014. Vid utvinning av fosfor är det fördelaktigt med högre fosforhalter i askan (Bäfver m.fl., 2013), vilket gör att slamavskiljarslam är mindre attraktivt än slam från kommunala reningsverk även ur denna synvinkel.

#### **4.4.6 Andra avsättningsmöjligheter**

Slam ska enligt uppgift kunna användas i tegelstens- och cementtillverkning, med en tillsats på ca 5 % slam vid tillverkning av tegelsten (Blomberg, 1999). Enligt en litteraturstudie från 2013 har tegelstenstillverkning utvärderats i många forskningsprojekt, men den kommersiella framställningen av tegelsten från avfallsprodukter är dock fortfarande mycket begränsad (Zhang , 2013).

Det finns studier som undersökt tekniska förutsättningar för att framställa "eco-cement" från avvattat slam (Lin m.fl., 2012; Yen m.fl., 2011).

3 Baserat på att ~70 % av 625 000 fastigheter har avlopp med slamavskiljare, som töms på 2 m<sup>3</sup>/år. Där halten fosfor i det insamlade slammet är 61 mg/l och max 70 % av fosfor hamnar i den fasta fasen efter avvattning.

Förbränning har beskrivits ovan, andra alternativa metoder för termisk behandling kan vara exempelvis pyrolys, våtoxideration eller förgasning (Fytli & Zabaniotou, 2008). Dessa ger slutprodukter av olika slag och med olika egenskaper.

I Holland råder förbud mot att sprida slam i jordbruket, och det finns därför motiv att hitta och utveckla alternativa avsättningar. En vanlig avsättning är att cementindustrin tar emot slam och förbränner det för att få värme till sina processer (Pijlman, pers. medd.). En mer innovativ lösning som är under utveckling i Holland är att utvinna cellulosa ur slam (i samband med renssteget i ett reningsverk eller med primärslam som källa) som sedan skulle kunna användas i t.ex. asfaltstillverkning. En försöksplats för utvinning av cellulosa har utvecklats i Leeuwaarden där partikulärt material filtreras ut, varav ca 70 % är cellulosa, och cellulosan sedan rengörs (Pijlman, pers. medd.). Om slamavskiljarslam kan bli lämpligt för exempelvis cellulosa-utvinning beror bland annat på hur stor nedbrytning som skett redan i slamavskiljaren.

#### **4.4.7 Förbättrad slamkvalitet och uppströmsarbete**

För fraktioner från små avloppsanläggningar finns det, liksom för avloppsvatten till det kommunala nätet, utrymme för förbättring för att öka kvaliteten hos fraktionerna. Ett exempel på detta är att det är önskvärt att driva uppströmsarbete för att få ner metallhalter i slam. Minskade metallhalter ger potential för att fler Revaq-certifierade verk kommer kunna fortsätta ta emot slam från slamavskiljare, trots att certifieringssystemets krav ökar med tiden.

Slamavskiljarslammets låga näringshalt, orsakad av det faktum att näringen till stor del följer med avloppsvattnet från slamavskiljaren och vidare till efterföljande rening (t.ex. infiltrationsanläggning), är förstas en inbyggd försvårande omständighet för att fraktionen ska kunna ha en hög näringshalt i förhållande till metallhalten. Även i de fall där bedömningen är att återföring till jordbruksmark inte är ett alternativ för den fasta fasen efter avvattning av slamavskiljarslam så är uppströmsarbete för minskade metallhalter önskvärt. Inget av avsättningsalternativen ”skogsgödsling”, ”tillverkning av anläggningsjord” eller ”deponitäckning” tjänar på höga metallhalter. Tvärtom kommer de höga metallhalterna att ses som en risk som måste hanteras hos dessa avsättningsmetoder. Ju lägre metallinnehåll som uppnås, desto lägre blir risken. Även vid förbränning är minskade metallhalter sannolikt en fördel eftersom det till exempel lär minska behovet av kemikalietillsatser för att rena rökgaser, och kanske även leder till förbättrade möjligheter för att hitta en användning för restprodukter i form av metallhaltig aska. Att hålla tungmetaller så avskilda från avloppsvattnet som det går är alltid en fördel.

## 5 FORTSATTA STUDIER

De mätvärden som har framkommit ur denna studie bör i fortsättningen utvärderas ytterligare för att se om resultatet påverkas beroende på ursprung och sammansättning hos fraktioner från små avloppsanläggningar, vilken typ av avvattning som används och så vidare. Avloppsvatten är i regel en mycket heterogen produkt sett till innehållet av olika ämnen. Fraktioner från små avloppsanläggningar är också sannolikt en mer heterogen produkt än fraktioner från kommunala avlopp.

Vad gäller kvaliteten hos rejektvatten och fastfas efter avvattning av fraktioner från små avloppsanläggningar så är det också relevant att veta om det är ett rent slamavskiljarslam som ska avvattas, eller om det är blandade fraktioner från små avloppsanläggningar. Rör det sig om blandade fraktioner är det relevant att veta fördelningen mellan olika avloppslösningar i kommunen, för att kunna avgöra fördelningen av slam från slamavskiljare, klosettwater från slutna tankar, kemslam och så vidare, eftersom denna fördelning har stor inverkan på innehåll och kvalitet.

I denna studie har en avvattningsmetod används. I fortsättningen är det intressant att studera flera olika avvattningsmetoder och vilken inverkan respektive metod har. Vid användning av en avvattningsmetod som ger mindre TS-halt hos den fasta fasen skulle man t.ex. kunna tänka sig att en annan typ av fördelning av näringsämnen och metaller mellan rejektvatten och fast fas än vad som framgår av den aktuella studien.

## 6 SLUTSATSER

- Klosettvattnen från slutna tankar kan med fördel återföras till jordbruksmarken, antingen genom att fraktionen certifieras enligt SPCR 178 eller att den tas emot av ett Revaq-certifierat reningsverk. Detta finns flera studier som tyder på detta.
- Slamavskiljarslam har i regel lågt näringsinnehåll i förhållande till metallinnehåll. Om kvaliteten hos slammet från ett Revaq-certifierat verk påverkas negativt av att verket tar emot slamavskiljarslam kan det vara aktuellt att alternativ avsättning för slamavskiljarslam ses över.
- Efter avvattning av slamavskiljarslam/blandade fraktioner från enskilda avlopp verkar en större andel näring hamna i rejektivattnet jämfört med hur metallerna fördelar sig.
- Denna studie tyder på att rejektivatten från avvattning av slamavskiljarslam/blandade fraktioner från enskilda avlopp i regel har högt näringsinnehåll i förhållande till metallinnehåll och borde kunna behandlas på Revaq-certifierade reningsverk. Fler studier behövs dock för att studera effekter av innehåll i slamavskiljarslam från olika områden, effekter av olika andelar slamavskiljarslam respektive klosettvattnen i blandade fraktioner samt effekter av val av avvattningsteknik (till exempel avvattningsteknik som ger lägre TS-halt).
- Den fasta fasen efter avvattning av slamavskiljarslam/blandade fraktioner från enskilda avlopp har dock enligt denna studie oftast minst lika lågt näringsinnehåll i förhållande till metallinnehållet som innan avvattning.
- Att använda slamavskiljarslam till deponitäckning är ett lämpligt alternativ som används på flera håll idag. Flera deponier i Sverige har dock ett minskat behov av täckningsmaterial.
- För att kunna avgöra om skogsgödsling är ett tänkbart avsättningsalternativ behöver det utredas vilka krav som ska ställas på tungmetaller. Det vore också intressant att bevaka/studera om kväveberikning av granuler utvecklas till en intressant metod som skulle kunna tillämpas på slamavskiljarslam.
- Anläggningsjord borde kunna vara ett tänkbart avsättningsalternativ för slamskiljarslam i vissa fall – givet att tillräckligt stor efterfrågan finns på anläggningsjord till byggande och grönytor, och givet att fraktionen är tillräckligt torr och ren från grovrens som tops med mera. Studien tyder på att halterna koppar, zink, kadmium och silver skulle kunna vara för höga för att uppfylla kraven enligt det frivilliga certifieringssystemet SPCR 148 i vissa fall och det kan därmed vara viktigt att kontrollera och försöka förbättra slamavskiljarslammet i detta avseende.
- Vid användning av avvattningsutrustning som åstadkommer 30 % TS-halt bör en möjlig avsättning för avvattnat slamavskiljarslam vara förbränning (baserat på den förbränning som hittills skett på försök och tillfälligtvis i Sverige). Även lägre TS-halter kan tekniskt sett hanteras av förbränningsanläggningar. Överenskommelse gällande kvalitet, sammansättning, mottagningsavgifter etc. måste dock göras i varje specifikt fall.
- Att bedriva uppströmsarbete för att minska metallhalter hos slam från slamavskiljare är en fördel oavsett avsättning. Lägre metallhalter i slam från slamavskiljare leder till exempel till att det blir större sannolikhet att Revaq-certifierade verk kommer kunna fortsätta ta emot slam från slamavskiljare, trots att certifieringssystemets krav ökar med tiden.

## 7 REFERENSER

1. Andersson Chan, Anneli, (a.) processingenjör avlopp och biogas, Växjö kommun, personligt meddelande, 2016-05-27.
2. Andersson Chan, Anneli, (b.) processingenjör avlopp och biogas, Växjö kommun, personligt meddelande, 2016-02-11.
3. AquaTeq Sweden AB. *EcoVee* (elektronisk). <http://aquateq.se/produkt/ecovee/> (hämtad 2016-05-31)
4. Avfall Sverige (2015). *Svensk Avfallshantering 2015*. Avfall Sverige, Malmö
5. AvfallSverige&SvensktGasteknisktCenter(2009).*Mikrobiologiskhandbokförbiogasanläggningar*. Avfall Sverige rapport U2009:03. Malmö.
6. Baresel, C., Lüdtke, M., Levlin, E., Fortkamp, U. & Ekengren, Ö. (2014). *Slamavvattning i kommunala reningsverk*. IVL-rapport B2188. IVL Svenska Miljöinstitutet AB. Stockholm.
7. Berggren, Anna, (a) konsult vid Nitoveskonsulterna inom Nitoves AB och Revaq-sekretariatet, Svenskt Vatten, personligt meddelande, 2016-02-11
8. Berggren, Anna, (b) konsult vid Nitoveskonsulterna inom Nitoves AB och Revaq-sekretariatet, Svenskt Vatten, personligt meddelande, 2016-01-17.
9. Blomberg, J. (1999). *Metoder för omhändertagande av vattenverksslam*. Stockholm Vatten, R nr 4 jan 1999.
10. Bäfver, L., Renström, C., Fahlström, J., Enfält, P., Skoglund, N. & Holmén, E. (2013) *Slambränsleblandningar – Förbränning och fosforutvinning*. Waste Refinery, projektnummer WR-59. Göteborg.
11. Cederlöf, Pernilla, (a) gatu- och renhållningsansvarig, Ånge kommun, personligt meddelande, 2015-06-30.
12. Cederlöf, Pernilla, (b) gatu- och renhållningsansvarig, Ånge kommun, personligt meddelande, 2016-02-11.
13. Davidsson, K. (2011). *Litteraturstudie om slameldning i rostpanna*. Waste Refinery, projektnummer WR-37.
14. Elled, A. (2008) *Co-combustion of Biomass and Waste Fuels in a Fluidised Bed Boiler - Fuel Synergism*. Göteborg : Chalmers University of Technology (Doktorsavhandlingar vid Chalmers tekniska högskola. Ny serie, nr: 2808).
15. Elmefors, E. & Ljung, E. (2014) *Omhändertagande av fraktioner från enskilda avlopp – nulägesammanställning och framtidsplan*. Avfall Sverige rapport U2014:15. Malmö.
16. Elmefors, E. & Sylwan, I. (2016) *Tömning av slamavskiljare – Jämförande studie av heltömning, mobil avvattning och deltömning*. Avfall Sverige rapport U2016:12. Malmö.
17. Eriksson, J. 2009. *Analysmetoder för 60 spårelement i slam*. Institutionen för mark- och miljö, Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.
18. Fahlström, Johan, konsult, Ragn-Sells Miljökonsult AB, personligt meddelande, 2016-05-30
19. Flodman, Magnus, avfallsrådgivare, Gästrikre Återvinnare, personligt meddelande, 2016-05-27.
20. Fytli, D., & Zabaniotou, A. (2008). *Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods—A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 12, Issue 1, January 2008, Pages 116–140
21. Hellström, D. & Kvarnström, E. (1997). *Avvattning av avloppsslam med naturnära metoder – erfarenheter från ett fullskaleförsök i Lövånger*. VA-Forsk rapport 1997:12. Stockholm.

22. Hellström, H. (2009). *Avsättning av energiprodukter från biologisk behandling – vilka frågeställningar kommer att bli aktuella?* Waste Refinery, projektnummer WR-30B.
23. Henriksson, G., Palm, O., Davidsson, K., Ljung, E., Sager, A. (2012) *Rätt slam på rätt plats*. WR-41. Waste Refinery
24. Johansson, Dan, renhållningschef, Arvika Teknik AB, personligt meddelande. 2016-06-02.
25. Levlin E., Tjus, K., Fortkamp, U., Ek, M., Baresel, C., Ljung, E. & Palm, O. (2014). *Metoder för fosforåtervinning ur avloppsslam*. IVL-rapport B2184. IVL Svenska Miljöinstitutet AB. Stockholm.
26. Lin, Y., Zhou, S., Li, F. & Lin, Y. (2012). *Utilization of municipal sewage sludge as additives for the production of eco-cement*. Journal of Hazardous Materials, Volumes 213–214, 30 April 2012, Pages 457–465.
27. Lindstål, Henrik, utvecklingsingenjör, Tekniska verken, personligt meddelande, 2016-05-31.
28. Naturvårdsverket (2015). *Användningsmöjligheter för avloppsslam*. (elektronisk) <http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledningar/Avlopp/Avloppsslam/Anvandningsmojligheter-for-avloppsslam/> (hämtad 2016-05-31).
29. Näslund, B.-Å. (2015). *Skogsmarkgödning med kväve – Kunskapssammanställning inför Skogsstyrelsens översyn av föreskrifter och allmänna råd om kvävegödning*. Skogsstyrelsen, rapport 2-2015. Jönköping.
30. Olshammar, M., Ek, M, Rosenquist, L., Ejhed, H., Sidvall, A. & Svanström, S. (2015). *Uppdatering av kunskapsläget och statistik för små avloppsanläggningar*. Svenska MiljöEmissionsData (SMED), SMED Rapport nr 166 2015.
31. Pijlman, Erik, direktör, KKN Group (Leeuwarden, Holland), personligt meddelande, 2016-05-31
32. Pure Baltic Sea. (2014) *Good Practices in Sludge Management*. [elektronisk]. [http://www.purebalticsea.eu/index.php/gpsm:good\\_practices#ch\\_7](http://www.purebalticsea.eu/index.php/gpsm:good_practices#ch_7), Hämtad 2016-05-30.
33. Revaq (2016). *Regler för certifieringssystemet*. Utgåva 3.3. Svenskt Vatten AB. Stockholm.
34. Rolba Svenska AB. Rolba MZ (elektronisk). <https://www.rolba.se/images/Broschyror/Rolba%20MZ.pdf> (hämtad 2016-05-31).
35. Sahlén, K., Söderström, M. & Mård, T. (2011). *Kväveberikning och skogsgödning med torkat granulerat avloppsslam*. Svenskt Vatten Utveckling, rapport nr 2011-09. Svenskt Vatten AB.
36. Simon Moos Maskinfabrik A/S. Moos KSA – Mobil Slamafvanding (elektronisk). [http://www.simonmoos.com/tl\\_files/simonmoos/maskinfabrik/PDF-brochurer/KSA-DK.pdf](http://www.simonmoos.com/tl_files/simonmoos/maskinfabrik/PDF-brochurer/KSA-DK.pdf) (hämtad 2015-09-02).
37. Sindhøj, Erik, forskare, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, personligt meddelande. 2015-06-30.
38. Sternbeck, J., Palm, A. & Kaj, L. (2002). *Antimon i Sverige – användning, spridning och miljöpåverkan*. IVL-rapport B1473. IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Stockholm.
39. Svensson, S.-E., Mattsson, J. E., Englund, J.-E. & Johansson, C. (2015). *Halter av 60 spårelement relaterat till fosfor i klosettvaatten – huvudstudie*. Svenskt Vatten Utveckling, rapport nr 2015-10. Svenskt Vatten AB.
40. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (2012). *Certifieringsregler för System för Kvalitetssäkring av fraktioner från små avlopp*, SPCR 178. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Borås.
41. Statistiska centralbyrån, (2014 a). *Antal småhus efter region, fastighetstyp och avloppsanslutning*. Vart femte år 2000–2014. Statistik ur Statistikdatabasen, Miljö, Vattenuttag och vattenanvändning i Sverige, Vatten och avloppsförhållanden.
42. Statistiska centralbyrån, (2014 b). *Utsläpp till vatten och slamproduktion 2012*. Kommunala reningsverk, massa- och pappersindustri samt övrig industri. Statistiska meddelanden, miljövård. MI 22 SM 1401.

43. Skoglund, N., Boström, D., Grimm, A. & Öhman, M. (2012). *Återvinning av fosfor och energi ur avloppsslam genom termisk behandling i fluidiserad bädd – Utvärdering och optimering av prestanda för slutprodukten*. Svenskt Vatten Utveckling, rapport nr 2012-10. Svenskt Vatten Utveckling, Umeå.
44. SFS 2011:927. *Aufallsförordning*.
45. SKSFS 2007:3. *Skogsstyrelsens allmänna råd till ledning för hänsyn enligt 30 § skogsvårdslagen (1979:429) vid användning av kvävegödselmedel på skogsmark*. Skogsstyrelsens författningssamling.
46. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (2006). *Certifieringsregler för P-märkning av anläggningsjordar*, SPCR 148. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Borås.
47. Tideström, H., Starberg, K., Ohlsson, T., Camper, P.-A. & Ek, P. (2000) *Användningsmöjligheter för avloppsslam*. VA-Forsk rapport nr 2000-2.
48. Tideström, H., Seger, A. & Hultgren, J. (2004). *Regional eller lokal hantering av slam från tretton Västgötakommuner – teknik, miljö och ekonomi*. VA-Forsk rapport nr 2004-05.
49. Ulfsparre, Rickard, processingenjör, Vatten Östersund, personligt meddelande, 2016-02-11.
50. Wigh, Lisa, affärsansvarig Agro inom region Mitt, Ragn-Sells, personligt meddelande, 2016-07-08.
51. Yen, C-L., Tseng, D-H. & Lin, T-T (2011). *Characterization of eco-cement paste produced from waste sludges*. Chemosphere, Volume 84, Issue 2, June 2011, Pages 220–226
52. Zhang, L. (2013). *Construction of bricks from waste materials – A review*. Construction and Building Materials, Volume 47, October 2013, Pages 643–655.
53. Åmand, L.E., Leckner, B., Hansson, L. & Norrlöw, O. (2003). *Samförbränning av avloppsslam med kol och trä i en panna med fluiserad bädd – anrikning av fosfor och tungmetaller i askor*. VA-Forsk rapport nr 2003-50.
54. Östlund, C. (2003). *Förbränning av kommunalt avloppsvattenslam*. VA-Forsk rapport nr B 2003-102.

## BILAGA 1

Analyserade spårämnen i enlighet med Revaq (2016).

Nr	Ämne	Nr	Ämne	Nr	Ämne
1	Na	26	Si	51	Ti
2	K	27	Co	52	Th
3	Ca	28	Cu	53	Tm
4	Fe	29	Cr	54	U
5	Mg	30	Hg	55	V
6	Mn	31	La	56	W
7	Al	32	Li	57	Yb
8	Sb	33	Lu	58	Y
9	As	34	Mo	59	Zn
10	Ba	35	Nd	60	Zr
11	Be	36	Ni	61	Ce
12	Pb	37	Nb	62	Cs
13	B	338	Pd	63	Re
14	Dy	39	Pt	64	Rh
15	Er	40	Pr	65	Rb
16	Eu	41	Sm	66	Ru
17	Gd	42	Se	67	Sc
18	Ga	43	Ag	68	Bi
19	Ge	44	Sr		
20	Au	45	S		
21	Hf	46	Tl		
22	Ho	47	Ta		
23	In	48	Te		
24	Ir	49	Sn		
25	Cd	50	Tb		



## BILAGA 2

I bilagan redovisas värden från samtliga ämnen som analyserats inom projektet.

Tabell 26. Analysvärden på blandade fraktioner från små avloppsanläggningar. Värdena har ursprungligen angivits i massa per volymenhet och har räknats om till massa per massa torrsubstans med hjälp av TS-halten i g/l (exempel, värden angivna i mg/l har räknats om till mg/kg TS). ”-” betyder att värde saknas. Orimliga värden har markerats med röd text.

Analyserat ämne	Enhet	ÖU1	ÖU2	ÖU3	ÖU4	ÖU5	ÖU6	ÖU7	ÖU8	ÖU9	ÖU10	Medel
Torrsubstans	%	0,87	0,40	0,98	0,57	1,3	0,99	0,44	0,42	0,64	0,67	0,73
Glödrest	% TS	21	33	21	39	85	-	25	24	19	15	28
Glödförlust	% TS	83	48	72	130	52	82	77	74	81	85	73
pH		-	-	-	-	6,7	6,8	7,0	7,0	6,9	7,0	6,9
Temp (pH-mät)	(°C)	22	22	22	22	22	22	21	21	22	22	22
NH <sub>4</sub> -N	mg/kg TS	-	-	-	-	8 500	11 000	25 000	26 000	15 000	14 000	19 000
BOD <sub>7</sub>	mg/kg TS	-	-	-	-	760 000	620 000	930 000	790 000	1 100 000	1 100 000	760 000
P	mg/kg TS	7 600	15 000	-	-	6 400	6 800	12 000	12 000	8 600	8 400	9 500
N	mg/kg TS	26 000	160 000	-	-	19 000	23 000	45 000	62 000	34 000	31 000	50 000
Na	mg/kg TS	31 000	75 000	31 000	53 000	15 000	19 000	32 000	33 000	19 000	16 000	32 000
K	mg/kg TS	5 900	12 000	5 400	9 300	4 200	4 400	8 900	9 500	<16 000	<15 000	<16 000
Ca	mg/kg TS	33 000	43 000	28 000	46 000	32 000	31 000	39 000	40 000	45 000	36 000	37 000
Fe	mg/kg TS	2 200	1 800	1 900	3 300	3 200	2 800	2 300	2 400	3 800	2 800	2 600
Mg	mg/kg TS	2 400	4 300	2 800	4 600	2 300	2 300	4 100	4 300	<7 900	<7 500	<7 900
Mn	mg/kg TS	98	110	90	147	100	90	130	140	110	110	110
Al	mg/kg TS	8 300	7 800	4 800	8 100	5 500	4 700	7 500	7 400	8 000	8 100	7 000
Sb	mg/kg TS	1,3	0,8	0,6	1,2	1,2	1,0	1,9	1,9	1,2	1,3	1,2
As	mg/kg TS	2,0	1,6	1,2	2,3	5,1	5,2	5,2	5,2	2,8	3,0	3,4
Ba	mg/kg TS	160	160	120	210	92	98	100	95	110	120	130
Be	mg/kg TS	0,11	<0,13	0,072	0,091	0,058	0,056	<0,11	<0,12	<0,08	<0,07	<0,13
Pb	mg/kg TS	13	7,8	9,6	16	13	13	16	16	16	16	14
B	mg/kg TS	21	33	17	28	8,5	9,7	15	16	9,2	9,7	17
Dy	mg/kg TS	0,28	0,25	0,17	0,28	0,19	0,18	0,19	0,17	0,17	0,15	0,20
Er	mg/kg TS	0,15	0,14	0,094	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10	0,092	0,079	0,11
Eu	mg/kg TS	0,086	0,080	0,059	0,11	0,069	0,063	0,066	0,064	0,063	0,051	0,071
Gd	mg/kg TS	0,40	0,38	0,26	0,42	0,28	0,24	0,25	0,24	0,25	0,19	0,29
Ga	mg/kg TS	5,9	6,0	4,4	7,4	3,5	3,7	4,5	4,3	4,4	3,7	4,8
Ge	mg/kg TS	0,092	0,093	0,069	0,128	0,072	0,081	0,077	0,076	0,058	0,066	0,081
Au	mg/kg TS	0,51	0,38	0,70	0,54	0,56	0,53	0,64	0,62	0,41	0,37	0,53
Hf	mg/kg TS	<0,11	<0,25	<0,1	<0,18	<0,08	<0,1	<0,23	<0,24	<0,16	<0,15	<0,25
Ho	mg/kg TS	0,053	0,050	0,036	0,058	0,037	0,034	0,036	0,031	0,034	0,028	0,040
In	mg/kg TS	<0,011	<0,025	<0,01	<0,018	<0,008	<0,01	<0,023	<0,024	<0,016	<0,015	<0,025
Ir	mg/kg TS	<0,11	<0,25	<0,1	<0,18	<0,08	<0,1	<0,23	<0,24	<0,16	<0,15	<0,25
Cd	mg/kg TS	0,79	0,68	0,42	0,89	0,58	0,65	1,0	1,2	1,6	1,8	1,0
Si	mg/kg TS	5 400	5 500	3 300	5 600	3 600	3 700	5 000	5 000	<7 900	<7 500	<7 900
Co	mg/kg TS	1,5	1,2	1,1	1,8	1,3	1,2	1,6	1,6	1,5	1,6	1,4
Cu	mg/kg TS	250	230	320	540	520	480	570	600	590	510	460
Cr	mg/kg TS	9,0	5,5	8,7	15	7,2	6,0	9,1	7,4	7,8	8,5	8,4
Hg	mg/kg TS	0,13	0,21	0,34	0,88	0,092	0,13	0,19	0,18	0,19	<0,015	0,24 <sup>4</sup>

4 Vid uträkning av medelvärdet har <0,015 mg/kg TS räknats som 0,015 mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

Analyserat ämne	Enhet	ÖU1	ÖU2	ÖU3	ÖU4	ÖU5	ÖU6	ÖU7	ÖU8	ÖU9	ÖU10	Medel
La	mg/kg TS	1,7	1,6	1,1	1,8	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,2
Li	mg/kg TS	<5,7	<12,5	<5,1	<8,8	<3,8	<5,1	<11,4	<11,9	<7,8	<7,5	<12,5
Lu	mg/kg TS	0,018	<0,025	0,011	0,021	0,013	0,012	<0,023	<0,024	<0,016	<0,015	<0,025
Mo	mg/kg TS	6,3	6,5	5,1	9,1	4,1	4,4	10,5	10,5	6,3	6,9	7,0
Nd	mg/kg TS	1,6	1,5	1,0	1,8	1,1	0,98	1,0	0,95	0,95	0,87	1,2
Ni	mg/kg TS	9,1	7,3	8,2	12	7,5	7,8	10	10	8,9	9,1	9,1
Nb	mg/kg TS	0,091	0,033	0,062	0,12	0,085	0,063	0,050	0,043	0,095	0,082	0,072
Pd	mg/kg TS	<0,11	<0,25	<0,1	<0,18	<0,08	<0,1	<0,23	<0,24	<0,16	<0,15	<0,25
Pt	mg/kg TS	<0,11	<0,25	<0,1	<0,18	<0,08	<0,1	<0,23	<0,24	<0,16	<0,15	<0,25
Pr	mg/kg TS	0,41	0,38	0,27	0,44	0,26	0,24	0,25	0,24	0,23	0,21	0,29
Sm	mg/kg TS	0,33	0,33	0,21	0,37	0,24	0,21	0,21	0,21	0,22	0,19	0,25
Se	mg/kg TS	11	4,8	3,3	6,5	0,92	1,0	1,0	1,4	1,1	1,1	3,2
Ag	mg/kg TS	0,98	0,60	0,68	1,6	1,1	0,95	1,5	1,2	0,80	1,2	1,1
Sr	mg/kg TS	170	230	140	250	100	95	190	200	100	110	160
S	mg/kg TS	5 500	5 800	4 300	7 200	4 800	4 900	6 600	6 900	5 900	5 200	5 700
Tl	mg/kg TS	0,067	0,050	0,042	0,065	0,047	0,040	0,093	0,086	0,058	0,064	0,061
Ta	mg/kg TS	<0,011	<0,025	<0,01	<0,018	<0,008	<0,01	<0,023	<0,024	<0,016	<0,015	<0,025
Te	mg/kg TS	<0,11	<0,25	<0,1	<0,18	<0,08	<0,1	<0,23	<0,24	<0,16	<0,15	<0,25
Sn	mg/kg TS	4,7	2,1	1,7	4,0	1,5	1,4	2,7	2,1	2,3	2,5	2,5
Tb	mg/kg TS	0,051	0,048	0,034	0,054	0,037	0,034	0,032	0,033	0,033	0,030	0,039
Ti	mg/kg TS	22	15	18	35	22	18	17	16	<790	<750	<790
Th	mg/kg TS	0,068	<0,025	0,043	0,093	0,026	0,023	<0,023	<0,024	0,048	0,022	0,040 <sup>5</sup>
Tm	mg/kg TS	0,021	<0,025	0,012	0,021	0,014	0,013	<0,023	<0,024	<0,016	<0,015	0,018 <sup>6</sup>
U	mg/kg TS	2,2	2,0	1,4	2,5	1,3	1,2	3,9	4,0	1,9	1,9	2,2
V	mg/kg TS	3,4	2,2	1,7	3,3	2,2	1,9	2,3	2,2	2,0	2,1	2,4
W	mg/kg TS	0,87	0,98	0,67	1,3	0,54	0,66	0,61	0,57	0,67	0,66	0,75
Yb	mg/kg TS	0,14	0,13	0,086	0,15	0,092	0,090	0,11	0,10	0,10	0,081	0,11
Y	mg/kg TS	1,6	1,5	1,0	1,7	1,1	1,0	1,1	1,1	0,98	0,84	1,2
Zn	mg/kg TS	810	730	500	830	620	610	930	950	970	850	780
Zr	mg/kg TS	2,2	0,60	0,85	1,7	0,41	0,33	0,61	0,40	0,48	0,46	0,80
Ce	mg/kg TS	3,5	3,3	2,2	3,5	2,2	2,0	2,1	2,0	2,0	1,8	2,5
Cs	mg/kg TS	0,24	0,22	0,18	0,30	0,18	0,15	0,17	0,16	0,14	0,13	0,19
Re	mg/kg TS	<0,011	<0,025	<0,01	<0,018	<0,008	<0,01	<0,023	<0,024	<0,016	<0,015	<0,025
Rh	mg/kg TS	<0,011	<0,025	<0,01	<0,018	<0,008	<0,01	<0,023	<0,024	<0,016	<0,015	<0,025
Rb	mg/kg TS	7,5	14	6,8	12	5,1	6,2	12	12	7,2	6,6	8,8
Ru	mg/kg TS	<0,011	<0,025	<0,01	<0,018	<0,008	<0,01	<0,023	<0,024	<0,016	<0,015	<0,025
Sc	mg/kg TS	3,1	3,5	2,1	4,0	2,3	2,5	3,4	3,1	4,1	3,6	3,2
Bi	mg/kg TS	11	7,3	4,3	7,4	3,8	3,0	3,4	3,1	6,3	5,4	5,5

5 Vid uträkning av medelvärdet har <0,015 mg/kg TS räknats som 0,015 mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

6 Vid uträkning av medelvärdet har <x mg/kg TS räknats som x mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

Tabell 27. Analysvärden på rejektvatten (vattenfasen) efter avvattning av blandade fraktioner från små avloppsanläggningar. Värdena har ursprungligen angivits i massa per volymenhet och har räknats om till massa per massa torrsubstans med hjälp av TS-halten i g/l (exempel, värden angivna i mg/l har räknats om till mg/kg TS). ”-” betyder att värde saknas.

Analyserat ämne	Enhet	ÖR1	ÖR2	ÖR3	ÖR4	ÖR5	ÖR6	ÖR7	ÖR8	ÖR9	ÖR10	Medel
Torrsubstans	%	0,13	0,14	0,14	0,14	0,12	0,11	0,13	0,11	0,09	0,088	0,1198
Glödrest	% TS	61	67	69	68			49	55	48	47	
Glöd-förlust	% TS	36	31	34	32	40	41	48	46	52	53	41
pH		-	-	-	-	6,9	7	7,2	7,2	7,1	7,1	7,15
Temp (pH-mät)	(°C)	22	22	22	22	22	22	21	21	22	22	22
NH <sub>4</sub> -N	mg/kg TS	-	-	-	-	83 000	91 000	77 000	91 000	100 000	100 000	92 000
BOD <sub>7</sub>	mg/kg TS	-	-	-	-	575 000	600 000	600 000	650 000	590 000	610 000	500 000
P	mg/kg TS	15 000	13 000	-	-	23 000	25 000	22 000	25 000	21 000	25 000	21 000
N	mg/kg TS	150 000	130 000	-	-	120 000	120 000	120 000	120 000	93 000	110 000	120 000
Na	mg/kg TS	200 000	210 000	210 000	210 000	130 000	150 000	100 000	110 000	100 000	100 000	150 000
K	mg/kg TS	33 000	32 000	34 000	33 000	29 000	33 000	27 000	30 000	30 000	30 000	31 000
Ca	mg/kg TS	56 000	59 000	48 000	47 000	55 000	68 000	50 000	53 000	74 000	74 000	58 000
Fe	mg/kg TS	120	160	260	120	660	670	850	640	910	770	520
Mg	mg/kg TS	9 200	9 300	11 000	11 000	10 000	13 000	10 000	12 000	11 000	10 000	11 000
Mn	mg/kg TS	63	64	71	71	130	130	120	110	110	110	97
Al	mg/kg TS	150	430	420	290	780	550	1 200	1 100	890	1 100	700
Sb	mg/kg TS	<0,769	<0,714	<0,714	<0,714	<0,833	<0,909	<0,769	<0,909	<1,111	<1,136	<1,14
As	mg/kg TS	1,0	0,93	0,93	0,86	2,3	2,5	2,5	2,4	1,6	2,3	1,7
Ba	mg/kg TS	<15	20	18	15	20	19	35	28	26	28	22 <sup>7</sup>
Be	mg/kg TS	<0,38	<0,36	<0,36	<0,36	<0,42	<0,45	<0,38	<0,45	<0,56	<0,57	<0,57
Pb	mg/kg TS	0,53	0,71	0,79	0,71	2,0	1,6	4,1	2,8	2,7	3,8	2,0
B	mg/kg TS	85	79	66	64	43	25	41	74	34	3,8	51
Dy	mg/kg TS	<0,077	<0,071	<0,071	<0,071	<0,083	<0,091	<0,077	<0,091	<0,111	<0,114	<0,114
Er	mg/kg TS	<0,077	<0,071	<0,071	<0,071	<0,083	<0,091	<0,077	<0,091	<0,111	<0,114	<0,114
Eu	mg/kg TS	<0,077	<0,071	<0,071	<0,071	<0,083	<0,091	<0,077	<0,091	<0,111	<0,114	<0,114
Gd	mg/kg TS	<0,077	<0,071	<0,071	<0,071	<0,083	<0,091	<0,077	<0,091	<0,111	<0,114	<0,114
Ga	mg/kg TS	0,41	0,69	0,68	0,52	0,83	0,87	1,54	1,2	1,2	0,95	0,89
Ge	mg/kg TS	<0,077	<0,071	<0,071	<0,071	<0,083	<0,091	<0,077	<0,091	<0,111	<0,114	<0,114
Au	mg/kg TS	<0,77	<0,71	<0,71	<0,71	<0,83	<0,91	<0,77	<0,91	<1,11	<1,14	<1,14
Hf	mg/kg TS	<0,77	<0,71	<0,71	<0,71	<0,83	<0,91	<0,77	<0,91	<1,11	<1,14	<1,14
Ho	mg/kg TS	<0,077	<0,071	<0,071	<0,071	<0,083	<0,091	<0,077	<0,091	<0,111	<0,114	<0,114
In	mg/kg TS	<0,077	<0,071	<0,071	<0,071	<0,083	<0,091	<0,077	<0,091	<0,111	<0,114	<0,114
Ir	mg/kg TS	<0,77	<0,71	<0,71	<0,71	<0,83	<0,91	<0,77	<0,91	<1,11	<1,14	<1,14
Cd	mg/kg TS	<0,077	<0,071	<0,071	<0,071	0,10	0,10	0,25	0,25	0,27	0,34	0,16 <sup>8</sup>
Si	mg/kg TS	5 900	5 200	4 400	4 400	6 700	7 500	6 200	6 700	8 000	8 200	6 300
Co	mg/kg TS	<0,77	<0,71	<0,71	<0,71	<0,83	<0,91	0,77	<0,91	<1,11	<1,14	<1,14
Cu	mg/kg TS	7,1	16	26	18	62	39	180	150	92	78	67
Cr	mg/kg TS	1,0	1,1	1,9	1,3	3,1	3,4	3,2	2,5	4,1	9,5	3,1
Hg	mg/kg TS	<0,0769	<0,0714	<0,0714	<0,0714	<0,0833	<0,0909	<0,0769	<0,0909	<0,111	<0,114	<0,114
La	mg/kg TS	<0,077	0,093	0,10	0,071	0,16	0,15	0,32	0,22	0,23	0,15	0,16 <sup>9</sup>
Li	mg/kg TS	<38	<36	<36	<36	<42	<45	<38	<45	<56	<57	<57
Lu	mg/kg TS	<0,077	<0,071	<0,071	<0,071	<0,083	<0,091	<0,077	<0,091	<0,111	<0,114	<0,114
Mo	mg/kg TS	0,92	1,2	0,86	0,71	1,4	1,2	3,5	2,5	1,6	2,3	1,6
Nd	mg/kg TS	<0,077	1,2	0,86	<0,071	1,4	1,2	3,5	2,5	1,6	2,3	1,5 <sup>10</sup>
Ni	mg/kg TS	5,2	4,0	4,8	4,0	6,8	6,5	6,8	5,8	7,0	9,9	6,1

7 Vid uträkning av medelvärdet har <15 mg/kg TS räknats som 15 mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

8 Vid uträkning av medelvärden har <x mg/kg TS räknats som x mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

9 Vid uträkning av medelvärden har <0,077 mg/kg TS räknats som 0,077 mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

10 Vid uträkning av medelvärden har <x mg/kg TS räknats som x mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

Analyserat ämne	Enhet	ÖR1	ÖR2	ÖR3	ÖR4	ÖR5	ÖR6	ÖR7	ÖR8	ÖR9	ÖR10	Medel
Nb	mg/kg TS	<0,077	<0,071	<0,071	<0,071	<0,083	<0,091	<0,077	<0,091	<0,111	<0,114	<0,114
Pd	mg/kg TS	<0,77	<0,71	<0,71	<0,71	<0,83	<0,91	<0,77	<0,91	<1,11	<1,14	<1,14
Pt	mg/kg TS	<0,77	<0,71	<0,71	<0,71	<0,83	<0,91	<0,77	<0,91	<1,11	<1,14	<1,14
Pr	mg/kg TS	<0,077	<0,071	<0,071	<0,071	<0,083	<0,091	<0,077	<0,091	<0,111	<0,114	<0,114
Sm	mg/kg TS	<0,077	<0,071	<0,071	<0,071	<0,083	<0,091	<0,077	<0,091	<0,111	<0,114	<0,114
Se	mg/kg TS	<2,3	<2,1	<2,1	<2,1	<2,5	<2,7	<2,3	<2,7	<3,3	<3,4	<3,4
Ag	mg/kg TS	<0,385	<0,357	<0,357	<0,357	<0,417	<0,455	0,48	<0,455	<0,556	<0,568	<0,57
Sr	mg/kg TS	330	340	310	310	280	280	290	290	210	220	290
S	mg/kg TS	5 700	5 700	4 100	4 100	5 900	5 900	6 600	7 000	6 300	5 500	5 700
Tl	mg/kg TS	<0,077	<0,071	<0,071	<0,071	<0,083	<0,091	<0,077	<0,091	<0,111	<0,114	<0,114
Ta	mg/kg TS	<0,077	<0,071	<0,071	<0,071	<0,083	<0,091	<0,077	<0,091	<0,111	<0,114	<0,114
Te	mg/kg TS	<0,77	<0,71	<0,71	<0,71	<0,83	<0,91	<0,77	<0,91	<1,11	<1,14	<1,14
Sn	mg/kg TS	0,4	0,9	1,2	1,2	2,5	1,5	4,4	3,1	1,3	2,5	1,9
Tb	mg/kg TS	<0,077	<0,071	<0,071	<0,071	<0,083	<0,091	<0,077	<0,091	<0,111	<0,114	<0,114
Ti	mg/kg TS	<38	<36	<36	<36	<42	<45	<38	<45	<56	<57	<57
Th	µg/kg TS	<0,077	<0,071	<0,071	<0,071	<0,083	<0,091	<0,077	<0,091	<0,111	<0,114	<0,114
Tm	mg/kg TS	<0,077	<0,071	<0,071	<0,071	<0,083	<0,091	<0,077	<0,091	<0,111	<0,114	<0,114
U	mg/kg TS	0,50	0,62	0,28	0,23	0,28	0,24	1,2	0,82	0,37	0,52	0,50
V	mg/kg TS	<0,385	<0,357	<0,357	<0,357	<0,417	<0,455	<0,385	<0,455	<0,556	<0,568	<0,568
W	mg/kg TS	<0,77	<0,71	<0,71	<0,71	<0,83	<0,91	<0,77	<0,91	<1,11	<1,14	<1,14
Yb	mg/kg TS	<0,077	<0,071	<0,071	<0,071	<0,083	<0,091	<0,077	<0,091	<0,111	<0,114	<0,114
Y	mg/kg TS	<0,077	0,079	0,086	<0,071	0,18	0,15	0,32	0,23	0,21	0,16	0,16 <sup>11</sup>
Zn	mg/kg TS	21	59	48	36	140	120	330	260	160	140	130
Zr	mg/kg TS	<0,77	<0,71	<0,71	<0,71	<0,83	<0,91	1,2	<0,91	<1,11	<1,14	<1,16
Ce	mg/kg TS	<0,077	0,16	0,19	0,14	0,34	0,28	0,62	0,45	0,48	0,32	0,31 <sup>12</sup>
Cs	mg/kg TS	0,26	0,24	0,25	0,23	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,21
Re	mg/kg TS	<0,077	<0,071	<0,071	<0,071	<0,083	<0,091	<0,077	<0,091	<0,111	<0,114	<0,114
Rh	mg/kg TS	<0,77	<0,71	<0,71	<0,71	<0,83	<0,91	<0,77	<0,91	<1,11	<1,14	<1,14
Rb	mg/kg TS	34	32	35	34	34	41	32	35	40	39	36
Ru	mg/kg TS	<0,77	<0,71	<0,71	<0,71	<0,83	<0,91	<0,77	<0,91	<1,11	<1,14	<1,14
Sc	mg/kg TS	<3,85	<3,57	<3,57	<3,57	<4,17	4,9	4,0	<4,55	5,8	<5,68	<5,8
Bi	mg/kg TS	<0,77	<0,71	<0,71	<0,71	<0,83	<0,91	0,92	<0,91	<1,11	<1,14	<1,14

11 Vid uträkning av medelvärden har <x mg/kg TS räknats som x mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

12 Vid uträkning av medelvärden har <0,077 mg/kg TS räknats som 0,077 mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

Tabell 28. Analysvärden på fast fas efter avvattning av blandade fraktioner från små avloppsanläggningar. ”-” betyder att värde saknas.

Analyserat ämne	Enhet	ÖF1	ÖF2	ÖF3	ÖF4	ÖF5	ÖF6	ÖF7	ÖF8	ÖF9	ÖF10	Medel
Torrsubstans	%	28	26	32	34	30	30	26	18	37	34	30
Volymvikt	kg/m <sup>3</sup>	620	640	450	510	590	590	630	960	490	510	600
Glöd-förlust	% TS	86	86	86	86	86	87	88	86	87	87	86
pH		-	-	-	-	6,5	6,5	6,6	7	6,8	6,6	6,7
Temp (pH-mät)	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalkverkan som CaO	% TS	4,1	3,3	2,9	3,6	3,3	2,6	2,9	6,2	3,2	7,3	3,9
Kväve Kjeldahl	mg/kg	9 500	8 300	-	-	8 100	8 500	7 700	8 500	10 000	8 200	8 900
Kväve Kjeldahl	% TS	3,4	3,2	-	-	2,7	2,8	2,9	4,7	2,7	2,4	3,1
Ammonium-kväve	mg/kg	-	-	-	-	730	660	400	760	840	400	690
Ammonium-kväve	% TS	-	-	-	-	0,24	0,22	0,15	0,42	0,22	0,12	0,24
Sb (kungsv.)	mg/kg TS	< 3,9	< 3,9	< 3,9	< 3,9	< 3,9	< 3,9	< 3,9	< 2,0	< 3,9	< 3,9	<3,9
Au (kungsv.)	mg/kg TS	0,35	0,49	0,27	0,26	0,51	0,32	0,58	0,28	0,36	0,39	0,38
Ir (kungsv.)	mg/kg TS	<0,098	<0,097	< 0,097	< 0,097	<0,096	<0,096	<0,096	<0,097	<0,097	<0,097	<0,098
Co (kungsv.)	mg/kg TS	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,2	1,5	1,5	1,5	1,4
Mo (kungsv.)	mg/kg TS	6,9	7,1	5,7	5,5	4,7	4,7	6,0	7,5	5,0	5,0	5,8
Pd (kungsv.)	mg/kg TS	0,20	0,29	0,14	0,13	0,19	0,11	0,17	0,17	0,14	0,14	0,17
Pt (kungsv.)	mg/kg TS	<0,098	<0,097	<0,097	<0,097	<0,096	<0,096	<0,096	<0,097	<0,096	<0,097	<0,098
Re (kungsv.)	mg/kg TS	<0,098	<0,097	<0,097	<0,097	<0,096	<0,096	<0,096	<0,097	<0,096	<0,097	<0,098
Rh (kungsv.)	mg/kg TS	<0,098	<0,097	<0,097	<0,097	<0,096	<0,096	<0,096	<0,097	<0,096	<0,097	<0,098
Ru (kungsv.)	mg/kg TS	<0,098	<0,097	<0,097	<0,097	<0,096	<0,096	<0,096	<0,097	<0,096	<0,097	<0,098
Se (kungsv.)	mg/kg TS	12	14	4,6	4,2	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 0,97	< 2,0	< 2,0	4,6 <sup>13</sup>
Ag (kungsv.)	mg/kg TS	1,4	1,5	1,2	1,3	1,6	1,5	1,6	1,7	2,1	1,4	1,5
Te (kungsv.)	mg/kg TS	<0,49	<0,49	< 0,49	< 0,49	<0,48	<0,48	<0,48	<0,49	<0,49	<0,49	<0,49
Sn (kungsv.)	mg/kg TS	18	16	14	12	13	13	12	18	12	12	14
Al (smälta)	% TS	1,00	0,99	0,79	0,79	0,76	0,72	0,63	0,85	0,79	0,76	0,81
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (smälta)	% TS	1,9	1,9	1,5	1,5	1,4	1,4	1,2	1,6	1,5	1,4	1,53
P (smälta)	% TS	0,82	0,83	-	-	0,57	0,56	0,54	1,00	0,66	0,62	0,70
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (smälta)	% TS	1,9	1,9	1,7	1,6	1,3	1,3	1,2	2,3	1,5	1,4	1,61
Fe (smälta)	% TS	0,25	0,41	0,30	0,29	0,43	0,42	0,30	0,35	0,34	0,35	0,34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (smälta)	% TS	0,35	0,58	0,43	0,42	0,62	0,60	0,43	0,50	0,49	0,51	0,49
Ca (smälta)	% TS	2,7	2,7	2,5	2,5	2,7	2,5	2,6	3,6	2,7	2,6	2,7
CaO (smälta)	% TS	3,8	3,8	3,5	3,4	3,7	3,5	3,6	5,0	3,8	3,7	3,8
K (smälta)	% TS	0,15	0,16	0,13	0,12	0,17	0,16	0,13	0,14	0,13	0,12	0,14
K <sub>2</sub> O (smälta)	% TS	0,18	0,19	0,16	0,15	0,20	0,20	0,15	0,17	0,16	0,15	0,17
Si (smälta)	% TS	1,8	1,9	2,0	1,9	2,2	2,0	1,5	1,4	1,8	1,7	1,8
SiO <sub>2</sub> (smälta)	% TS	3,9	4,1	4,2	4,1	4,8	4,3	3,3	2,9	3,7	3,6	3,9
Mg (smälta)	% TS	0,18	0,19	0,18	0,17	0,16	0,16	0,14	0,17	0,14	0,13	0,16
MgO (smälta)	% TS	0,29	0,31	0,29	0,29	0,27	0,27	0,24	0,28	0,23	0,22	0,27
Mn (smälta)	% TS	0,0079	0,0078	-	0,0076	0,0075	0,0073	0,0058	0,0094	0,0067	0,0063	0,0074
MnO (smälta)	% TS	0,012	0,012	-	0,012	0,012	0,012	0,009	0,015	0,011	0,010	0,012
Na (smälta)	% TS	0,15	0,18	0,15	0,14	0,14	0,13	0,10	0,12	<0,081	<0,081	0,13 <sup>14</sup>
Na <sub>2</sub> O (smälta)	% TS	0,21	0,25	0,20	0,19	0,18	0,18	0,14	0,16	<0,11	<0,11	0,19 <sup>15</sup>
Ti (smälta)	% TS	0,110	0,110	0,091	0,094	0,081	0,076	0,076	0,140	0,071	0,067	0,092

13 Vid uträkning av medelvärden har <x mg/kg TS räknats som x mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

14 Vid uträkning av medelvärden har <x mg/kg TS räknats som x mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

15 Vid uträkning av medelvärden har <x mg/kg TS räknats som x mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

Analyserat ämne	Enhet	ÖF1	ÖF2	ÖF3	ÖF4	ÖF5	ÖF6	ÖF7	ÖF8	ÖF9	ÖF10	Medel
TiO <sub>2</sub> (smälta)	% TS	0,18	0,19	0,15	0,16	0,13	0,13	0,13	0,23	0,12	0,11	0,15
Summa oxider (smälta)	% TS	13	13	-	12	13	12	10	13	12	11	12
Ba (smälta)	mg/kg TS	180	180	160	170	120	120	100	150	120	140	140
Be (smälta)	mg/kg TS	<0,54	<0,54	<0,54	<0,54	0,54	<0,54	<0,54	<0,54	<0,54	<0,54	<0,55
Ce (smälta)	mg/kg TS	4,3	4,4	3,3	2,5	4,4	3,7	3,2	2,9	3,2	3,2	3,51
Dy (smälta)	mg/kg TS	0,28	0,29	0,22	0,17	0,28	0,25	0,20	0,21	0,20	0,20	0,23
Er (smälta)	mg/kg TS	0,16	0,16	0,13	0,10	0,16	0,15	0,11	0,12	0,12	0,11	0,13
Eu (smälta)	mg/kg TS	0,077	0,078	0,068	0,05	0,074	0,071	0,055	0,064	0,059	0,058	0,065
Gd (smälta)	mg/kg TS	0,39	0,40	0,31	0,23	0,37	0,33	0,27	0,27	0,26	0,27	0,31
Ga (smälta)	mg/kg TS	7,2	7,3	6,5	5,2	4,9	4,8	3,9	5,6	4,8	4,7	5,5
Ge (smälta)	mg/kg TS	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1
Hf (smälta)	mg/kg TS	0,42	0,61	0,52	0,37	0,54	0,53	0,48	0,47	0,45	0,45	0,48
Ho (smälta)	mg/kg TS	0,056	0,056	0,043	0,032	0,056	0,052	0,038	0,056	0,041	0,04	0,047
Cr (smälta)	mg/kg TS	14	15	16	15	15	13	13	13	15	14	14
La (smälta)	mg/kg TS	<5,4	<5,4	<5,4	<5,4	<5,3	<5,4	<5,4	<5,4	1,5	<5,4	<5,4
Lu (smälta)	mg/kg TS	0,023	0,023	0,018	0,014	0,024	0,022	0,017	0,018	0,017	0,017	0,019
Nd (smälta)	mg/kg TS	1,8	1,8	1,4	1,0	1,8	1,6	1,3	1,2	1,3	1,3	1,5
Nb (smälta)	mg/kg TS	0,68	1,1	0,98	0,72	1,1	1,1	0,85	0,98	0,9	0,89	0,93
Pr (smälta)	mg/kg TS	0,48	0,48	0,37	0,28	0,49	0,41	0,34	0,33	0,33	0,35	0,39
Rb (smälta)	mg/kg TS	<5,4	<5,4	5,4	<5,4	5,6	5,6	<5,4	<5,4	<5,4	<5,4	<5,7
Sm (smälta)	mg/kg TS	0,33	0,34	0,27	0,19	0,34	0,29	0,24	0,25	0,23	0,24	0,27
Sc (smälta)	mg/kg TS	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1
Sr (smälta)	mg/kg TS	130	120	100	100	72	67	66	100	63	61	88
Ta (smälta)	mg/kg TS	0,051	0,075	0,070	0,048	0,073	0,076	0,060	0,062	0,063	0,060	0,064
Sn (smälta)	mg/kg TS	<3,3	<3,3	<3,3	<3,3	5,8	7,6	4,3	9	<3,3	<3,3	4,65 <sup>16</sup>
Tb (smälta)	mg/kg TS	0,052	0,053	0,042	0,033	0,051	0,046	0,036	0,039	0,038	0,040	0,043
Th (smälta)	mg/kg TS	0,36	0,49	0,39	0,28	0,60	0,50	0,42	0,39	0,41	0,44	0,43
Tm (smälta)	mg/kg TS	0,023	0,023	0,018	0,014	0,023	0,021	0,017	0,016	0,016	0,016	0,019
U (smälta)	mg/kg TS	1,5	1,6	1,1	0,8	1,1	1,1	1,8	3,0	1,3	1,3	1,46
V (smälta)	mg/kg TS	<11	<11	<11	<11	<11	<11	<11	<11	<11	<11	<11
W (smälta)	mg/kg TS	0,94	1,00	0,70	0,46	0,69	0,62	0,52	0,64	0,68	0,73	0,70
Yb (smälta)	mg/kg TS	0,16	0,16	0,13	0,099	0,16	0,16	0,12	0,13	0,13	0,13	0,14
Y (smälta)	mg/kg TS	1,8	1,8	1,5	1,6	1,7	1,6	1,2	1,2	1,2	1,2	1,5
Zr (smälta)	mg/kg TS	19	27	28	29	23	22	20	22	18	18	23
LOI (%)	%	88	87	88	89	87	88	90	87	88	65	86
As	mg/kg TS	1,6	1,8	1,1	1,1	4,7	4,2	2,4	5,2	1,9	2,3	2,6
Pb	mg/kg TS	11	12	11	12	15	12	9,8	16	13	13	12
B	mg/kg TS	6,8	7,4	6,9	7,2	7,1	5,0	< 4,8	5,4	< 4,9	< 4,9	6,0 <sup>17</sup>
Cs	mg/kg TS	0,28	0,29	0,31	0,35	0,27	0,28	0,21	0,21	0,19	0,18	0,26
P	mg/kg TS	8 000	7 900	6 800	6 800	5 700	5 500	4 900	11 000	7 200	6 600	7 100
In	mg/kg TS	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11
Cd	mg/kg TS	0,77	0,81	0,51	0,61	0,80	0,77	0,76	1,3	1,6	1,4	0,93
K	mg/kg TS	1100	1 100	930	930	910	950	890	1 100	890	890	969
Cu	mg/kg TS	280	290	370	380	520	520	510	790	510	490	466
Cr	mg/kg TS	9,0	9,6	8,2	8,0	8,7	9,1	8,1	9,3	9,6	8,8	8,8
Hg	mg/kg TS	0,15	0,28	0,24	0,24	0,17	0,18	0,17	0,21	0,17	0,18	0,20
Li	mg/kg TS	< 4,9	< 4,9	< 4,9	< 4,9	< 4,8	< 4,8	< 4,8	< 4,8	< 4,9	< 4,9	< 4,9
Ni	mg/kg TS	9,3	9,1	9,3	9,0	9,4	10,0	8,7	11,0	10,0	8,8	9,5
Ag	mg/kg TS	1,2	1,5	1,2	1	1,4	1,5	< 0,96	1,7	0,98	1,1	1,3 <sup>18</sup>

16 Vid uträkning av medelvärden har <x mg/kg TS räknats som x mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

17 Vid uträkning av medelvärden har <x mg/kg TS räknats som x mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

18 Vid uträkning av medelvärden har <x mg/kg TS räknats som x mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

Analyserat ämne	Enhet	ÖF1	ÖF2	ÖF3	ÖF4	ÖF5	ÖF6	ÖF7	ÖF8	ÖF9	ÖF10	Medel
S	mg/kg TS	6 400	6 400	6 400	4 900	5 500	5 400	5 800	8 000	6 000	5 800	6 100
Tl	mg/kg TS	< 0,49	< 0,49	< 0,49	< 0,49	< 0,48	< 0,48	< 0,48	< 0,49	< 0,49	< 0,49	< 0,49
Sn	mg/kg TS	0,75	0,87	0,58	0,58	0,73	0,95	0,87	1,00	0,89	0,60	0,78
Bi	mg/kg TS	10	10	4,3	4,6	3,6	3,5	5,4	4	5,9	6,1	5,7
Zn	mg/kg TS	700	690	570	580	610	580	630	1 100	830	840	710

Tabell 29. Analysvärden på slam från slamavskiljare. Värdena har ursprungligen angivits i massa per volymenhet och har räknats om till massa per massa torrsubstans med hjälp av TS-halten i g/l (exempel, värden angivna i mg/l har räknats om till mg/kg TS).

Analyserat ämne	Enhet	VT1	VT2	VT3	VT4	VT5	VT6	Medel
Torrsubstans	%	0,97	0,77	0,61	0,43	0,72	0,33	0,64
Glödrest	% TS	13	13	20	16	15	15	15
Glöd-förlust	% TS	87	86	82	84	85	85	85
pH		6,7	7,1	7,0	6,5	6,8	6,9	6,8
Temp (pH-mät)	(°C)	22	22	22	22	20	21	21
NH <sub>4</sub> -N	mg/kg TS	11 000	11 000	25 000	22 000	12 000	39 000	20 000
BOD <sub>7</sub>	mg/kg TS	580 000	350 000	770 000	740 000	490 000	880 000	630 000
P	mg/kg TS	8 400	5 600	8 500	7 700	6 300	12 000	8 000
N	mg/kg TS	15 000	17 000	31 000	33 000	18 000	61 000	29 000
Na	mg/kg TS	13 000	13 000	16 000	17 000	11 000	29 000	17 000
K	mg/kg TS	5 100	6 400	8 900	9 500	5 000	14 000	8 100
Ca	mg/kg TS	23 000	29 000	25 000	21 000	29 000	36 000	27 000
Fe	mg/kg TS	1 237	1 429	1 590	1 395	1 375	2 273	1 550
Mg	mg/kg TS	2 900	2 900	3 000	3 000	2 500	6 100	3 400
Mn	mg/kg TS	130	83	140	81	76	160	110
Al	mg/kg TS	8 600	4 400	4 400	1 700	1 300	3 300	3 900
Sb	mg/kg TS	0,58	0,60	0,74	0,72	1,4	1,2	0,88
As	mg/kg TS	0,81	1,2	1,3	0,81	1,9	1,7	1,3
Ba	mg/kg TS	64	62	61	53	120	94	76
Be	mg/kg TS	0,064	0,20	0,20	<0,12	0,22	0,28	0,18 <sup>19</sup>
Pb	mg/kg TS	7,9	13	11	11	14	36	15
B	mg/kg TS	8,4	7,8	9,7	44	7,8	36	19
Dy	mg/kg TS	0,23	0,55	0,59	0,19	0,39	0,70	0,44
Er	mg/kg TS	0,14	0,39	0,39	0,13	0,24	0,45	0,29
Eu	mg/kg TS	0,061	0,096	0,10	0,040	0,092	0,13	0,086
Gd	mg/kg TS	0,37	0,74	0,80	0,28	0,61	0,97	0,63
Ga	mg/kg TS	4,9	4,4	4,1	2,0	4,4	3,6	3,9
Ge	mg/kg TS	0,057	0,066	0,080	0,042	0,17	0,13	0,090
Au	mg/kg TS	0,73	0,58	<0,16	<0,23	1,0	0,55	0,54 <sup>20</sup>
Hf	mg/kg TS	<0,1	<0,13	<0,16	<0,23	<0,14	<0,3	<0,3
Ho	mg/kg TS	0,046	0,12	0,13	0,037	0,079	0,15	0,093
In	mg/kg TS	<0,01	<0,013	<0,016	<0,023	<0,014	<0,03	<0,03
Ir	mg/kg TS	<0,1	<0,13	<0,16	<0,23	<0,14	<0,3	<0,3
Cd	mg/kg TS	0,54	0,58	0,62	0,40	0,79	0,61	0,59
Si	mg/kg TS	5 600	4 900	3 900	3 300	4 900	5 500	4 700
Co	mg/kg TS	0,82	0,78	1,2	1,3	1,0	1,8	1,1
Cu	mg/kg TS	510	780	380	630	1 200	420	640
Cr	mg/kg TS	11,3	7,4	4,8	4,0	9,9	12,1	8,2
Hg	mg/kg TS	0,046	0,22	0,087	0,093	0,058	0,070	0,096
La	mg/kg TS	2,2	3,1	3,4	1,4	4,4	6,1	3,4

19 Vid uträkning av medelvärden har <0,12 mg/kg TS räknats som 0,12 mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

20 Vid uträkning av medelvärden har <x mg/kg TS räknats som x mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

Analyserat ämne	Enhet	VT1	VT2	VT3	VT4	VT5	VT6	Medel
Li	mg/kg TS	<5,2	<6,5	<8,2	<11,6	<6,9	<15,2	<15,2
Lu	mg/kg TS	0,022	0,079	0,070	<0,023	0,039	0,076	0,052 <sup>21</sup>
Mo	mg/kg TS	4,8	2,9	7,7	3,5	13	13	7,6
Nd	mg/kg TS	2,0	3,5	4,1	1,3	3,5	4,5	3,2
Ni	mg/kg TS	6,8	7,7	8,4	6,7	10	11	8,4
Nb	mg/kg TS	0,11	0,17	0,10	0,12	0,14	0,15	0,13
Pd	mg/kg TS	<0,1	<0,13	<0,16	<0,23	<0,14	<0,3	<0,3
Pt	mg/kg TS	<0,1	<0,13	<0,16	<0,23	<0,14	<0,3	<0,3
Pr	mg/kg TS	0,47	0,87	0,97	0,33	0,92	1,2	0,79
Sm	mg/kg TS	0,31	0,71	0,74	0,22	0,54	0,82	0,56
Se	mg/kg TS	0,58	0,70	0,74	<0,70	1,0	5,5	1,5 <sup>22</sup>
Ag	mg/kg TS	0,90	1,8	0,41	0,26	1,2	0,30	0,81
Sr	mg/kg TS	72	64	67	42	94	88	71
S	mg/kg TS	5 500	5 100	5 700	5 800	6 400	11 000	6 600
Tl	mg/kg TS	0,038	0,025	0,051	0,044	0,051	0,048	0,043
Ta	mg/kg TS	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01	<0,03	<0,03
Te	mg/kg TS	<0,1	<0,13	<0,16	<0,23	<0,14	<0,3	<0,3
Sn	mg/kg TS	3,8	2,9	2,6	7,9	6,8	4,8	4,8
Tb	mg/kg TS	0,041	0,10	0,10	0,030	0,074	0,12	0,079
Ti	mg/kg TS	27	34	23	30	31	52	33
Th	mg/kg TS	0,033	0,11	0,041	0,12	0,097	0,091	0,082
Tm	mg/kg TS	0,019	0,064	0,061	<0,023	0,032	0,061	0,043 <sup>23</sup>
U	mg/kg TS	0,71	0,57	4,4	0,53	3,9	1,4	1,9
V	mg/kg TS	2,1	1,7	2,0	1,7	2,8	2,5	2,1
W	mg/kg TS	0,86	0,48	1,4	0,49	0,96	0,76	0,83
Yb	mg/kg TS	0,13	0,47	0,43	0,13	0,26	0,45	0,31
Y	mg/kg TS	1,8	3,6	4,4	1,6	3,2	5,2	3,3
Zn	mg/kg TS	830	650	800	610	930	1 400	860
Zr	mg/kg TS	2,2	1,9	3,6	2,0	2,5	3,3	2,6
Ce	mg/kg TS	3,8	4,2	3,6	2,3	4,6	5,8	4,0
Cs	mg/kg TS	0,085	0,12	0,13	0,079	0,081	0,19	0,11
Re	mg/kg TS	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01	<0,03	<0,03
Rh	mg/kg TS	<0,1	<0,13	<0,16	<0,23	<0,14	<0,3	<0,3
Rb	mg/kg TS	6,7	8,6	11	10	5,7	17	9,9
Ru	mg/kg TS	<0,1	<0,13	<0,16	<0,23	<0,14	<0,3	<0,3
Sc	mg/kg TS	4,7	4,3	3,1	1,6	2,4	3,3	3,2
Bi	mg/kg TS	2,3	5,5	2,3	0,8	14	3,6	4,7

21 Vid uträkning av medelvärden har <0,023 mg/kg TS räknats som 0,023 mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

22 Vid uträkning av medelvärden har <0,70 mg/kg TS räknats som 0,70 mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

23 Vid uträkning av medelvärden har <0,023 mg/kg TS räknats som 0,023 mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.



Tabell 30. Analysvärden på klosettvattnen från slutna tankar. Värdena har ursprungligen angivits i massa per volymenhet och har räknats om till massa per massa torrs substans med hjälp av TS-halten i g/l (exempel, värden angivna i mg/l har räknats om till mg/kg TS). ”-” betyder att värde saknas.

Analyserade ämnen	Enhet	VS1	VS2	VS3	VS4	VS5	VS6	Medel
Torrsubstans	%	0,25	0,23	0,23	0,28	0,30	0,32	0,27
Glödrest	% TS	44	40	38	43	43	31	40
Glöd-förlust	% TS	56	61	61	61	57	69	61
pH		7,5	8,0	7,9	7,7	7,7	6,9	7,6
Temp (pH-mät)	(°C)	22	-	20	22	22	22	22
NH <sub>4</sub> -N	mg/kg TS	150 000	230 000	130 000	280 000	290 000	110 000	200 000
BOD <sub>7</sub>	mg/kg TS	440 000	330 000	360 000	500 000	430 000	810 000	480 000
P	mg/kg TS	25 000	28 000	17 000	33 000	30 000	22 000	26 000
N	mg/kg TS	180 000	350 000	150 000	270 000	370 000	120 000	240 000
Na	mg/kg TS	76 000	87 000	70 000	75 000	87 000	56 000	75 000
K	mg/kg TS	52 000	52 000	43 000	64 000	83 000	44 000	56 000
Ca	mg/kg TS	27 000	35 000	30 000	33 000	25 000	24 000	29 000
Fe	mg/kg TS	1 300	670	2 000	1 500	400	630	1 100
Mg	mg/kg TS	8 800	9 100	9 100	5 400	7 300	7 500	7 900
Mn	mg/kg TS	280	83	150	120	90	190	150
Al	mg/kg TS	14 000	610	3 100	1 000	230	590	3 300
Sb	mg/kg TS	0,48	<0,43	0,65	<0,36	<0,33	<0,31	<0,66
As	mg/kg TS	1,5	0,74	1,9	1,7	1,5	1,6	1,5
Ba	mg/kg TS	96	35	300	100	32	38	100
Be	mg/kg TS	<0,2	<0,22	<0,22	<0,18	<0,17	<0,16	<0,22
Pb	mg/kg TS	7,2	5,7	7,4	5,0	1,3	5,6	5,4
B	mg/kg TS	22	31	39	39	43	120	49
Dy	mg/kg TS	0,440	0,140	0,360	0,130	0,093	0,050	0,21
Er	mg/kg TS	0,26	0,083	0,18	0,071	0,053	0,034	0,12
Eu	mg/kg TS	0,11	<0,043	0,13	0,036	<0,033	<0,031	<0,14
Gd	mg/kg TS	0,72	0,24	0,57	0,21	0,16	0,12	0,34
Ga	mg/kg TS	6,8	1,9	15	3,4	1,1	1,3	4,9
Ge	mg/kg TS	0,048	<0,043	0,078	0,075	<0,033	<0,031	<0,078
Au	mg/kg TS	<0,4	<0,43	<0,43	<0,36	<0,33	<0,31	<0,43
Hf	mg/kg TS	<0,4	<0,43	<0,43	<0,36	<0,33	<0,31	<0,43
Ho	mg/kg TS	0,084	<0,043	0,065	<0,036	<0,033	<0,031	<0,066
In	mg/kg TS	<0,04	<0,043	<0,043	0,064	<0,033	<0,031	<0,065
Ir	mg/kg TS	<0,4	<0,43	<0,43	<0,36	<0,33	<0,31	<0,43
Cd	mg/kg TS	0,48	0,23	0,39	0,31	0,24	0,27	0,32
Si	mg/kg TS	8 400	5 200	7 400	6 100	3 200	3 100	5 600
Co	mg/kg TS	0,80	0,48	1,13	0,96	<0,33	0,41	0,68 <sup>24</sup>
Cu	mg/kg TS	140	170	210	200	60	75	140
Cr	mg/kg TS	3,3	1,5	3,4	2,8	0,8	1,5	2,2
Hg	mg/kg TS	0,28	<0,0435	<0,0435	<0,0357	<0,0333	0,088	<0,089
La	mg/kg TS	4,4	1,3	4,1	1,3	0,97	0,59	2,1
Li	mg/kg TS	<20	<22	<22	<18	<17	<16	<22
Lu	mg/kg TS	<0,04	<0,043	<0,043	<0,036	<0,033	<0,031	<0,043
Mo	mg/kg TS	3,2	2,6	4,1	3,9	3,3	2,6	3,3
Nd	mg/kg TS	4,4	1,39	3,1	1,1	0,90	0,44	1,9
Ni	mg/kg TS	5,2	7,0	8,7	5,0	4,0	2,9	5,5
Nb	mg/kg TS	0,044	<0,043	0,29	0,071	<0,033	<0,031	<0,044
Pd	mg/kg TS	<0,4	<0,43	<0,43	<0,36	<0,33	<0,31	<0,44
Pt	mg/kg TS	<0,4	<0,43	<0,43	<0,36	<0,33	<0,31	<0,44
Pr	mg/kg TS	1,04	0,33	0,83	0,29	0,23	0,11	0,47
Sm	mg/kg TS	0,68	0,20	0,52	0,20	0,16	0,08	0,30

24 Vid uträkning av medelvärden har <0,33 mg/kg TS räknats som 0,33 mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

Analyserade ämnen	Enhet	VS1	VS2	VS3	VS4	VS5	VS6	Medel
Se	mg/kg TS	<1,2	<1,3	<1,3	1,2	<1	<0,94	<1,19
Ag	mg/kg TS	<0,2	<0,217	<0,217	0,50	<0,167	<0,156	<0,51
Sr	mg/kg TS	72	83	91	64	40	66	69
S	mg/kg TS	10 000	18 000	14 000	15 000	17 000	7 200	13 000
Tl	mg/kg TS	<0,04	<0,043	<0,043	<0,036	<0,033	<0,031	<0,043
Ta	mg/kg TS	<0,04	<0,043	<0,043	<0,036	<0,033	<0,031	<0,043
Te	mg/kg TS	<0,4	<0,43	<0,43	<0,36	<0,33	<0,31	<0,43
Sn	mg/kg TS	1,6	2,5	9,1	3,0	23	1,5	6,7
Tb	mg/kg TS	0,084	<0,043	0,065	<0,036	<0,033	<0,031	<0,085
Ti	mg/kg TS	<20	<22	83	30	<17	<16	<84
Th	mg/kg TS	<0,04	<0,043	<0,043	<0,036	<0,033	<0,031	<0,043
Tm	mg/kg TS	<0,04	<0,043	<0,043	<0,036	<0,033	<0,031	<0,043
U	mg/kg TS	1,2	0,14	0,87	0,34	0,067	1,7	0,71
V	mg/kg TS	1,8	0,61	4,0	1,6	0,21	1,3	1,6
W	mg/kg TS	0,56	<0,43	0,57	<0,36	<0,33	<0,31	<0,57
Yb	mg/kg TS	0,24	0,10	0,19	0,068	0,040	<0,031	0,11 <sup>25</sup>
Y	mg/kg TS	3,3	1,0	2,0	0,93	0,67	0,41	1,4
Zn	mg/kg TS	350	390	520	430	430	300	400
Zr	mg/kg TS	<0,4	<0,43	<0,43	<0,36	<0,33	<0,31	<0,43
Ce	mg/kg TS	4,4	1,6	6,1	2,4	0,77	0,88	2,7
Cs	mg/kg TS	0,20	0,19	0,29	0,23	0,93	0,23	0,34
Re	mg/kg TS	<0,04	<0,043	<0,043	<0,036	<0,033	<0,031	<0,043
Rh	mg/kg TS	<0,4	<0,43	<0,43	<0,36	<0,33	<0,31	<0,43
Rb	mg/kg TS	48	57	41	68	93	47	59
Ru	mg/kg TS	<0,4	<0,43	<0,43	<0,36	<0,33	<0,31	<0,43
Sc	mg/kg TS	4,0	3,0	4,8	2,2	<1,67	<1,56	2,9 <sup>26</sup>
Bi	mg/kg TS	1,8	<0,43	2,0	0,46	<0,33	0,38	0,90 <sup>27</sup>

25 Vid uträkning av medelvärden har <0,031 mg/kg TS räknats som 0,031 mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

26 Vid uträkning av medelvärden har <x mg/kg TS räknats som x mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

27 Vid uträkning av medelvärden har <x mg/kg TS räknats som x mg/kg TS för att inte underskatta medelvärdet.

## BILAGA 3

I figur 31–41 visas analysvärdena för totalfosfor, totalkväve, kadmium, bly, nickel, koppar, zink, kvicksilver, krom, silver och antimon i mg/l.

Tabell 31. Fosforhalter från studien i mg/l. Pga brister i leveransen har två av tio prov på Blandade fraktioner från små avloppsanläggningar, rejektivatten och fastfas uteslutits ur studien. Dessa inkom till labbet efter längre tid än inom ett dygn varpå analysresultaten bedömdes som osäkra. Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Blandade fraktioner från små avlopps- anläggningar	P (mg/l)				Klosett- vatten, sluten tank
	Rejektivatten	Fastfas		Slamavskiljarslam	
		smälta	HNO <sub>3</sub>		
66	19	1 400	1 400	81	63
58	18	1 400	1 300	43	64
83	28	1 000	1 000	52	40
67	27	1 000	980	33	93
53	29	890	810	45	91
51	27	1 700	1 900	38	70
55	19	1 200	1 300		
56	22	1 000	1 100		
<b>61</b>	<b>24</b>	<b>1 200</b>	<b>1 200</b>	<b>49</b>	<b>70</b>

Tabell 32. Kvävehalter från studien i mg/l. P.g.a. brister i leveransen har två av tio prov på Blandade fraktioner från små avloppsanläggningar, rejektivatten och fastfas uteslutits ur studien. Dessa inkom till labbet efter längre tid än inom ett dygn varpå analysresultaten bedömdes som osäkra. Kväve för fastfas har analyserats med Kjeldahl-metoden. Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Blandade fraktioner från små avlopps- anläggningar	N (mg/l)			
	Rejektivatten	Fastfas	Slamavskiljarslam	Klosett- vatten, sluten tank
230	190	5 900	150	440
620	180	5 200	130	810
250	140	4 800	190	340
230	130	5 000	140	750
200	150	4 800	130	1 100
260	130	8 100	200	370
220	84	4 900		
210	97	4 200		
<b>280</b>	<b>140</b>	<b>5 400</b>	<b>160</b>	<b>640</b>

Tabell 33. Kadmiumhalter från studien i mg/l. Kadmium för fastfas har analyserats med HNO<sub>3</sub>-extraktion. Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).\*Vid beräkning av medelvärdet för rejektivatten har ”mindre än”-värdena uppskattats som högsta möjliga värde för att inte underskatta medelvärdet.

Cd (mg/l)				
Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar	Rejektivatten	Fastfas	Slamavskiljarlam	Klosettatten, sluten tank
0,0069	< 0,00010	0,13	0,0052	0,0012
0,0027	< 0,00010	0,13	0,0045	0,00053
0,0041	< 0,00010	0,074	0,0038	0,00089
0,0051	< 0,00010	0,11	0,0017	0,00086
0,0076	0,00012	0,14	0,0057	0,00073
0,0064	0,00011	0,14	0,0020	0,00086
0,0046	0,00032	0,13		
0,0049	0,00028	0,22		
0,010	0,00024	0,29		
0,012	0,00030	0,24		
<b>0,0064</b>	<b>0,00018*</b>	<b>0,16</b>	<b>0,0038</b>	<b>0,00085</b>

Tabell 34. Blyhalter från studien i mg/l. Bly för fastfas har analyserats med HNO<sub>3</sub>-extraktion. Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Pb (mg/l)				
Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar	Rejektivatten	Fastfas	Slamavskiljarlam	Klosettatten, sluten tank
0,11	0,00069	1,9	0,077	0,018
0,031	0,0010	2,0	0,1	0,013
0,094	0,0011	1,6	0,064	0,017
0,089	0,0010	2,1	0,047	0,014
0,17	0,0024	2,7	0,10	0,0038
0,13	0,0017	2,1	0,12	0,018
0,068	0,0053	1,6		
0,065	0,0031	2,8		
0,10	0,0024	2,4		
0,11	0,0033	2,3		
<b>0,097</b>	<b>0,0022</b>	<b>2,1</b>	<b>0,085</b>	<b>0,014</b>

Tabell 35. Nickelhalter från studien i mg/l. Nickel för fastfas har analyserats med HNO<sub>3</sub>-extraktion. Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Ni (mg/l)				
Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar	Rejektvatten	Fastfas	Slamavskiljarslam	Klosettva- tten, sluten tank
0,079	0,0067	1,6	0,066	0,013
0,029	0,0056	1,5	0,059	0,016
0,080	0,0067	1,4	0,051	0,020
0,069	0,0056	1,6	0,029	0,014
0,098	0,0081	1,7	0,074	0,012
0,077	0,0071	1,8	0,035	0,0092
0,046	0,0088	1,4		
0,043	0,0064	1,9		
0,057	0,0063	1,8		
0,061	0,0087	1,5		
<b>0,064</b>	<b>0,0070</b>	<b>1,6</b>	<b>0,052</b>	<b>0,014</b>

Tabell 36. Kopparhalter från studien i mg/l. Koppar för fastfas har analyserats med HNO<sub>3</sub>-extraktion. Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Cu (mg/l)				
Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar	Rejektvatten	Fastfas	Slamavskiljarslam	Klosettva- tten, sluten tank
2,2	0,0092	48	4,9	0,34
0,91	0,023	47	6,0	0,40
3,1	0,037	54	2,3	0,49
3,1	0,025	65	2,7	0,55
6,8	0,074	93	8,3	0,18
4,7	0,043	93	1,4	0,24
2,5	0,24	84		
2,5	0,16	140		
3,8	0,083	93		
3,4	0,069	85		
<b>3,3</b>	<b>0,076</b>	<b>80</b>	<b>4,3</b>	<b>0,37</b>

Tabell 37. Zinkhalter från studien i mg/l. Zink för fastfas har analyserats med HNO<sub>3</sub>-extraktion. Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Zn (mg/l)				
Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar	Rejektvatten	Fastfas	Slamavskiljarslam	Klosettwater, sluten tank
7,0	0,027	120	8,0	0,87
2,9	0,082	110	5,0	0,89
4,9	0,067	83	4,9	1,2
4,7	0,051	100	2,6	1,2
8,1	0,17	110	6,7	1,3
6,0	0,13	100	4,5	0,97
4,1	0,43	100		
4,0	0,29	190		
6,2	0,14	150		
5,7	0,12	150		
<b>5,4</b>	<b>0,15</b>	<b>120</b>	<b>5,3</b>	<b>1,1</b>

Tabell 38. Kvicksilverhalter från studien i mg/l. Kvicksilver för fastfas har analyserats med HNO<sub>3</sub>-extraktion. \* Vid beräkning av medelvärdet för Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar har "mindre än"-värdet uppskattats som högsta möjliga värde för att inte underskatta medelvärdet. Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Hg (mg/l)				
Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar	Rejektvatten	Fastfas	Slamavskiljarslam	Klosettwater, sluten tank
0,0011	< 0,00010	0,026	0,00045	0,00069
0,00084	< 0,00010	0,046	0,0017	< 0,00010
0,0033	< 0,00010	0,035	0,00053	< 0,00010
0,0050	< 0,00010	0,041	0,00040	< 0,00010
0,0012	< 0,00010	0,030	0,00042	< 0,00010
0,0013	< 0,00010	0,032	0,00023	0,00028
0,00085	< 0,00010	0,028		
0,00076	< 0,00010	0,036		
0,0012	< 0,00010	0,031		
<0,00010	< 0,00010	0,031		
<b>0,0016*</b>	<b>&lt; 0,00010</b>	<b>0,034</b>	<b>0,00062</b>	<b>&lt; 0,00070</b>

Tabell 39. Kromhalter från studien i mg/l. Krom har analyserats med två olika metoder av laboratoriet, och resultaten från båda metoderna ("LiBO<sub>2</sub>-smälta" och "HNO<sub>3</sub>-extraktion") redovisas. LiBO<sub>2</sub>-smälta anses vara den bästa metoden enligt Eriksson (2009). Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar	Cr (mg/l)				
	Rejektvatten	Fastfas		Slamavskiljarlam	Klosettva- tten, sluten tank
		smälta	HNO <sub>3</sub>		
0,078	0,0013	2,4	1,6	0,11	0,0083
0,022	0,0016	2,5	1,6	0,057	0,0034
0,085	0,0027	2,3	1,2	0,029	0,0079
0,084	0,0018	2,6	1,4	0,017	0,0078
0,093	0,0037	2,7	1,6	0,071	0,0023
0,059	0,0037	2,3	1,6	0,040	0,0047
0,040	0,0042	2,1	1,3		
0,031	0,0027	2,2	1,6		
0,050	0,0037	2,7	1,8		
0,057	0,0084	2,4	1,5		
<b>0,060</b>	<b>0,0034</b>	<b>2,4</b>	<b>1,5</b>	<b>0,054</b>	<b>0,0057</b>

Tabell 40. Silverhalter från studien i mg/l. Silver för fastfas har analyserats med kungsvatten och HNO<sub>3</sub>-extraktion. Enbart värden från analys med kungsvatten redovisas eftersom denna metod anses mest lämplig för analys av silver enligt Eriksson (2009). Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Blandade fraktioner från små avlopps-anläggningar	Ag (mg/l)			
	Rejektvatten	Fastfas	Slamavskiljarlam	Klosettva- tten, sluten tank
0,0085	< 0,00050	0,24	0,0087	< 0,00050
0,0024	< 0,00050	0,25	0,014	< 0,00050
0,0067	< 0,00050	0,18	0,0025	< 0,00050
0,0091	< 0,00050	0,22	0,0011	0,0014
0,014	< 0,00050	0,29	0,0084	< 0,00050
0,0094	< 0,00050	0,27	0,00098	< 0,00050
0,0064	0,00062	0,26		
0,0051	< 0,00050	0,29		
0,0051	< 0,00050	0,38		
0,008	< 0,00050	0,24		
<b>0,0075</b>	<b>&lt; 0,00063</b>	<b>0,26</b>	<b>0,0059</b>	<b>&lt; 0,0015</b>

Tabell 41. Antimonhalter från studien i mg/l. Antimon för fastfas har analyserats med kungsvatten. Medelvärdet redovisas längst ner i tabellen (i fet och kursiv stil).

Blandade fraktioner från små avlopps- anläggningar	Sb (mg/l)			
	Rejektvatten	Fastfas	Slamavskiljarslam	Klosettwater, sluten tank
0,011	< 0,0010	< 0,68	0,0056	0,0012
0,0032	< 0,0010	< 0,64	0,0046	< 0,0010
0,0063	< 0,0010	< 0,57	0,0045	0,0015
0,0068	< 0,0010	< 0,68	0,0031	< 0,0010
0,015	< 0,0010	< 0,70	0,010	< 0,0010
0,010	< 0,0010	< 0,70	0,0041	< 0,0010
0,0082	< 0,0010	< 0,65		
0,0081	< 0,0010	< 0,68		
0,0076	< 0,0010	< 0,72		
0,0087	< 0,0010	< 0,68		
<b>0,0085</b>	<b>&lt; 0,0010</b>	<b>&lt; 0,72</b>	<b>0,0053</b>	<b>&lt; 0,0016</b>



## BILAGA 4

Beräkning av volym hos rejektivatten och fast fas

Volymen hos rejektivattnet och fastfasen har beräknats genom följande två antaganden:

- Den totala massan av blandade fraktioner från små avloppsanläggningar innan avvattning är lika med summan av massan av rejektivattnet och den fasta fasen
- Den totala massan av torrsubstansen hos blandade fraktioner från små avloppsanläggningar innan avvattning är lika med summan av massan av torrsubstansen hos rejektivattnet och den fasta fasen.

Genom definitionerna:

$m_b$  = massan hos blandade fraktioner i kg

$m_r$  = massan hos rejektivattnet i kg

$m_f$  = massan hos fast fas i kg

$TS_b$  = andelen torrsubstans i blandade fraktioner i % (massprocent)

$TS_r$  = andelen torrsubstans i rejektivattnet i %

$TS_f$  = andelen torrsubstans i den fasta fasen i %

Kan följande ekvationer ställas upp:

$$\begin{cases} m_b = m_r + m_f \\ m_b 100 TS_b = m_r 100 TS_r + m_f 100 TS_f \end{cases} \Leftrightarrow$$
$$\Leftrightarrow \begin{cases} m_f = m_b - m_r \\ m_r 100 TS_r = m_b 100 TS_b - m_f 100 TS_f \end{cases}$$

Detta medför att följande ekvation kan fås:

$$m_r 100 TS_r = m_b 100 TS_b - (m_b - m_r) 100 TS_f \Leftrightarrow$$
$$\Leftrightarrow m_r (100 TS_r - 100 TS_b) = m_b (100 TS_b - 100 TS_f) \xrightarrow{\text{dividera båda led med 100}}$$
$$\Leftrightarrow m_r (TS_r - TS_b) = m_b (TS_b - TS_f) \Leftrightarrow m_r = m_b \left( \frac{TS_b - TS_f}{TS_r - TS_b} \right)$$

På samma sätt fås:  $m_f = m_b \left( \frac{TS_b - TS_r}{TS_f - TS_r} \right)$

Massan hos varje fraktion är lika med volymen ( $V$  i  $m^3$ ) multiplicerat med volymvikten ( $w$  i  $kg/m^3$ ). Volymvikten hos blandande fraktioner och rejektvatten kan antas vara lika med  $1000 kg/m^3$  på grund av den höga vattenhalten hos fraktionerna. För den fasta fasen har laboratoriet utfört mätningar av volymvikten.

$$m_r = m_b \left( \frac{TS_b - TS_f}{TS_r - TS_f} \right) \Leftrightarrow V_r w_r = V_b w_b \left( \frac{TS_b - TS_f}{TS_r - TS_f} \right) \xrightarrow{w_r \approx 1, w_f \approx 1}$$

$$\Rightarrow V_r = V_b \left( \frac{TS_b - TS_f}{TS_r - TS_f} \right)$$

$$m_f = m_b \left( \frac{TS_b - TS_r}{TS_f - TS_r} \right) \Leftrightarrow V_f w_f = V_b w_b \left( \frac{TS_b - TS_r}{TS_f - TS_r} \right) \xrightarrow{w_f \approx 1}$$

$$\Rightarrow V_f = \frac{V_b}{w_f} \left( \frac{TS_b - TS_r}{TS_f - TS_r} \right)$$

Utifrån detta kan volymerna på rejektvatten och fastfas erhållas.

## RAPPORTER FRÅN AVFALL SVERIGE 2016

- 2016:01 Trender för avfallsanläggningar med deponi. Statistik 2008-2014
- 2016:02 Uppföljning av tekniker för ökad växtnäringskoncentration i biogödsel
- 2016:03 Insamling av matavfall i flerbostadshus.  
Goda exempel från kommuner och allmännyttiga bostadsföretag
- 2016:04 Kritisk utvärdering av metoder för faroklassificering av avfalls  
ekotoxiska egenskaper (HP14)
- 2016:05 Metodjämförelse av dioxinprovtagning SRM-AMESA
- 2016:06 Omvärldsbevakning deponering/avfallsanläggningar. Studieresa Tyskland 2014
- 2016:07 Hållbart kretslopp av små avlopp
- 2016:08 Handbok för tillämpning av SS-EN 14181, utgåva 2,  
Kvalitetssäkring av automatiska mätsystem
- 2016:09 Råd och tips vid utbrott av salmonella på biogasanläggningar  
- Erfarenheter från en drabbad anläggning
- 2016:10 Långväga transport av avfallsbränsle. Kunskaper och erfarenheter
- 2016:11 Luftade dammar. Optimerat utnyttjande av befintliga resurser för  
lakvattenbehandling vid deponier
- 2016:12 Tömning av slamavskiljare. Jämförande studie av heltömning,  
mobil avvattning och deltömning
- 2016:13 Kapacitetsutredning 2016 – Avfallsförbränning och avfallsmängder till år 2020
- 2016:14 Luftning av biogödsel för att reducera metanemissionerna
- 2016:15 Validering av hygieniseringsmetod för torrötning. Förstudie
- 2016:16 Biogas upgradering – Technical Review
- 2016:17 Handbok metanmätningar. Revidering 2016
- 2016:18 Rapportering av data från metanmätningar enligt  
Egenkontroll metanutsläpp – frivilligt åtagande 2007-2015
- 2016:19 Avfallsförebyggande arbete i kommunala avfallsplaner
- 2016:20 Avvattning av slam från små avloppsanläggningar – kvalitet och avsättning

*Avfall Sverige är expertorganisationen inom avfallshantering och återvinning. Det är Avfall Sveriges medlemmar som ser till att avfall tas om hand och återvinns i alla landets kommuner. Vi gör det på samhällets uppdrag: miljösäkert, hållbart och långsiktigt. Vår vision är "Det finns inget avfall". Vi verkar för att förebygga att avfall uppstår och att mer återanvänds. Kommunerna och deras bolag är motorn och garanten för denna omställning.*



Avfall Sverige Utveckling 2016:20

ISSN 1103-4092

©Avfall Sverige AB

Adress Prostgatan 2, 211 25 Malmö  
Telefon 040-35 66 00  
Fax 040-35 66 26  
E-post [info@avfallsverige.se](mailto:info@avfallsverige.se)  
Hemsida [www.avfallsverige.se](http://www.avfallsverige.se)