

*Halter av 61 spårelement i
avlopps slam, stallgödsel,
handelsgödsel, nederbörd
samt i jord och gröda*

Författare: Jan Eriksson,
Institutionen för markvetenskap
Sveriges lantbruksuniversitet

*Halter av 61 spårelement i
avloppsslam, stallgödsel, handelsgödsel,
nederbörd samt i jord och gröda*

Föfattare: Jan Eriksson,
Institutionen för markvetenskap
Sveriges lantbruksuniversitet

Beställningsadress
Naturvårdsverket
Kundtjänst
SE-106 48 Stockholm, Sweden
Tfn: 08-698 12 00
Fax: 08-698 15 15
Internet-hemsida: www.environ.se
Miljöbokhandeln: www.miljobokhandeln.com

ISBN 91-620-5148-2
ISSN 0282-7298

Naturvårdsverket
Tryck: Naturvårdsverkets reprocentral 2001/09
Upplaga:

Förord

Förorening av mark med spårelement kan vara praktiskt taget irreversibel eftersom utlakningen för många element, speciellt metaller, är liten liksom bortförelsen med grödor. Det finns inget generellt sätt att sanera mark från spårelement, även om det finns vissa växter som tar upp betydande mängder av vissa spårelement. Tillförelse av spårelement till åkermark leder därför - om inte tillförelsen är så obetydlig att den balanseras av bortförelsen - till att halterna stiger i marken och att denna ökning blir bestående under hundratals - tusentals år.

Sedan länge har därför Sverige - och många andra länder - haft gränsvärden för vissa metaller i slam från avloppsreningsverk som skall användas i jordbruket. Dessa metaller är bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel och zink. De svenska gränsvärdena hör till de strängaste i världen.

Emellertid innehåller slammet även andra spårelement, både metaller och icke-metaller med tillräckligt noggranna analyser kan man finna alla periodiska systemets grundämnen i slammet. Naturvårdsverket uppdrog därför åt Institutionen för markvetenskap vid Sveriges Lantbruksuniversitet att låta undersöka förekomsten av drygt 60 spårelement i slam från ett 50-tal svenska reningsverk. Undersökningen har dessutom innefattat förekomsten av dessa element i handelsgödsel, atmosfäriskt nedfall, stallgödsel, jord och vissa grödor. Det blir på så sätt möjligt dels att jämföra olika föroreningskällor med varandra, dels att jämföra tillförelsen till åkermarken av ett visst element med markens naturliga innehåll av de

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	7
Inledning.....	9
Material och metoder.....	10
Provtagning.....	10
Analyser.....	13
Statistiska bearbetningar.....	14
Kvalitetskontroll.....	15
Resultat och diskussion.....	21
Avloppsslam.....	21
Stallgödsel och handelsgödsel.....	29
Nederbörd, jord och gröda.....	30
Jämförelser av halter i de olika materialen.....	37
Erkännade.....	41
Litteraturförteckning.....	42
Appendix 1-9.....	24 sidor

Sammanfattning

I denna rapport redovisas halter av över 60 grundämnen i avloppsslam från 48 reningsverk spridda över landet, stallgödsel från svin och nötkreatur från 12 gårdar, de vanligaste NPK och P-gödselmedlen (2 av varje sort), en årsnederbörd från Gårdsjön i Väst-sverige, 25 matjords- respektive alvprover från olika jordartstyper samt i 20 prov av höstvetekärna och 5 prov av kornkärna. Avloppsslamproverna samlades in under en 2-4-veckorsperiod (3-4 delprov togs under insamlingstiden) under sommaren-hösten 2000. För de andra materialen användes prover som samlats in i olika miljöövervakningsprogram.

De analyserade spårämnena är arsenik (As), silver (Ag), guld (Au), bor (B), barium (Ba), beryllium (Be), vismut (Bi), kadmium (Cd), cerium (Ce), kobolt (Co), krom (Cr), cesium (Cs), koppar (Cu), dysprosium (Dy), erbium (Er), europium (Eu), gallium (Ga), gadolinium (Gd), germanium (Ge), hafnium (Hf), kvicksilver (Hg), holmium (Ho), indium (In), iridium (Ir), lantan (La), litium (Li), lutetium (Lu), mangan (Mn), molybden (Mo), niob (Nb), neodym (Nd), nickel (Ni), bly (Pb), palladium (Pd), praseodym (Pr), platina (Pt), rubidium (Rb), rhenium (Re), rhodium (Rh), rutenium (Ru), antimon (Sb), skandium (Sc), selen (Se), samarium (Sm), tenn (Sn), strontium (Sr), tantal (Ta), terbi-um (Tb), tellur (Te), torium (Th), titan (Ti), tallium (Tl), thulium (Tm), uran (U), vana-din (V), volfram (W), yttrium (Y), ytterbium (Yb), zink (Zn) och zirkonium (Zr).

På slam- och jordprov analyserades också makroämnena aluminium (Al), kalcium (Ca), järn (Fe), kalium (K), magnesium (Mg), mangan (Mn), natrium (Na), fosfor (P), svavel (S) och kisel (Si).

Silver, Au, In, Ir, Pd, Pt, Re, Rh, Ru, Sb, Se, Sn och Te bestämdes efter uppslutning i kungsvatten (HCl/HNO₃). Arsenik, B, Bi, Cs, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Li, Mo, Mn, Ni, Pb, S, Tl och Zn bestämdes efter uppslutning i 7M HNO₃. Övriga element efter uppslutning i litiummetaboratsmälta (slam och jord) eller i salpetersyra/vätefluorid (övriga material). Bestämning av elementhalter i nederbördsprover utfördes direkt på surgjorda prov.

Rapporten innehåller data över slammets elementinnehåll vid varje enskilt reningsverk, sammanställningar av statistik över varje enskilt analyserat material samt jämförelser av halter i de olika analyserade materialen.

En sammanfattning av undersökningens viktigaste resultat och slutsatser ser ut så här:

- Slam från små och/eller medelstora reningsverk har oftast de högsta elementhalterna. Silver- och guldhalt tenderar dock att vara högst i stora verk (dock stor variation i halter inom varje storleksklass för dessa ämnen)
- Nio av de undersökta reningsverken hade metallhalter i slammet som låg över gällande gränsvärden vid spridning på åkermark för någon metall. Tre av dessa hade halter över gränsvärdet för två metaller och ett för tre metaller. I fyra slamprover var

Cu-halten för hög. Motsvarande siffror för övriga element var Cd och Zn 3 st, Hg 2st, Ni och Pb 2 st, Cr inget fall

- Hur stor mängd avloppsslam som får spridas på åkermark begränsas framförallt av Cd, Cu och P-innehåll. Av medelslammet får med avseende Cd-innehåll högst ca 0,5 ton TS $\text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ spridas. Motsvarande siffror för Cu och P är 0,65 respektive 0,7 ton TS $\text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$. För P avser beräkningen tillåten maxgiva på 22 kg $\text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ vid P-AL-klass III-V. Vid lägre P-AL-klass kan mer än 1 ton TS $\text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ slam spridas om P är det begränsande elementet
- Elementhalter räknat per kg fosfor är oftast högre i avloppsslam än i stallgödsel. Undantag är B, Hf, Mn, Mo, Rb, Se och Zn där halterna är lika eller högre i stallgödseln. För en stor del av de övriga elementen är halterna ca 5 ggr högre i avloppsslam än i stallgödsel, medan halterna för Ag, Au, W och Hg skiljer sig med en faktor 50 eller mer.
- Motsvarande jämförelse avloppsslam-handelsgödsel visar att halterna oftast är högst i slammet. För flera av de reglerade metallerna är skillnaden stor. För ett tiotal av de mer ovanliga elementen är det ingen större skillnad.
- Mängden av olika element i 1 ton medelslam är i de flesta fall betydligt större än vad som tillförs ett hektar med nederbörden under ett år. Av Se och Sn tycks dock mer tillföras med nederbörd än med medelslammet åtminstone på Västkusten (siffran för Sn i nederbörden bör dock ytterligare verifieras). För As, B, Cd, Pb Sb och V är mängderna i samma storleksordning i slam och nederbörd.
- Elementhalterna varierar ofta avsevärt mellan jordarter. Mälardalens lerjordar uppvisar ofta de högsta halterna medan sandjordarna från Halland oftast har lägst halter. Den relativa haltförändringen i matjorden vid tillförsel av en given slammängd kan alltså, förutsatt att de mesta av tillförd mängd binds, skilja sig markant mellan olika jordarter. På sikt beror dock slamtilförselns effekt på jordarnas halter också av i vilken grad de olika elementen lakas ut eller tas upp av och bortförs via grödorna. Sandiga jordar binder många ämnen svagare än mer leriga jordar.
- En kontinuerlig tillförsel av 0,7 ton slam TS $\text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ till ett enskilt fält skulle beräknat på medelhalter viktade med avseende på slammängd teoretiskt leda till en fördubbling av matjordens halter enligt följande: Au <17 år, Ag 40 år, Hg 150 år, Cu 170 år. Övriga element >200 år. För de 10 % av de undersökta proven som hade högst halter var den beräknade fördubblingstiden: Au <4-<19 år, Ag 16-30 år, W 50-660 år, B 60-150 år och Sb 60-330 år. Även Cu, Hg, Cd och Zn hade teoretiska fördubblingstider på mindre än 100 år vid eller nära maxhalterna, men de aktuella halterna är då högre än de tillåtna. Beräkningarna förutsätter att de element som tillförs stannar i matjorden. Av de aktuella elementen adsorberas de flesta utom B förmodligen relativt effektivt i finkornigare jordar.

Inledning

Avloppsslam är en produkt vars innehåll av bland annat spårelement och organiska ämnen speglar ett samhälle där en stor mängd olika kemikalier används i olika verksamheter. Denna undersökning rör avloppsslammets innehåll av spårelement. När det gäller dessa handlar det inte bara om de tungmetaller vars halter är reglerade vid användning i åkermark, utan även om andra element som används i samhället och som på olika vägar kan hamna i slammet. Eftersom nya element hela tiden tenderar att komma till användning vid utveckling av olika produkter är risken stor att hittills ouppmärksamade element kommer i fokus när deras eventuella negativa effekter på biologiska system upptäcks.

Syftet med denna rapport är enligt uppdragsgivarna i första hand att ta fram ett dataunderlag, dit man kan gå och söka information om man är intresserad av ett visst element eller en grupp av element. Rapporten består dels av en litteraturstudie som behandlar vad som är känt om ett 60-tal elements effekter på markorganismer och benägenhet att tas upp i växter, dels av en databas som innehåller data om både avloppsslam och andra tänkbara källor till tillförsel av element till åkermark och också data över vilka halter vi har i mark och gröda.

Betoningen i rapporten är på tabeller och diagram, med bara korta kommentarer i text. Sammanfattande tabeller och diagram har lagts in i textdelen medan mer detaljerade datasammanställningar över elementinnehållet i avloppsslam, stallgödsel, handelsgödsel, mark, gröda och nederbördsvatten redovisas i appendix i slutet av rapporten.

Material och metoder

Undersökningen innefattar analys av avloppsslamprov, stallgödselprov från svin och mjölkkor, nederbördsvatten från Gårdsjön samt matjords-, alv- och kärnprover från 25 av de provplatser som ingick i den rikstäckande karteringen av åkermark.

I uppdraget ingick att ta fram data över följande element: arsenik (As), silver (Ag), guld (Au), bor (B), barium (Ba), beryllium (Be), vismut (Bi), kadmium (Cd), cerium (Ce) kobolt (Co), krom (Cr), cesium (Cs), koppar (Cu), dysprosium (Dy), erbium (Er), europium (Eu), gallium (Ga), gadolinium (Gd), germanium (Ge), hafnium (Hf), kvicksilver (Hg), holmium (Ho), indium (In), iridium (Ir), lantan (La), litium (Li), lutetium (Lu), mangan (Mn), molybden (Mo), niob (Nb), neodym (Nd), nickel (Ni), bly (Pb), osmium (Os), protaktinium (Pa), palladium (Pd), praseodym (Pr), platina (Pt), rubidium (Rb), rhenium (Re), rhodium (Rh), rutenium (Ru), antimon (Sb), skandium (Sc), selen (Se), samarium (Sm), tenn (Sn), strontium (Sr), tantal (Ta), terbium (Tb), tellur (Te), torium (Th), titan (Ti), tallium (Tl), thulium (Tm), vanadin (V), volfram (W), yttrium (Y), ytterbium (Yb), zink (Zn) och zirkonium (Zr).

Av dessa element var protaktinium (Pa) och osmium (Os) ej möjliga att analysera. Utan extra kostnad erhöll vi också analyser av följande element på ett eller flera av de utvalda substraten: aluminium (Al), kalcium (Ca), järn (Fe), kalium (K), magnesium (Mg), mangan (Mn), natrium (Na), fosfor (P), kisel (Si) och uran (U),

Provtagning

För slamprovtagningen valdes 50 reningsverk ut. Vi använde samma prover som togs ut för en parallell undersökning av bromerade flamskyddsmedel i avloppsslam. Detta urval var styrt på så sätt att samtliga reningsverk från Stockholm, Göteborg och Malmö skulle ingå. Därutöver valdes 8 reningsverk ut med tillförsel från kända/misstänkta källor för bromerade flamskyddsmedel. Därefter valdes i ett sista steg reningsverk från tre olika storleksklasser ut så att den totala fördelningen så långt möjligt blev representativ för hur alla Sveriges reningsverk fördelar sig på dessa storleksklasser. I detta steg valdes vilka reningsverk som skulle ingå i respektive klass ut slumpmässigt. Vi ville dock samtidigt ha god geografisk spridning och valde därför bort två reningsverk som vart och ett var belägna nära andra utvalda reningsverk. De bortvalda reningsverken ersattes med två nya slumpmässigt utvalda verk. Eftersom alla de stora reningsverken ingick i urvalet blir de, som framgår av tabell 1, överrepresenterade i urvalet om man ser till antalet verk i varje storleksklass. I detta fall främst på de minsta reningsverkens bekostnad. Det är dock motiverat att ta med alla stora reningsverk eftersom vi bara tog ett prov på varje verk oavsett storlek. Antalet analyser från de största verken som står för merparten av produktionen blir ändå litet. Data över medverkande reningsverk finns i tabell 2.

Tabell 1. Fördelning av analyserade prov per storleksklass (anslutna personekvivalenter) hos reningsverken i jämförelse med fördelning vid urval där antalet i varje storleksklass är proportionellt mot hur alla reningsverk i Sverige fördelar sig över dessa storleksklasser (Cynthia de Wit, Institutet för tillämpad miljöforskning, Stockholms Universitet, pers. medd.)

Storleksklass (personekvivalenter)	Antal som analyserades	Antal vid proportionell fördelning
> 75 000	8	3
20 000-75 000	6	6
< 20 000	31 (2 föll bort)	41
Summa	48	50

Vid varje reningsverk togs ett prov för analys av bromerade flamskyddsmedel och ett för analys av ovanliga element. Analys av bromerade flamskyddsmedel skedde vid Institutet för tillämpad miljöforskning, Stockholms Universitet, medan SLU fick uppdraget att ombesörja analys av spårelement med fokus på sådana som tidigare ej analyserats i någon större utsträckning. Vid de flesta reningsverken skedde provtagningen under våren-försommaren 2000. Delprov, som sedan slogs ihop till ett samlingsprov per verk, samlades in en gång i veckan under en fyraveckorsperiod. På grund av bristfällig märkning och hantering av proven gick 10 prov för analys av ovanliga metaller dock ej att identifiera när det var dags för analys. Därför begärdes nya prov in från reningsverken i Bengtsfors, Billingsfors, Gimo, Malmö-Sjölunda, Grästorps, Hönö, Hörby, Kil och Henriksdal. Dessa prov samlades in i form av 3-4 delprov, under 2 veckors tid under hösten 2000. På grund av en missuppfattning om antalet prov från labbets sida, visade det sig när analysresultaten kom till SLU att 5 prover fortfarande ej lämnats in för analys. Från tre av dessa (Malmö-Klagshamn, Mellerud och Årjäng) lyckades vi få in nya prov som samlades in under 2 veckor i december 2000 och analyserades i januari 2001. Två reningsverk, Håkantorps och Robertsfors, fick av olika skäl utgå. Det totala antalet prov som analyserades på ovanliga element blev alltså 48 st. Från ett reningsverk (Arvika) saknas en del analyser på grund av att inlämnat prov ej räckte till alla analyser.

De stallgödselprov som analyserades var ett urval av de prover vars innehåll av växt-näringsämnen och spårelement redovisas i Steineck *et al.* (1999). Vi valde ut 12 prov fördelade på 4 prov vardera av flytgödsel från svin, fastgödsel från svin samt flytgödsel från mjölkkor. Vi valde flytgödsel i första hand eftersom det är det viktigaste gödselslaget, men ville också ha med fastgödsel från svin, eftersom den i Steinecks *et al.* (1999) undersökning hade högre halter av de där undersökta spårelementen än flytgödseln. Denna skillnad fanns också hos kogödseln men haltnivåerna var lägre och den relativa skillnaden mindre. Alla analyserade gödselprov var från konventionell djuruppfödning.

När det gäller handelsgödselmedel valdes två prov vardera av NPK-S 21-4-7 och P20, de enligt uppgift mest använda medlen av respektive slag. Ett prov av varje slag erhöles från Hydro Agri, medan de två andra erhöles från Odal i Uppsala. Tillverkaren var dock även i detta fall Hydro Agri. Alla gödselproven samlades in på försommaren år 2000.

Tabell 2. Antal anslutna personekvivalenter (i enstaka fall personer), producerad slam-mängd och reningsmetod hos de reningsverk vars slam analyserats i denna undersökning. Data avser 1998 års förhållanden (Gunnar Brånvall, SCB, pers medd.).

Reningsverk	Anslutna pe	Slammängd ton TS	Reningsmetod
Arvika	15 000	647	biol.-kem, konventionell
Bengtfors	3 100	159	biol.-kem, konventionell
Billingsfors	2 050	86	biol.-kem, konventionell
Borgholm	8 000	412	biol.-kem, extra kväverening
Borås, Gässlösa	79 194	3 290	biol.-kem, extra kväverening
Broby	4 500	121	biol.-kem, konventionell
Bromma	272 100	5 500	biol.-kem, extra kväverening
Bräkne-Hoby	2 300	68	biol.-kem, konventionell
Bålsta	13 700	388	biol.-kem, konventionell
Emmaboda	5 374	330	biol.-kem, konventionell
Flen	9 480	1 904	biol.-kem, konventionell
Gimo	3 100	129	biol.-kem, konventionell
Grästorps, Forshall	3 000	90	biol.-kem, extra kväverening
Hagfors, Råda	900	441	biol.-kem, konventionell
Henriksdal (Stockholm)	621 000	12 800	biol.-kem, extra kväverening
Himmerfjärden (Grödinge)	245 000	5 200	biol.-kem, extra kväverening
Hönö	10 000	600	biol.-kem, konventionell
Hörby, Lybyverket	15 600	710	biol.-kem, kompletterande filter
Jönköping, Simsholmen	57 360	1 571	biol.-kem, konventionell
Kil	10 800	498	biol.-kem, kompletterande filter
Kiruna, Tuolluvaara	23 250	1 271	kemisk
Klagshamn (Malmö)	59 700	1 091	biol.-kem, extra kväverening
Klippan	13 500	456	biol.-kem, extra kväverening
Käppala (Lidingö)	380 819	6 290	biol.-kem, extra kväverening
Ljusdal	10 400	428	biol.-kem, konventionell
Loudden (Stockholm)	26 100	900	biol.-kem, extra kväverening
Ludvika, Gonäs	6 000	326	biol.-kem, konventionell
Mariestad	17 000	626	biol.-kem, extra kväverening
Mellerud	5 600	190	biol.-kem, konventionell
Mora, Öna	2 400	94	kemisk
Nordmaling	3 400	210	biologisk
Norrköping, Slottshagen	127 397	2 709	biol.-kem, konventionell
Rimbo	5 000	197	biol.-kem, kompletterande filter
Rimforsa	2 190	69	biol.-kem, konventionell
Ryaverket (Göteborg)	584 451	15 370	biol.-kem, extra kväverening
Sjölundaverket (Malmö)	264 000	7 752	biol.-kem, extra kväverening
Skärplinge	889	109	biol.-kem, konventionell
Stenungsund, Strävliden	13 800	382	biol.-kem, extra kväverening
Stöde	1 450	24	kemisk
Svedala	11 800	397	biol.-kem, extra kväverening
Trelleborg	27 000	1 074	biol.-kem, konventionell
Trollhättan, Arvidstorp	48 000	1 384	biol.-kem, extra kväverening
Veberöd	4 284	96	biol.-kem, kompletterande filter
Åredalen	8 000	202	kemisk
Årjäng	3 100	207	biol.-kem, konventionell
Åstorp	11 000	282	biol.-kem, extra kväverening
Örnsköldsvik, Prästbordet	14 535	406	biol.-kem, konventionell
Övertorneå	3 400	132	kemisk

Matjords- alv och grödprov valdes ut bland de prov som tagits ut i samband med miljöövervakning på åkermark (Eriksson *et al.*, 1997). Enligt uppdraget skulle 25 prov från provplatser där alla tre typerna av prov fanns att tillgå väljas. Vidare skulle de utvalda proven representera olika jordartstyper och modermaterial, vilket dock är ganska svårt att göra någorlunda heltäckande på ett så litet antal prov. Vi valde dock ut jordprov med tillhörande gröda som representerade följande fem grupper:

1. Moränlera från södra Skåne (5 prov)
2. Sandjordar från södra Halland (4 prov)
3. Lerjordar med marint ursprung från Västergötland (5 prov)
4. Styva leror avsatta i Östersjöns föregångare i Mälardalen och Östergötland (6 prov)
5. Moiga-mjäliga jordar från de Norrländska älvdalarna (5 prov)

De analyserade kärnproverna var höstvetete i grupp 1 till 4, medan de från grupp 5 var korn eftersom vetete normalt inte odlas i Norrland.

Nederbördsproven erhöles från IVL i Göteborg och utgjordes av delprov av de prov som tas ut inom den nationella miljöövervakningen. Materialet utgjordes av månadsvisa prover insamlade vid mätstationen i Gårdsjön nära Stenungsund på Västkusten. Proven representerar 1 års nederbörd och togs under perioden 990104-000107. Prov för november månad 1999, saknades dock och proven från april och maj månad var sammanslagna. Insamlingen av proven sker med hjälp av öppna polyetylenrattar med en uppsamlingsflaska enligt metodbeskrivning i Kindbom *et al.* (1997). Med denna insamlingsmetod mäts i huvudsak bara våtdepositionen av de aktuella elementen. Vid beräkningen av nedfallen mängd av de olika elementen användes, liksom i miljöövervakningen, de i uppsamlingsflaskorna insamlade vattenmängderna. För den provmånad som saknades användes medelhalten från övriga mätningar viktat efter insamlad nederbördsmängd, samt ett värde på nederbördsmängd den aktuella månaden skattat från data från en närliggande klimatstation.

Analys

Beroende på typ av ämne som skulle analyseras utfördes elementanalyserna på alla prov utom nederbördsproven på 3 olika typer av uppslutningar:

- 1a.** Uppslutning genom smältning av 1 del prov i 3 delar LiBO_2 som sedan upplöstes i 5% HNO_3 (modifierad metod enligt ASTM D3682 (American Society for Testing and Materials))

Denna metod användes för slam och jordprover.

- 1b.** Uppslutning i ultraren salpetersyra (HNO_3)/vätefluorid (HF) i förhållandet 5:1 i slutna teflonkärn i mikrovågsugn.

Denna metod användes för stallgödsel-, kärn- och handelsgödselprover.

Uppslutningarna 1a och 1b analyserades på Ba, Be, Ce, Dy, Er, Eu, Ga, Ge, Gd, Ho, Hf, La, Lu, Nb, Nd, Pr, Rb, Sc, Sm, Sr, Ta, Tb, Th, Ti, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zr.

På litiummetaboratsmältan analyserades också Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Si och glödförlust. De senare elementens halter redovisades i oxidform.

2. Uppslutning i konc. HCl/konc. HNO₃, 3:1 (kungsvatten) i slutna teflonbehållare i mikrovågsugn.

Denna metod användes för alla prov utom nederbörsvatten

Uppslutningarna analyserades på Ag, Au, In, Ir, Pd, Pt, Re, Rh, Ru, Sb, Se, Sn och Te

3. Uppslutning i konc. HNO₃/vatten, 1:1 (7M HNO₃). Modifierad metod enligt SS 028175. Modifieringen bestod i att uppslutning utfördes i slutna teflonbehållare i mikrovågsugn istället för i autoklav

Denna metod användes för alla prov utom nederbörsvatten

Uppslutningarna analyserades på As, B, Bi, Cs, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Li, Mo, Mn, Ni, Pb, S, Tl och Zn

Nederbördsprover surgjordes med 1ml HNO₃ (suprapur) per 100 ml prov

Elementhalter i fasta prov mättes i de flesta fall med plasma-emissionsspektrometri (ICP-EAS) eller plasma-masspektrometri med Quadropol-teknik (ICP-QMS). Kvicksilver och Se mättes dock med atomfluorescens (AFS).

Elementhalter i nederbördsprov mättes med plasma-emissionsspektrometri (ICP-EAS) eller plasma-masspektrometri med Sektor-teknik (ICP-SMS).

Alla analyser utfördes av SGAB Analytica i Luleå.

För fosforhalter i stallgödsel användes Steinecks *et al.* (1999) analysdata för de aktuella proven. Data över fosforhalter i handelsgödselmedlen erhöles från tillverkaren.

Statistiska bearbetningar

De statistiska bearbetningarna består av beräkning av medelvärden, standardavvikelser och percentiler. I huvudsak sammanfattar statistiken elementhalterna i de utvalda provtyperna och hur representativa siffrorna är i ett större sammanhang bestäms av hur representativt urvalet av prov är. I många fall är antalet av en viss provtyp så litet att statistiken mest ger en uppfattning om storleksordningar.

För avloppslamproverna kan bara mer omfattande statistik beräknas på data där varje enskilt reningsverk bidrar med ett värde för varje element. Sådana beräkningar kan dock ge en skev bild av sammansättningen hos den slammängd som sammantaget produceras. Orsaken är att små reningsverk som bara står för några procent av producerad mängd får stor vikt i statistiken på grund av att de är många. Detta blir fallet trots att de i vårt material är antalsmässigt underrepresenterade.

Vi har dock också försökt beräkna åtminstone medelvärden som så långt möjligt skall representera den slammängd som totalt produceras i landet.

Detta gjordes i två steg. Reningsverken delades upp i tre storleksklasser <20 000 personkvivalenter (pe), 20 000 – 100 000 pe och >100 000 pe. Därefter beräknades ett medelvärde för varje klass där data för det enskilda reningsverket viktades med hänsyn till producerad slammängd enligt tabell 2. Medelvärdena från varje storleksklass viktades sedan ihop, med hänsyn till hur mycket slam som produceras i hela landet inom varje klass, till ett medelvärde som bör vara någorlunda representativt för hela landet. Uppgifter om slamproduktion erhöles från SCB (SCB, 1999). Uppgifterna avser 1998 års produktion det senaste året då uppgifter systematiskt samlades in.

För ämnen där halterna i ett antal prov låg under detektionsgränsen har medelvärden i de flesta fall ändå beräknas genom att prover med för låga halter givits ett värde som motsvarar halva detektionsgränsen. Om mer än 80 % av värdena låg under detektionsgränsen gjordes dock ingen sådan beräkning eftersom den blir för osäker. Även i de fall där ca hälften eller mer av proverna låg under detektionsgränsen bör de beräknade medelvärdena betraktas som grova skattningar. Hur många prov som hade värden under detektionsgränsen framgår av de tabeller/appendix där grunddata för varje analyserat provmaterial redovisas.

Kvalitetskontroll

Kvalitetskontrollen vid analysen bestod dels av referensmaterial som analyserades i början av varje provserie som kördes en viss dag, dels av s k syntetiska kontroller som analyserades efter vart 15:e prov i provserien. Referensmaterialet bestod av prov för vilka certifierade värden eller riktvärden tagits fram för att antal element. Referensmaterial med sådana värden fanns dock bara att tillgå för en mindre del av de här analyserade elementen och företrädesvis för de element som ofta analyseras. Vilka referensmaterial som använts och vilka värden som uppmätts på dessa framgår av tabellerna 3, 4 och 5. De syntetiska kontrollproven bestod av lösningar till vilka kända mängder av de aktuella elementen tillsatts. Lösningarna hade samma koncentration av syra och andra använda reagens som de prov som mättes. Om den syntetiska kontrollens värde förändrades mer än 5 % under analysens gång kördes den aktuella provserien om.

51 av de aktuella elementen har också analyserats på totalt 24 svenska slamprov (två provtagningar vid 12 reningsverk) i en annan undersökning. Data finns både efter uppslutning i fluorvätesyra (HF) och efter extraktion i 7M HNO₃ (pers. medd., Göran Lithner & Karin Holm, Institutet för tillämpad miljöforskning, Stockholms Universitet). De här redovisade halterna stämmer i de flesta fall väl överens med Lithner och Holms värden. För de flesta ämnena skiljer sig halterna som mest med en faktor 2. En tendens finns att de halter vi uppmätt är aningen lägre, men detta gäller ej konsekvent. En skillnad som motsvarar högst en faktor 2 kan anses vara liten med tanke på att analyserna utförts på två olika provmaterial, att metoderna för totaluppslutning var olika och att analyser utförda på två olika lab. ofta skiljer sig en aning vid denna typ av analyser. För Te och W var skillnaden lite större än vad som anges ovan. Lithner & Holms medelvärden var 0,04 mg kg⁻¹ och 23,4 för Te respektive W. Motsvarande av oss uppmätta värden var 0,16 respektive 7,7 mg kg⁻¹. För Ge var de av Lithner & Holm uppmätta medelvärdena bara en tiondel av våra.

Tabell 3. Certifierade referensvärden och uppmätta värden för det referensprov som användes vid analysen av slam som uppslutits med litiummetaboratsmälta. Provbeteckning: South African committee for Certified Reference Materials, SARM 1 NIM-G, granite.

Element	Referensvärde mg kg ⁻¹ TS	Uppmätt värde mg kg ⁻¹ TS	Element	Referensvärde mg kg ⁻¹ TS	Uppmätt värde mg kg ⁻¹ TS	Element	Referensvärde % av TS	Uppmätt värde % av TS
Ba	120	113	Rb	320	290	SiO ₂	75,7	75,8
Be	7	7,39	Sm	15,8	12,9	Al ₂ O ₃	12,08	11,9
Ce	195	181	Sn	4	7,1	CaO	0,78	0,8
Dy	17	17	Sr	10	10,9	Fe ₂ O ₃	2,02	2,01
Eu	0,35	0,25	Ta	4,5	5,5	MgO	0,06	0,327
Ga	27	35	Tb	3	2	MnO ₂	0,027	0,0272
Gd	14	15	Th	51	39	K ₂ O	4,99	4,97
Hf	12	13	U	15	17	Na ₂ O	3,36	3,32
La	109	109	Y	143	133	TiO ₂	0,09	0,091
Lu	2	2	Yb	14,2	13,3	P ₂ O ₅	0,01	0,0029
Mo	3	3,1	Zn	50	56			
Nb	53	48	Zr	300	299			
Nd	72	69						

Tabell 4. Certifierade referensvärden och uppmätta värden för det referensprov som användes vid analysen av slam som uppslutits med 7 M HNO₃. Provbeteckning: BCR144R (avloppsslamprov). Q = ICP-QMS, E = ICP-AES

Element	Referensvärde mg kg ⁻¹ TS	Uppmätta värden mg kg ⁻¹ TS		Element	Referensvärde mg kg ⁻¹ TS	Uppmätta värden mg kg ⁻¹ TS	
Cd	1,82	1,58 Q	1,60 Q	Mn	208	164,4 E	171,1 E
Co	15	11,0 Q	13,2 Q	Ni	47,7	25,4 Q	28,9 Q
Cr	104	51,3 E	55,8 E	Pb	106	93,1 E	92,8 E
Cu	308	294,4 E	289,1 E	Zn	932	847,8 E	841,5 E
Hg	3,14	2,62 Q	2,98 Q				

Tabell 5. Referensvärden och uppmätta värden för det referensprov som användes vid analysen av stallgödsel, spannmålskärna och nederbörd. Provbeteckningar framgår av tabellhuvudet. Antalet analyser på varje prov är ≥ 3 . Referensvärden utan standardavvikelser är ej certifierade.

NIST 1547, peach leaves					GBW 07605, tealeaves				SLRS-3, riverine water						
Element	Sort	Referensvärde		SGAB:s värde		Sort	Referensvärde		SGAB:s värde		Sort	Referensvärde		SGAB:s värde	
		Medelv.	Stdav.	Medelv.	Stdav.		Medelv.	Stdav.	Medelv.	Stdav.		Medelv.	Stdav.	Medelv.	Stdav.
Ag	mg kg ⁻¹	-		0,76	0,24	mg kg ⁻¹	0,018		0,012	0,002		0,002		0,001	0,0001
Al	mg kg ⁻¹	249	8	241	13	mg kg ⁻¹	3000		2690	110	mg L ⁻¹	31	3	31,5	0,9
As	mg kg ⁻¹	0,06	0,018	0,063	0,012	mg kg ⁻¹	0,28	0,03	0,297	0,013	mg L ⁻¹	0,72	0,05	0,722	0,022
Au	mg kg ⁻¹	-		0,0004	0,0001	mg kg ⁻¹	0,0008		0,0004	0,0001	mg L ⁻¹	0,002		0,002	0,0001
B	mg kg ⁻¹	29	2	30,5	1,4	mg kg ⁻¹	15	3	14,1	0,6	mg L ⁻¹	4,24		4,48	0,05
Ba	mg kg ⁻¹	124	4	123	6	mg kg ⁻¹	58	3	56,5	1,4	mg L ⁻¹	13,4	0,6	13,9	0,4
Be	mg kg ⁻¹	-		0,007	0,0001	mg kg ⁻¹	0,034	0,005	0,031	0,001	mg L ⁻¹	0,005	0,001	0,006	0,0005
Bi	mg kg ⁻¹	-		0,003	0,0001	mg kg ⁻¹	0,063	0,007	0,065	0,002	mg L ⁻¹	0,002		0,002	0,00008
Br	mg kg ⁻¹	11		10	2	mg kg ⁻¹	3,4	0,4	3,6	0,3	mg L ⁻¹	-			
Cd	mg kg ⁻¹	0,026	0,003	0,025	0,001	mg kg ⁻¹	0,057	0,008	0,057	0,002	mg L ⁻¹	0,013	0,002	0,013	0,0004
Ce	mg kg ⁻¹	10		10,2	0,2	mg kg ⁻¹	1	0,1	0,949	0,053	mg L ⁻¹	0,25		0,26	0,002
Co	mg kg ⁻¹	0,07		0,071	0,005	mg kg ⁻¹	0,18	0,02	0,183	0,004	mg L ⁻¹	0,027	0,003	0,029	0,001
Cr	mg kg ⁻¹	1		0,99	0,07	mg kg ⁻¹	0,8	0,02	0,77	0,03	mg L ⁻¹	0,3	0,04	0,294	0,002
Cs	mg kg ⁻¹	-		0,071	0,002	mg kg ⁻¹	0,29	0,02	0,278	0,013	mg L ⁻¹	-		0,007	0,0002
Cu	mg kg ⁻¹	3,7	0,4	3,77	0,11	mg kg ⁻¹	17,3	1	17,5	0,5	mg L ⁻¹	1,35	0,07	1,39	0,02
Dy	mg kg ⁻¹	-		0,552	0,006	mg kg ⁻¹	0,074		0,056	0,001	mg L ⁻¹	0,02		0,019	0,0004
Er	mg kg ⁻¹	-		0,231	0,004	mg kg ⁻¹	0,04		0,035	0,0013	mg L ⁻¹	0,011		0,011	0,001
Eu	mg kg ⁻¹	0,17		0,193	0,003	mg kg ⁻¹	0,018	0,002	0,017	0,0008	mg L ⁻¹	0,007		0,006	0,0002
Fe	mg kg ⁻¹	218	14	209	7	mg kg ⁻¹	264	10	261	15	mg L ⁻¹	100	2	98,7	1,2
Ga	mg kg ⁻¹	-		0,053	0,004	mg kg ⁻¹	0,21		0,176	0,013	mg L ⁻¹	-		0,004	0,0002
Gd	mg kg ⁻¹	1		1,04	0,08	mg kg ⁻¹	0,093		0,083	0,0012	mg L ⁻¹	0,039		0,028	0,001
Ge	mg kg ⁻¹	-		0,016	0,003	mg kg ⁻¹	0,02		0,018	0,005	mg L ⁻¹	-		0,006	0,0005
Hf	mg kg ⁻¹	-		0,013	0,0005	mg kg ⁻¹	0,033		0,014	0,003	mg L ⁻¹	-		0,005	0,0001
Hg	mg kg ⁻¹	0,031	0,007	0,031	0,002	mg kg ⁻¹	0,013		0,014	0,001	mg L ⁻¹	-		<0,002	
Ho	mg kg ⁻¹	-		0,1	0,002	mg kg ⁻¹	0,019		0,012	0,0002	mg L ⁻¹	0,004		0,004	0,0003

Tabell 5. fortsättning.

NIST 1547, peach leaves					GBW 07605, tealeaves				SLRS-3, riverine water						
Element	Sort	Referensvärde		SGAB:s värde		Sort	Referensvärde		SGAB:s värde		Sort	Referensvärde		SGAB:s värde	
		Medelv.	Stdav.	Medelv.	Stdav.		Medelv.	Stdav.	Medelv.	Stdav.		Medelv.	Stdav.	Medelv.	Stdav.
I	mg kg ⁻¹	0,3		0,32	0,09	mg kg ⁻¹	0,8		0,89	0,17	mg L ⁻¹	-		1,51	0,08
Ir	mg kg ⁻¹	-		0,0001	0,00001	mg kg ⁻¹	-		0,00005	0,00001	mg L ⁻¹	-		<0,000002	
La	mg kg ⁻¹	9		9,36	0,18	mg kg ⁻¹	0,6	0,03	0,592	0,017	mg L ⁻¹	0,21		0,22	0,001
Li	mg kg ⁻¹	0,113	0,02	0,126	0,003	mg kg ⁻¹	0,36		0,36	0,03	mg L ⁻¹	0,62		0,524	0,01
Lu	mg kg ⁻¹	-		0,019	0,001	mg kg ⁻¹	0,007		0,005	0,001	mg L ⁻¹	0,001		0,002	0,0001
Mn	mg kg ⁻¹	98	3	97	3	mg kg ⁻¹	1240	40	1270	50	mg L ⁻¹	3,9	0,3	3,98	0,03
Mo	mg kg ⁻¹	0,06	0,008	0,058	0,002	mg kg ⁻¹	0,038	0,006	0,035	0,002	mg L ⁻¹	0,19	0,01	0,192	0,002
Nb	mg kg ⁻¹	-		0,087	0,009	mg kg ⁻¹	0,06		0,054	0,002	mg L ⁻¹	-		0,003	0,0001
Nd	mg kg ⁻¹	7		6,82	0,08	mg kg ⁻¹	0,44		0,412	0,035	mg L ⁻¹	0,2		0,209	0,003
Ni	mg kg ⁻¹	0,69	0,09	0,67	0,02	mg kg ⁻¹	4,6	0,3	4,52	0,11	mg L ⁻¹	0,83	0,08	0,831	0,005
Os	mg kg ⁻¹	-		<0,0000		mg kg ⁻¹	-		<0,00003		mg L ⁻¹	-			
Pb	mg kg ⁻¹	0,87	0,03	0,86	0,03	mg kg ⁻¹	4,4	0,2	4,29	0,12	mg L ⁻¹	0,068	0,007	0,068	0,0006
Pd	mg kg ⁻¹	-		<0,0003		mg kg ⁻¹	-		0,002	0,0003	mg L ⁻¹	0,003		<0,00002	
Pr	mg kg ⁻¹	-		1,92	0,04	mg kg ⁻¹	0,12		0,114	0,002	mg L ⁻¹	0,053		0,054	0,001
Pt	mg kg ⁻¹	-		0,0007	0,0002	mg kg ⁻¹	-		0,00008	0,00003	mg L ⁻¹	0,002		0,002	0,0009
Rb	mg kg ⁻¹	19,7	1,2	19,5	0,5	mg kg ⁻¹	74	4	74,1	2,7	mg L ⁻¹	1,62		1,62	0,12
Re	mg kg ⁻¹	-		0,0002	0,00002	mg kg ⁻¹	-		0,00007	0,00001	mg L ⁻¹	-		0,004	0,0001
Rh	mg kg ⁻¹	-		<0,0002		mg kg ⁻¹	-		<0,0004		mg L ⁻¹	-		<0,0006	
Ru	mg kg ⁻¹	-		<0,0004		mg kg ⁻¹	-		<0,0004		mg L ⁻¹	-		<0,0002	
Sb	mg kg ⁻¹	0,02		0,021	0,001	mg kg ⁻¹	0,056	0,005	0,054	0,003	mg L ⁻¹	0,12	0,01	0,13	0,002
Sc	mg kg ⁻¹	0,04		0,04	0,002	mg kg ⁻¹	0,085	0,009	0,083	0,003	mg L ⁻¹	-		0,007	0,0004
Se	mg kg ⁻¹	0,12	0,009	0,158	0,021	mg kg ⁻¹	0,072		0,094	0,022	mg L ⁻¹	-			
Si	mg kg ⁻¹	-		1570	60	mg kg ⁻¹	2100		1020	210	mg L ⁻¹	-			
Sm	mg kg ⁻¹	1		1,1	0,02	mg kg ⁻¹	0,085	0,017	0,078	0,002	mg L ⁻¹	0,039		0,04	0,001
Sn	mg kg ⁻¹	0,092	0,003	0,095	0,027	mg kg ⁻¹	0,12		0,17	0,01	mg L ⁻¹	-		0,005	0,0003

Tabell 5. fortsättning.

NIST 1547, peach leaves					GBW 07605, tealeaves					SLRS-3, riverine water					
Element	Sort	Referensvärde		SGAB:s värde		Sort	Referensvärde		SGAB:s värde		Sort	Referensvärde		SGAB:s värde	
		Medelv.	Stdav.	Medelv.	Stdav.		Medelv.	Stdav.	Medelv.	Stdav.		Medelv.	Stdav.	Medelv.	Stdav.
Sr	mg kg ⁻¹	53	4	53,4	0,2	mg kg ⁻¹	15,2	0,5	15,1	0,1	mg L ⁻¹	28,1		30,9	0,1
Ta	mg kg ⁻¹	-		0,006	0,0003	mg kg ⁻¹	0,008		0,004	0,0007	mg L ⁻¹	-		0,00007	0,00001
Tb	mg kg ⁻¹	0,1		0,126	0,002	mg kg ⁻¹	0,011		0,011	0,0004	mg L ⁻¹	0,004		0,003	0,0001
Te	mg kg ⁻¹	-		<0,0008		mg kg ⁻¹	-		0,004	0,0002	mg L ⁻¹	-		0,003	0,0003
Th	mg kg ⁻¹	0,05		0,047	0,001	mg kg ⁻¹	0,061	0,008	0,057	0,002	mg L ⁻¹	-		0,017	0,0003
Ti	mg kg ⁻¹	7,9		19,4	0,2	mg kg ⁻¹	24	3	18,8	3,1	mg L ⁻¹	-		0,695	0,041
Tl	mg kg ⁻¹	0,023		0,021	0,001	mg kg ⁻¹	0,024		0,025	0,001	mg L ⁻¹	-		0,007	0,0002
Tm	mg kg ⁻¹	-		0,027	0,001	mg kg ⁻¹	0,016		0,005	0,0005	mg L ⁻¹	0,002		0,002	0,0002
U	mg kg ⁻¹	0,015		0,016	0,0005	mg kg ⁻¹	0,02		0,018	0,0011	mg L ⁻¹	0,045		0,045	0,0009
V	mg kg ⁻¹	0,37	0,03	0,334	0,006	mg kg ⁻¹	0,86		0,585	0,011	mg L ⁻¹	0,3	0,02	0,329	0,006
W	mg kg ⁻¹	-		0,018	0,0002	mg kg ⁻¹	0,04		0,031	0,001	mg L ⁻¹	-		0,003	
Y	mg kg ⁻¹	-		3,45	0,11	mg kg ⁻¹	0,36	0,03	0,325	0,016	mg L ⁻¹	-		0,114	0,001
Yb	mg kg ⁻¹	0,2		0,14	0,005	mg kg ⁻¹	0,044	0,004	0,036	0,0006	mg L ⁻¹	0,009		0,01	0,0002
Zn	mg kg ⁻¹	17,9	0,4	17,6	0,3	mg kg ⁻¹	26,3	0,9	28,1	1,5	mg L ⁻¹	1,04	0,09	1,03	0,03
Zr	mg kg ⁻¹	-		3,64	0,07	mg kg ⁻¹	0,2		0,32	0,01	mg L ⁻¹	-		0,075	0,001
Ca	vikts-%	1,56	0,02	1,53	0,03	vikts-%	0,43	0,02	0,43	0,02		-			
K	vikts-%	2,43	0,03	2,44	0,08	vikts-%	1,66	0,06	1,69	0,02		-			
Mg	vikts-%	0,432	0,008	0,436	0,009	vikts-%	0,17	0,01	0,174	0,002		-			
Na	vikts-%	0,002	0,0002	0,003	0,0003	vikts-%	0,004	0,0004	0,005	0,0005		-			
P	vikts-%	0,137	0,007	0,14	0,005	vikts-%	0,284	0,006	0,278	0,013		-			
S	vikts-%	0,2		0,183	0,007	vikts-%	0,245	0,015	0,263	0,015		-			

Vårt medelvärde är dock osäkert eftersom Ge-halterna med den aktuella metoden för uppslutning (litiummetaboratsmälta) i de flesta fall låg under detektionsgränsen.

När det gäller analyserna av jord- och grödprov kan vi också jämföra med de mätningar som gjorts inom miljöövervakningsprogrammet på samma jordar (Eriksson *et al.*, 1997). De ämnen som redovisas är de där mätningar utfördes efter extraktion med 7M HNO₃. På matjordsproverna skiljer sig medelhalterna av As, Co, Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb och Zn med som mest drygt 10 % mellan de olika analysomgångarna. Detsamma gäller Hg i matjordsprov medan halterna i alvprov var 37 % högre i andra mätningen av detta ämne. En bidragande orsak kan vara att halterna i alvproven var låga. Halterna av Mo och Cs var ca 20 % respektive knappt 40 % lägre i den andra än i den första mätningen.

På kärnproven skilde sig medelhalterna med mindre än 10 % för Co, Cu, Mn och Zn. För Cs, Cd och Mo var halterna 15 – 20 % lägre i andra mätomgången.

Resultat och diskussion

Avloppsslam

Tabell 6 visar statistik över slammets sammansättning hos de deltagande reningsverken. Där har medeltal mm för varje enskilt reningsverks värden enligt appendix 1 beräknats. Trots att stora reningsverk är överrepresenterade i urvalet ger denna statistik stor tyngd åt små reningsverk som inte producerar så mycket slam. Som framgår av percentilerna och av att medelvärdena ofta är högre än medianvärdena, är elementhalterna i många fall snedfördelade med ett antal höga värden som ligger utanför en normalfördelning. Detta är vanligt i denna typ av material. Maxvärdena bör tolkas med viss försiktighet, eftersom det kan vara fråga om felmätningar, förorenade prov eller tillfälligt förhöjda halter i verken. 90%-percentilen är förmodligen ett bättre mått på vilken storleksordning halterna har i de slam som är mest förorenade med ett visst ämne.

Tabell 7 visar resultatet av ett försök att vikta elementhalterna efter mängden producerat slam. Skillnaden blir i många fall inte så särskilt stor. Hur de viktade medelvärdena räknats fram framgår av avsnittet Material och Metoder – Statistiska bearbetningar.

Figur 1 visar halterna av de olika elementen per kg P i slam när reningsverken indelats i tre olika storleksgrupper. Det är svårt att se några entydiga mönster, men det är sällan halterna i slammet från de största reningsverken uppvisar de högsta halterna. De främsta undantagen är Ag där halterna är högre i de två större storleksklasserna än i den minsta och Au där halterna ökar med reningsverkens storlek. Standardavvikelse visar dock att variationen i många fall är relativt stor inom varje storleksklass. Man bör också hålla i minnet att antalet prov från de större reningsverken är få.

Det här undersökta avloppsslammet klarar i de flesta fall de gränsvärden för tillåtna halter i slammet som finns för ett antal tungmetaller (tabell 6; gränsvärden i tabell 7). Totalt nio av de undersökta reningsverken hade metallhalter i slammet som låg över gällande gränsvärden vid spridning på åkermark för någon metall. Tre av dessa hade halter över gränsvärdet för två metaller och ett för tre metaller. Kopparhalten är dock över gränsvärdet i 4 reningsverk bland annat de båda verken i Malmö. Kadmium- och Zn-halterna var över gränsvärdet i 3 fall medan detsamma gällde för Hg, Ni och Pb i 2 fall. Kromhalterna låg inte över gränsvärdet i något fall.

När det gäller gränsvärdet för hur mycket slam som i genomsnitt får spridas per år (tabell 7) begränsas mängden både av fosfor- och metallinnehåll. Om vi byter ut sorten mg kg^{-1} mot g ha^{-1} och g kg^{-1} mot kg ha^{-1} för halterna av de olika elementen anger siffrorna i tabell 6 hur mycket av de olika ämnena som tillförs med 1 ton medelslam.

För fosfor gäller att man får sprida högst $22 \text{ kg (ha, år)}^{-1}$ om jordens P-AL-klass är III eller högre (Naturvårdsverket, 1998). Detta är fallet i drygt 85% av åkermarken och desutom är andelen nästan 100 % i de mest tätbebyggda delarna av landet där de största slammängderna produceras (Eriksson *et al.*, 1997).

Tabell 6 . Elementhalter i avloppsslam från alla provtagna reningsverk. Antal analyser = 48 (om asterisk på kemisk symbol = 47). Alla halter anges per TS. Värdena är ej viktade med avseende på producerad mängd.

Element	Medel- värde	Standard- avvikelse	Min. värde	Percentiler					Max. värde	Antal u. det. gr.
				10 %	25%	Median	75%	90%		
TS %	21	5	2	16	18	21	25	27	35	0
Ag mg kg ⁻¹	7,4	6,2	1,1	2,0	3,1	5,4	9,9	16	33	0
As mg kg ⁻¹	4,7	2,6	1,6	2,5	3,0	4,1	5,4	7,5	14	0
Au mg kg ⁻¹	0,79	0,82	0,18	0,25	0,38	0,57	0,99	1,2	5,2	0
B mg kg ⁻¹	61	81	2	8	18	32	58	150	390	0
Ba* mg kg ⁻¹	310	140	120	150	200	290	390	500	650	0
Be* mg kg ⁻¹	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	0,61	46
Bi mg kg ⁻¹	0,73	0,60	0,18	0,34	0,37	0,58	0,83	1,3	3,8	0
Cd mg kg ⁻¹	1,4	1,5	0,58	0,78	0,91	1,2	1,5	1,7	11	0
Ce* mg kg ⁻¹	24	17	3	8	12	20	31	44	82	0
Co mg kg ⁻¹	6,2	5,3	1,5	2,3	3,3	4,5	7,6	9,5	32	0
Cr mg kg ⁻¹	33	16	10	14	21	31	45	54	83	0
Cs mg kg ⁻¹	0,63	0,43	0,11	0,23	0,32	0,52	0,80	1,2	1,9	0
Cu mg kg ⁻¹	390	300	78	140	230	330	450	570	1800	0
Dy* mg kg ⁻¹	1,7	1,2	0,3	0,5	0,7	1,3	2,0	3,2	6,3	0
Er* mg kg ⁻¹	1,0	0,7	<0,1	<0,1	0,4	0,9	1,3	1,9	2,9	6
Eu* mg kg ⁻¹	0,30	0,26	<0,04	<0,04	0,06	0,26	0,48	0,58	1,0	10
Ga* mg kg ⁻¹	3,5	4,9	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	4,4	12	20	25
Gd* mg kg ⁻¹	2,0	1,4	<0,15	<0,15	0,9	1,7	2,6	3,9	6,8	5
Ge* mg kg ⁻¹	4,3	8,7	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	1,1	15	48	35
Hf* mg kg ⁻¹	1,3	1,6	0,2	0,3	0,5	0,8	1,4	3,4	7,4	0
Hg* mg kg ⁻¹	1,1	0,8	0,2	0,4	0,7	0,9	1,3	1,8	4,3	0
Ho* mg kg ⁻¹	0,40	0,25	0,06	0,13	0,21	0,35	0,48	0,78	1,2	0
In mg kg ⁻¹	0,15	0,20	<0,04	<0,04	0,07	0,10	0,14	0,22	1,1	8
Ir mg kg ⁻¹	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,04	0,27	44
La* mg kg ⁻¹	16	12	3	5	7	13	23	31	56	0
Li mg kg ⁻¹	4,3	2,6	1,0	1,7	2,4	3,6	5,3	7,4	13	0
Lu* mg kg ⁻¹	0,19	0,12	0,04	0,07	0,10	0,14	0,24	0,39	0,49	0
Mn mg kg ⁻¹	280	220	46	110	160	230	310	580	1100	0
Mo mg kg ⁻¹	6,7	3,5	2,4	3,4	4,4	6,3	7,9	10	20	0
Nb* mg kg ⁻¹	4,5	4,1	0,7	1,1	1,9	3,1	5,5	11	19	0
Nd* mg kg ⁻¹	11	8,8	1,2	3,5	5,2	8,0	16	23	44	0
Ni mg kg ⁻¹	20	23	7	9	12	15	22	26	168	0
Pb mg kg ⁻¹	33	16	11	17	22	32	39	45	110	0
Pd mg kg ⁻¹	0,16	0,12	<0,04	0,05	0,09	0,13	0,24	0,31	0,56	4
Pr* mg kg ⁻¹	2,8	2,6	<1,1	<1,1	<1,1	2,5	3,5	5,9	12	17
Pt mg kg ⁻¹	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,16	0,20	42
Rb* mg kg ⁻¹	15	10	2,5	4,6	9,4	12	17	26	53	0
Re mg kg ⁻¹	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,08	47
Rh mg kg ⁻¹	0,04	0,05	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,04	0,05	0,31	36
Ru mg kg ⁻¹	0,08	0,12	<0,04	<0,04	<0,04	0,04	0,08	0,12	0,68	25
Sb mg kg ⁻¹	2,4	3,0	0,6	0,9	1,1	1,3	2,7	3,4	18	0
Sc* mg kg ⁻¹	3,2	2,4	<1,1	<1,1	1,4	2,5	4,8	7,0	9,2	10
Se mg kg ⁻¹	1,3	0,5	0,5	0,6	0,8	1,3	1,8	1,9	2,8	0
Sm* mg kg ⁻¹	1,8	1,4	<0,3	0,5	0,8	1,3	2,7	3,6	6,4	2
Sn mg kg ⁻¹	22	9	7	11	15	20	29	34	40	0

Tabell 6. forts.

Element	Medel- värde	Standard- avvikelse	Min. värde	Percentiler					Max. värde	Antal u. det. gr.
				10 %	25%	Median	75%	90%		
Sr mg kg ⁻¹	170	220	31	51	67	110	160	290	1200	0
Ta* mg kg ⁻¹	0,9	0,7	<0,06	0,2	0,5	0,7	1,2	2,3	3,1	1
Tb* mg kg ⁻¹	0,34	0,22	<0,1	0,13	0,17	0,26	0,49	0,64	0,96	2
Te mg kg ⁻¹	0,16	0,16	<0,04	<0,04	0,05	0,09	0,24	0,30	0,84	10
Th* mg kg ⁻¹	2,4	2,6	0,1	0,6	1,0	1,3	2,7	4,4	12	0
Ti mg kg ⁻¹	1800	1200	380	580	910	1400	2200	3800	4600	0
Tl mg kg ⁻¹	0,15	0,08	<0,04	0,09	0,10	0,12	0,18	0,26	0,36	1
Tm* mg kg ⁻¹	0,21	0,17	<0,12	<0,12	<0,12	0,16	0,35	0,47	0,59	19
U* mg kg ⁻¹	10	9,5	1,3	2,6	3,5	8,1	14	24	47	0
V* mg kg ⁻¹	18	13	<2	5	7	15	27	37	44	3
W* mg kg ⁻¹	7,9	19	1,2	1,5	2,1	3,5	5,1	8,8	124	0
Y* mg kg ⁻¹	11	8	<0,5	4	5	8	16	23	32	1
Yb* mg kg ⁻¹	1,1	0,7	<0,24	0,4	0,6	0,9	1,3	2,1	3,5	2
Zn mg kg ⁻¹	550	320	230	320	400	500	620	700	2300	0
Zr* mg kg ⁻¹	53	57	7	16	21	31	57	150	240	0
Al* g kg ⁻¹	40	25	6,8	13	17	39	61	72	92	0
Ca* g kg ⁻¹	28	35	6,2	10	13	19	28	33	190	0
Fe* g kg ⁻¹	49	38	4,4	10	15	45	74	94	150	0
K* g kg ⁻¹	4,4	2,5	0,7	2,2	2,8	3,8	5,1	8,0	12	0
Mg* g kg ⁻¹	3,4	1,1	0,8	2,1	2,5	3,2	4,3	4,7	6,3	0
Mn* g kg ⁻¹	0,31	0,22	0,06	0,13	0,18	0,25	0,35	0,60	1,0	0
Na* g kg ⁻¹	3,5	4,2	0,8	1,6	2,1	2,8	3,2	4,7	30	0
P* g kg ⁻¹	27	8,7	11	17	21	27	32	37	55	0
S g kg ⁻¹	9,0	4,1	4,2	4,9	6,1	8,8	11	12	26	0
Si* g kg ⁻¹	45	25	16	19	31	40	48	70	150	0
Glöd- förlust* %	62	8	36	52	56	62	67	73	76	0

Tabell 7. Jämförelse mellan oviktade medelhalter av olika element i slam enligt tabell 6 och medelhalter som viktats så att värdet representerar den totala slammängd som produceras i Sverige (se Material och metoder, statistik). Värdena jämförs också med de gränsvärden som finns för metallhalter i slam och för hur mycket som i genomsnitt får tillföras åkermark (SFS, 1985; Naturvårdsverket, 1994).

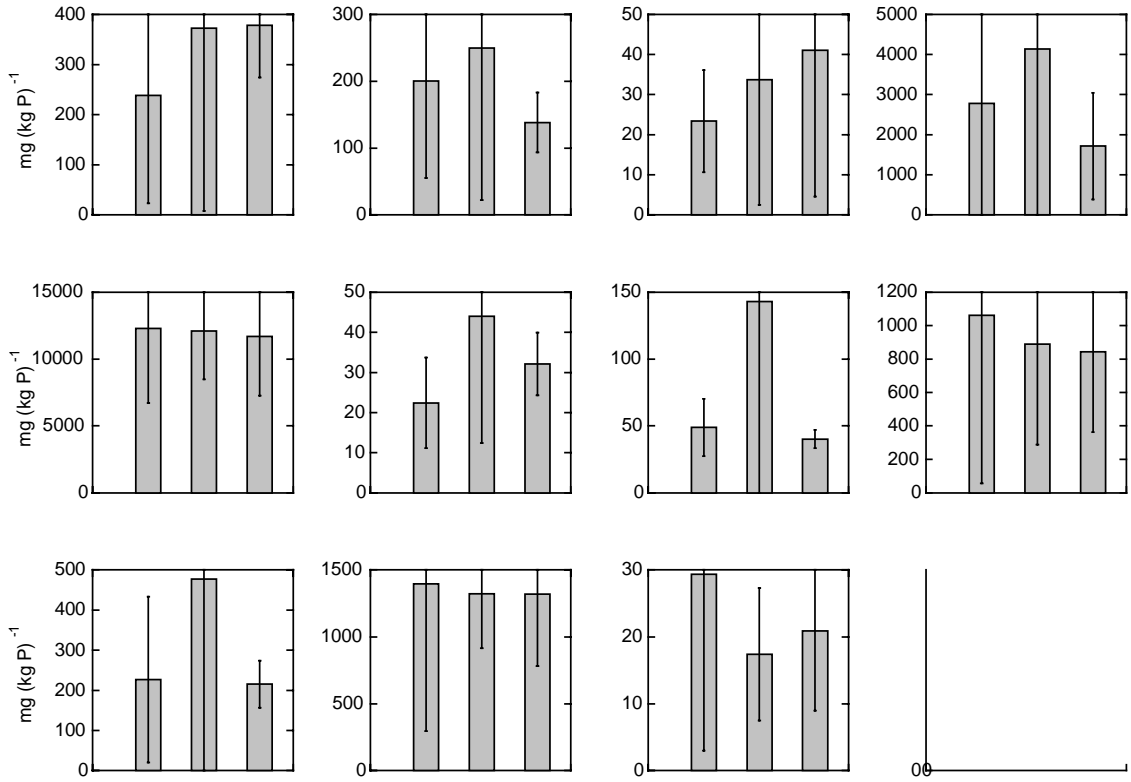
Element		Oviktat medelvärde	Viktat medelvärde	Gränsvärden	
				mg kg ⁻¹	g ha ⁻¹ år ⁻¹
TS	%	21	23		
Ag	mg kg ⁻¹	7,4	10		
As	mg kg ⁻¹	4,7	5,5		
Au	mg kg ⁻¹	0,79	1,0		
B	mg kg ⁻¹	61	65		
Ba	mg kg ⁻¹	310	360		
Be	mg kg ⁻¹	<0,6	<0,6		
Bi	mg kg ⁻¹	0,73	1,0		
Cd	mg kg ⁻¹	1,2	1,4	2	0,75
Ce	mg kg ⁻¹	24	29		
Co	mg kg ⁻¹	6,2	8,3		
Cr	mg kg ⁻¹	33	39	100	40
Cs	mg kg ⁻¹	0,63	0,70		
Cu	mg kg ⁻¹	390	430	600	300
Dy	mg kg ⁻¹	1,7	1,4		
Er	mg kg ⁻¹	1,0	0,9		
Eu	mg kg ⁻¹	0,30	0,27		
Ga	mg kg ⁻¹	3,5*	2,7*		
Gd	mg kg ⁻¹	2,0	2,0		
Ge	mg kg ⁻¹	4,3*	4,8*		
Hf	mg kg ⁻¹	1,3	1,0		
Hg	mg kg ⁻¹	1,1	1,2	2,5	1,5
Ho	mg kg ⁻¹	0,40	0,35		
In	mg kg ⁻¹	0,15	0,18		
Ir	mg kg ⁻¹	<0,04	<0,04		
La	mg kg ⁻¹	16	20		
Li	mg kg ⁻¹	4,3	4,9		
Lu	mg kg ⁻¹	0,19	0,15		
Mn	mg kg ⁻¹	280	280		
Mo	mg kg ⁻¹	6,7	7,7		
Nb	mg kg ⁻¹	4,5	4,4		
Nd	mg kg ⁻¹	11,3	11		
Ni	mg kg ⁻¹	20	22	50	25
Pb	mg kg ⁻¹	33	42	100	25
Pd	mg kg ⁻¹	0,16	0,16		
Pr	mg kg ⁻¹	2,8*	3,0*		
Pt	mg kg ⁻¹	<0,04	<0,04		
Rb	mg kg ⁻¹	15	16		
Re	mg kg ⁻¹	<0,04	<0,04		
Rh	mg kg ⁻¹	0,04*	0,04*		
Ru	mg kg ⁻¹	0,08*	0,09*		

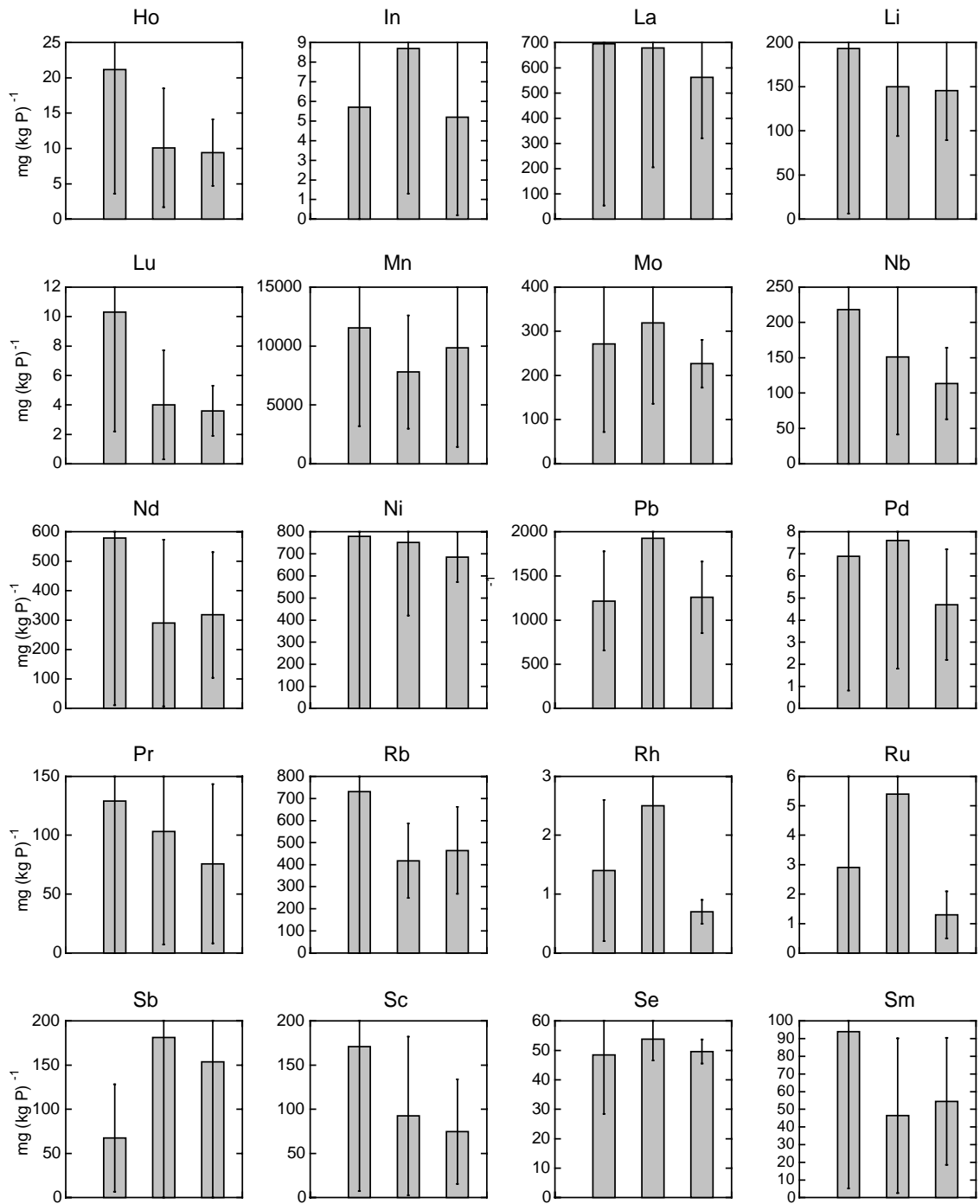
* = osäkert medelvärde, många värden under detektionsgränsen

Tabell 7. fortsättning.

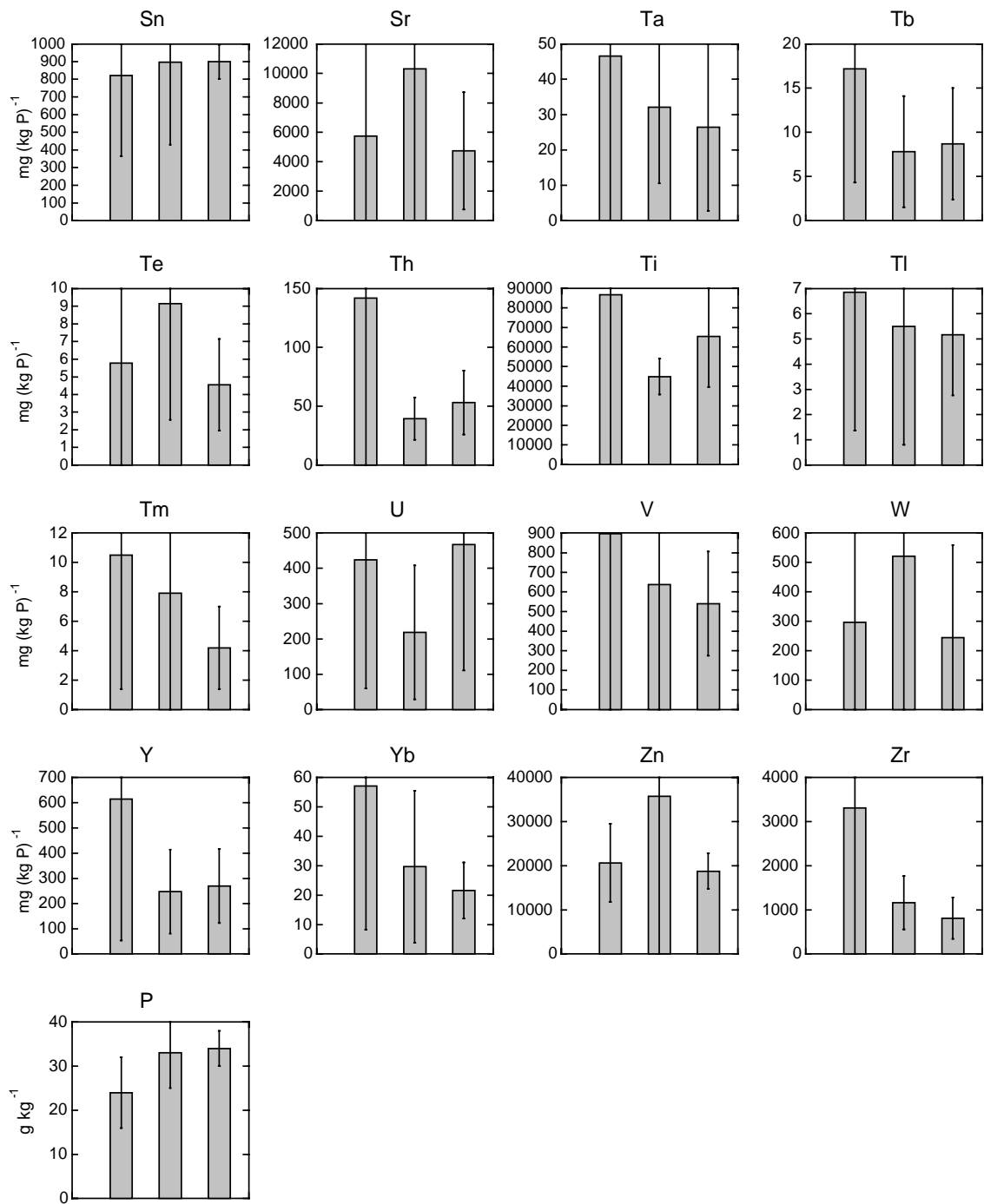
Element	Oviktat medelvärde	Viktat medelvärde	Gränsvärden	
			mg kg ⁻¹	g ha ⁻¹ år ⁻¹
Sb	mg kg ⁻¹	2,4	3,4	
Sc	mg kg ⁻¹	3,2	2,7	
Se	mg kg ⁻¹	1,3	1,6	
Sm	mg kg ⁻¹	1,8	1,8	
Sn	mg kg ⁻¹	22	26	
Sr	mg kg ⁻¹	170	230	
Ta	mg kg ⁻¹	0,94	0,84	
Tb	mg kg ⁻¹	0,34	0,32	
Te	mg kg ⁻¹	0,16	0,17	
Th	mg kg ⁻¹	2,4	1,9	
Ti	mg kg ⁻¹	1800	1800	
Tl	mg kg ⁻¹	0,15	0,16	
Tm	mg kg ⁻¹	0,21*	0,18*	
U	mg kg ⁻¹	10	11	
V	mg kg ⁻¹	18	18	
W	mg kg ⁻¹	7,9	9,9	
Y	mg kg ⁻¹	11	10	
Yb	mg kg ⁻¹	1,1	0,9	
Zn	mg kg ⁻¹	550	680	800 600
Zr	mg kg ⁻¹	53	37	
P	g kg ⁻¹	27	33	

* = osäkert medelvärde, många värden under detektionsgränsen





Figur 1. fortsättning.



Figur 1. fortsättning.

Om vi räknar på medelslammets P-halt på 33 g kg^{-1} (viktat värde) blir den maximala slamgivan ca $0,7 \text{ ton (ha, år)}^{-1}$ på mark med gott fosfortillstånd. På mark med dåligt fosfortillstånd är det tillåtet att sprida 35 kg P kg^{-1} så där kan mer än ett ton medelslam spridas per ha om P är den begränsande faktorn. Bland tungmetallerna är Cd, efter den senaste sänkningen av gränsvärdet, ofta den mest begränsande faktorn för vilken mängd som kan spridas. Av medelslammet får ca drygt $0,5 \text{ ton}$ spridas med avseende på Cd-innehåll enligt våra beräkningar. Av de analyserade 48 reningsverken hade 11 st så höga Cd-halter att givan på årsbasis begränsas till under ett halvt ton. För Cu är motsvarande siffra $0,7 \text{ ton (ha, år)}^{-1}$ och för Zn knappt $0,9 \text{ ton (ha, år)}^{-1}$. Dessa siffror ger bara en översiktlig bild av vilka element som begränsar möjliga spridningsmängder. För slam som innehåller högre halter än medelslammet begränsas givorna naturligtvis ytterligare, medan det motsatta gäller om halterna är lägre än hos medelslammet. Vidare varierar det rimligtvis vilket av ämnena P, Cd, Cu och möjligen Zn som i det enskilda fallet i första hand begränsar givan. En del av det slam som ingått i undersökningen får inte spridas överhuvudtaget eftersom tungmetallhalterna i slammet, som nämnts ovan, är högre än tillåtet.

Stallgödsel och handelsgödsel

Antalet analyserade stallgödselprover är få men resultatet antyder att elementhalterna i flytgödsel från mjölkkor är i nivå med eller lägre än dem i motsvarande gödsel från svin (jfr appendix 2 & 3). Fastgödsel från svin har också i de flesta fall högre halter än flytgödsel från samma djurslag, men exempel på motsatsen finns också. Dessa tendenser stämmer med det mönster som kunde urskiljas i tidigare analyser av de traditionellt mest uppmärksammade spårelementen som gjordes på det större provmaterial från vilket de här analyserade proverna hämtats (Steineck *et al.*, 1999). Halterna i av Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Se och Zn var i den undersökningen oftast högst i fastgödsel från svin och kogödseln hade halter i nivå med eller lägre än halterna i svingödsel. De här redovisade halterna av de aktuella ämnena skiljer i många fall något från dem som redovisas i Steineck *et al.* (1999). Det beror förmodligen i stor utsträckning på vårt urval bara utgör en liten del av Steinecks *et al.* prover. Analysmetoderna är i stort sett desamma men analyserna är gjorda vid olika lab. De inbördes haltrelationerna mellan olika stallgödselslag stämmer dock i stort sett mellan vårt mindre urval av prov och Steinecks *et al.* större urval. Undantaget är Cd i flytgödsel från svin (appendix 2). I Steinecks *et al.* undersökning var halterna i flytgödsel från svin bara hälften av dem i fastgödsel från svin. Uppenbarligen är det här redovisade urvalet inte helt representativt med avseende på Cd.

Skillnaden i spårelementhalter mellan svin- och mjölkogödsel beror enligt Steineck *et al.* (1999) både på djurslag, foderslag och produktion. Halterna i svingödsel är högre på grund av att de utfordras med foder med högre smältbarhet. Detta innebär att fodrets spårelementinnehåll fördelas på en mindre osmältbar restmängd. Produktion med svin innebär också hög tillväxt, vilket i jämförelse med mjölkproduktion innebär större behov av mineralnäringsämnen per energiinnehåll. Data som redovisas i Steineck *et al.* (1999) antyder också att fodermedel till svin ofta innehåller mer Cu än vad som behövs ur produktionssynpunkt. Fastgödsel från svin härrör oftast från smågrisproduktion och höga Zn-halter i detta gödselslag beror förmodligen tillsats av stora doser Zn till fodret

för att förebygga diarréer i samband med att avvänjningen och insättande av nya slaktsvinsomgångar (Simonsson, 1994). Eftersom Zn och Cd är geokemiskt närbesläktade innebär Zn-tillsats ofta också ett tillskott av Cd. De data som redovisas här antyder att många andra element kanske tillförs stallgödseln på samma sätt som de metaller som behandlas i Steineck *et al.* (1999).

Antalet analyserade handelsgödselprov är litet och representerar bara en del av det som saluförs. Resultaten blir därför bara en indikation på vilka elementhalter som handelsgödsel generellt håller. Urvalet innefattar dock de två mest använda NPK- resp. P-gödselmedlen från den i Sverige dominerande tillverkaren. Spårelementhalterna i super-

08 689.0003 Tm (4.17 (PD)) 8j/TT6891048656 85 08 f1.75 0 TD-2.0005 N1 srbcd, jordZ)10.g00746(4.29).)Tj/TT4 1

Tabell 8. Medelhalter av olika element i mg (kg P)⁻¹ i avloppslam (n=47-48), stallgödel från svin och mjölkkor (n=12) samt handelsgödselmedlen NPK-S 21-4-7 (n=2) och P20 (fosforgödselmedel, n=2). Slamdata har viktats med hänsyn till producerad mängd. För detaljerade data om enskilda medel se tabellerna 6 och 7 samt appendix 2, 3 och 4.

	Avloppsslam	Stallgödsel	NPK	P20
Antal	48	12	2	2
Ag	330	0,98	-	0,41*
As	200	52	2,8	34
Au	32	0,16	0,0048	0,013
B	2700	3000	100	84
Ba	11900	3300	16	640
Be	-	5,0	0,34	2,3
Bi	34	0,72	0,015	0,18
Cd	44	12	0,24	16
Ce	1000	180	120	2600
Co	310	51	4,5	15
Cr	1300	350	37	150
Cs	24	5,9	0,32	0,96
Cu	14000	4800	6,9	310
Dy	55	10	10	95
Er	33	5,9	5,0	30
Eu	10	2,9	4,0	63
Ga	110*	27	1,1	2,6
Gd	71	13	14	220
Ge	160*	2,5	0,08	0,79
Hf	39	26	0,54	1,6
Hg	40	0,9	0,04*	0,14
Ho	13	2,1	1,9	14
In	5,7	-	-	-
Ir	-	-	0,0010	0,0043
La	650	110	59	1100
Li	170	44	3	10
Lu	5,5	0,8	0,5	2,6
Mn	9300	17000	1400	1100
Mo	260	307	1	18
Nb	150	12	8	9
Nd	400	78	57	1500
Ni	720	294	22	65
Pb	1500	81	2	25
Pd	5,5	0,49	0,006*	0,016*
Pr	100*	22	15	350
Pt	-	-	0,03	0,02
Rb	550	1600	36	21
Re	-	0,049	0,0008	0,0070
Rh	1,4*	-	-	0,017*
Ru	2,8*	-	-	0,008*

* = osäkert medelvärde, många värden under detektionsgränsen

Tabell 8, fortsättning

	Avloppsslam	Stallgödsel	NPK	P20
Sb	130	6,5	0,2	2,4
Sc	100	14	2,0	16
Se	51	50	0,1	1,1
Sm	66	14	12	290
Sn	870	75	0,4	1,2
Sr	6900	3200	270	6200
Ta	29	1,0	0,4	0,8
Tb	11	2	2	26
Te	5,8	0,4	-	0,024*
Th	73	15	10	130
Ti	63000	2400	370	790
Tl	5,9	2,6	0,18	0,48
Tm	6,7*	0,82	0,64	3,2
U	340	110	2	230
V	650	270	32	200
W	367	6	0,20	0,22
Y	360	69	69	390
Yb	33	5,4	3,7	19
Zn	25000	24000	76	590
Zr	1500	120	17	77

* = osäkert medelvärde, många värden under detektionsgränsen

Tabell 9. Mängd av olika element i 0,7 ton TS avloppslam innehållande 22 kg P samt i motsvarande mängd, med avseende på fosforinnehåll, av stallgödsel (knappt 1 ton TS), NPK och P20. Siffrorna jämförs också med tillförseln i nederbörd och mängderna i mark och gröda på hektarbasis. Beräkningarna utgår från medelhalter (för slam har viktade data från tabell 7 använts. För matjord har en volymvikt på 1,25 kg dm⁻³ och ett djup på 25 cm antagits och för vete en skörd på 6500 kg ha⁻¹. **OBS!** Om den här antagna mängden medelslam tillförs som årgiva överskrider gränsvärdet för tillåten mängd Cd som får tillföras åkermark (0,75 g ha⁻¹ år⁻¹)

Element	Slam g	Stallgöds. g	NPK 21-4-7 g	P20 g	Nederb. g ha ⁻¹ år ⁻¹	Matjord kg ha ⁻¹	Vetekärna g ha ⁻¹
Ag	7,2	0,017	<0,0003	0,009*	0,40	0,36	<0,003
As	3,8	0,98	0,34	0,77	1,8	12	0,19
Au	0,72	0,0025	0,0006	0,0003	0,071	<0,02	<0,003
B	45	55	12	1,9	18	16	4,5
Ba	250	55	2,0	15	8	1900	29
Be	<0,4	0,092	0,041	0,053	0,014*	4,0	<0,003
Bi	0,75	0,013	0,002	0,004	0,033	0,49	0,002
Cd	(1,0)	0,22	0,03	0,37	0,39	0,60	0,21
Ce	20	3,7	15	59	0,34	190	0,022
Co	5,8	0,89	0,54	0,35	0,19	22	0,029
Cr	27	6,8	4,4	3,5	2,5	68	0,066
Cs	0,49	0,11	0,039	0,022	0,074	5,3	0,013
Cu	300	97	0,8	7,2	10	53	28
Dy	1,0	0,20	1,2	2,2	0,018	13	0,0006*
Er	0,63	0,11	0,60	0,68	0,0090	6,9	<0,002
Eu	0,19	0,059	0,48	1,4	0,0056	2,5	<0,007
Ga	1,9*	0,48	0,13	0,058	0,085	28	<0,07
Gd	1,4	0,26	1,7	5,1	0,025	11	0,0011
Ge	3,4*	0,041	0,009	0,018	0,12*	58	<0,02
Hf	0,68	0,42	0,065	0,037	0,011	24	0,0024
Hg	0,83	0,014	0,005*	0,003	<0,25	0,13	<0,7
Ho	0,24	0,039	0,22	0,32	0,0034	2,7	<0,007
In	0,12	<0,01	<0,003	<0,0006	<0,011	<0,12	<0,008
Ir	<0,03	<0,0001	0,0001	0,0001	<0,25	<0,12	<0,009
La	14	2,1	7,0	25	0,20	100	0,011
Li	3,4	0,89	0,37	0,24	0,58	52	0,47
Lu	0,10	0,015	0,057	0,059	0,0012	1,2	<0,007
Mn	190	270	170	25	17	1300	160
Mo	5,4	5,5	0,07	0,41	0,40	1,8	6,5
Nb	3,1	0,23	1,0	0,21	0,023	38	0,006
Nd	7,6	1,5	6,9	35	0,14	90	0,008
Ni	15	5,1	2,7	1,5	3,6	41	1,0
Pb	30	1,4	0,24	0,58	17	55	0,044
Pd	0,12	0,0087	0,0007*	0,0004*	<0,011	0,12*	<0,007
Pr	2,1*	0,42	1,8	7,9	0,042	24	0,002
Pt	<0,04	<0,001	0,003	0,0005	0,25	<0,12	0,001
Rb	11	25	4,4	0,47	1,3	360	17
Re	<0,03	0,0011	0,00009	0,00016	0,002*	<0,12	<0,00065
Rh	0,031*	<0,001	<0,003	0,0004*	<0,011	<0,12	<0,007
Ru	0,061*	<0,001	<0,001	0,0002*	<0,011	<0,12	<0,007

* = osäkert medelvärde, många värden under detektionsgränsen

Tabell 9, fortsättning.

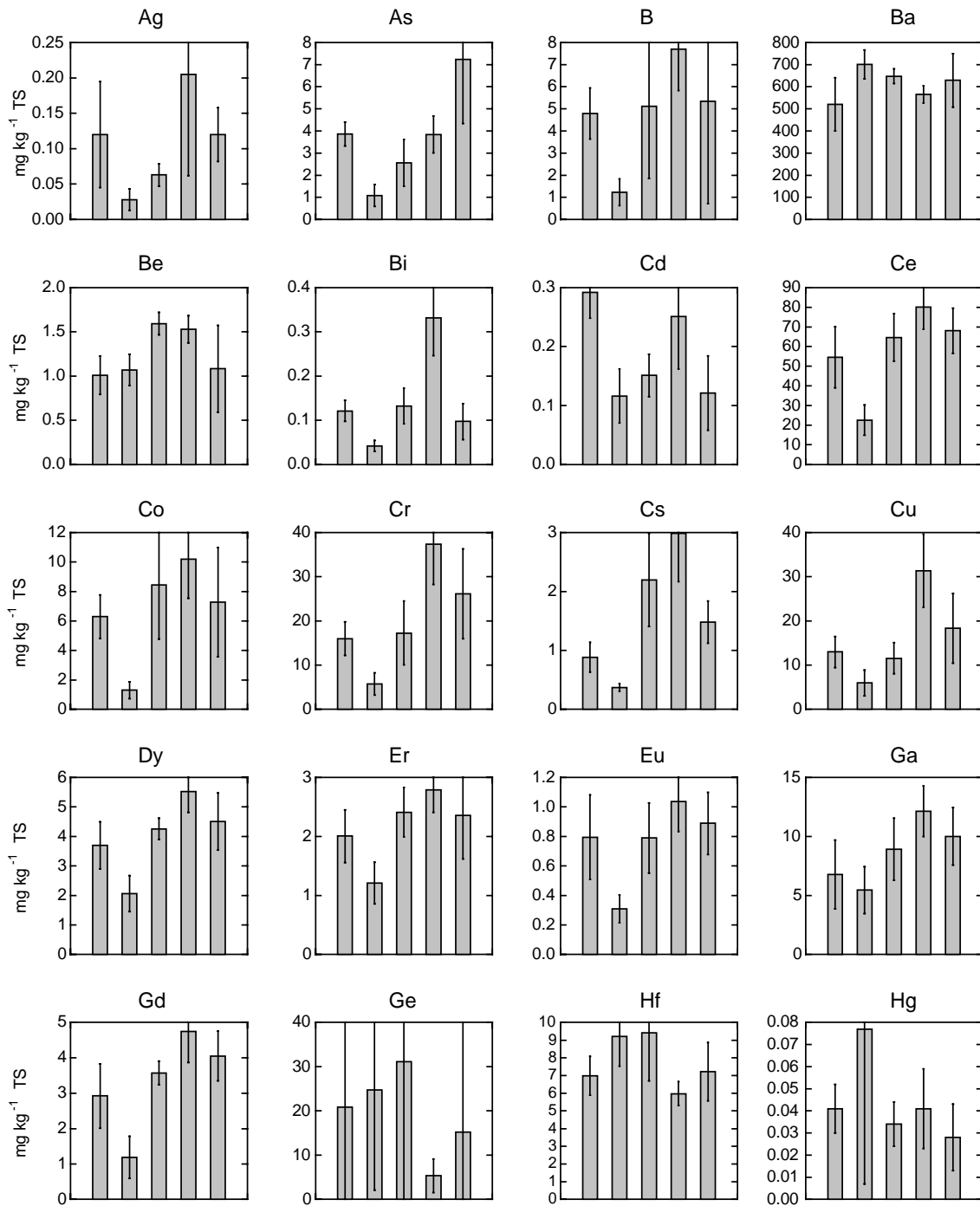
Element	Slam g	Stallgöds, g	NPK 21-4-7 g	P20 g	Nederb, g ha ⁻¹ år ⁻¹	Matjord kg ha ⁻¹	Vetekärna g ha ⁻¹
Sb	2,4	0,12	0,019	0,054	0,80	0,78	0,003
Sc	1,9	0,26	0,24	0,37	0,042	31	<0,007
Se	1,1	0,97	0,013	0,024	1,7	0,73	0,094
Sm	1,3	0,27	1,4	6,6	0,030	14	0,001
Sn	18	1,3	0,050	0,028	60	5,6	0,50
Sr	160	58	32	140	12	510	16
Ta	0,58	0,019	0,048	0,019	0,0015	3,3	0,009
Tb	0,22	0,038	0,24	0,59	0,0035	1,5	<0,007
Te	0,12	0,007	<0,0002	0,0005*	0,022	<0,25	<0,007
Th	1,4	0,26	1,2	3,0	0,024	25	<0,005
Ti	1300	42	45	18	4,2	11000	1,1
Tl	0,11	0,048	0,021	0,011	0,083	0,73	0,001
Tm	0,12*	0,015	0,077	0,074	0,0014	1,0	<0,001
U	7,4	2,2	0,23	5,4	0,021	14	0,001
V	12	5,2	3,8	4,5	5,7	220	0,014
W	6,9	0,098	0,024	0,005	0,12	4,1	0,036
Y	6,8	1,3	8,3	9,0	0,10	84	0,005
Yb	0,61	0,10	0,44	0,44	0,0069	9,2	<0,001
Zn	480	480	9,2	14	110	200	160
Zr	26	2,0	2,0	1,8	0,25	960	0,053

* = osäkert medelvärde, många värden under detektionsgränsen

Vittringen frigör metaller i löslig form vilket innebär att de kan ha lakas ned i alven eller ut ur profilen. I motsatt riktning verkar å andra sidan att många jordar har organogen jordart i matjorden och mineraljordart i alven. Räknat på viktsbasis är spårelementhalterna i organogena jordar ofta högre än i mineraljordar.

Av figur 2 framgår att det ofta är ganska stora skillnader i elementhalter mellan de olika jordartstyperna (matjordarna). De flesta element uppvisar högst halter i de styva lerjordarna från Mälardalen och lägst halter i sandjordarna från Halland. Det ämne som tydligast avviker från detta mönster är germanium (Ge), för vilket halterna var lägst i Mälardalens styva leror och höga i Hallands sandjordar liksom i de skånska moränlerorna och i Västergötlands marina leror. Den relativa halförändringen i matjorden vid tillförsel av en given slammängd kan alltså skilja sig markant mellan olika jordarter.

På sikt beror dock slamtilförselns effekt på jordarnas halter också på i vilken grad de olika elementen lakas ut eller tas upp av och bortförs via grödorna. Sandiga jordar binder många ämnen svagare än mer leriga jordar. Tillförsel av mer lösliga element behöver därför inte leda till större relativa höjningar i sandjordar än i lerjordar, även om halterna av de aktuella elementen är låga i sandjordarna. Å andra sidan riskerar man istället negativa effekter i vattensystemen eller höga halter i grödorna om mängderna av ett element som tillförs med avloppslam är höga och det som tillförs lätt lakas ut eller tas upp av grödorna. Hög biotillgänglighet ökar också risken för toxiska effekter både på markorganismerna och grödorna.



Figur 2. Medelhalter \pm standardavvikelser för de olika elementen i olika jordtyper

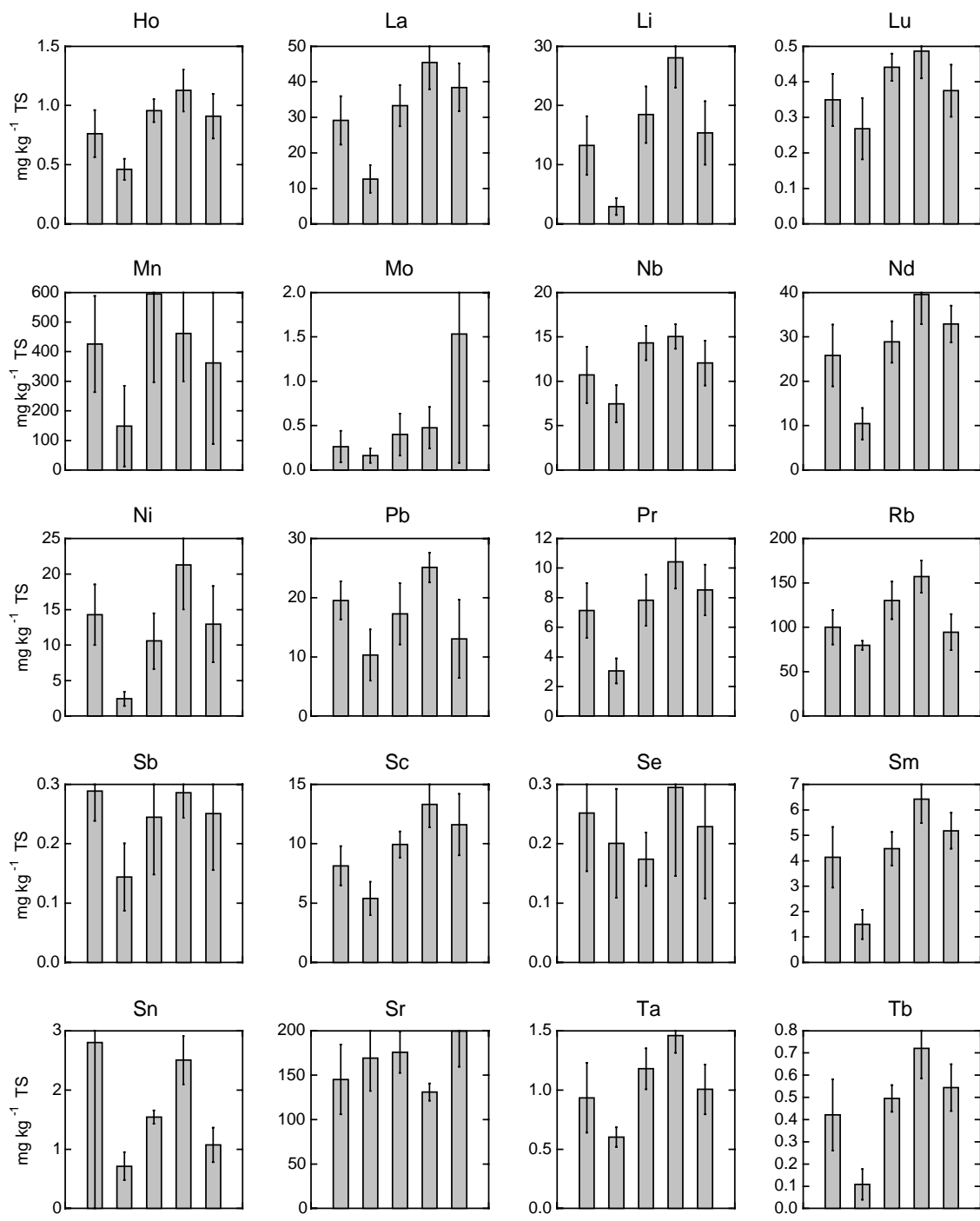
Stapel 1. Moränlera från södra Skåne (5 prov)

Stapel 2. Sandjordar från södra Halland (4 prov)

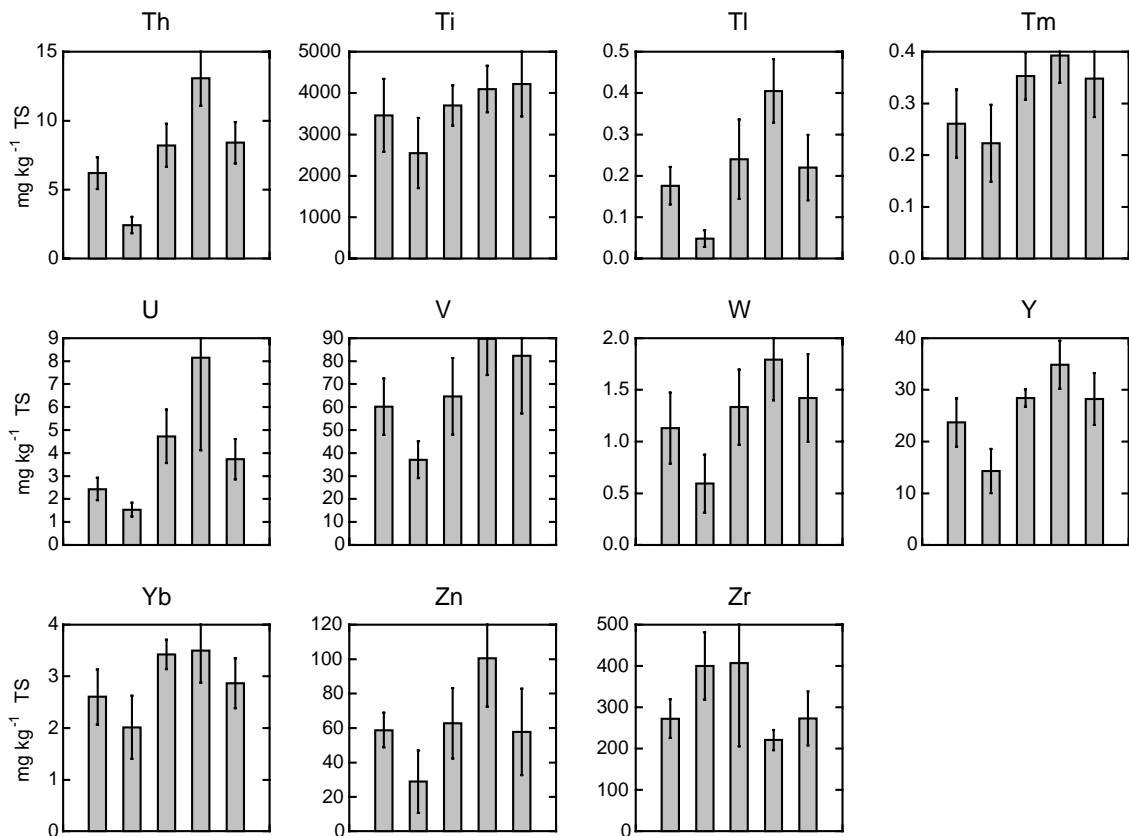
Stapel 3. Lerjordar med marint ursprung från Västergötland (5 prov)

Stapel 4. Styva leror i Mälardalen och Östergötland (6 prov)

Stapel 5. Moiga-mjäliga jordar från de Norrländska älvdalarna (5 prov)



Figur 2. fortsättning.



Figur 2. fortsättning.

I vete- och kornkärna är halterna av de flesta spårelementen låga i absoluta tal (appendix 8 och 9). Undantag är mikronäringsämnen som t ex Cu, Mn och Zn. Även halterna av Ba, Rb och Sr är relativt höga, vilket troligen beror på att halterna i marken är högre än för många andra ämnen samtidigt som de är relativt lättlösliga. När det gäller Cd är vi i Sverige mycket uppmärksamma på halterna i spannmål, speciellt vete. En av de stora kvarnarna i Sverige använder t ex värdet $0,08 \text{ mg kg}^{-1}$ friskvikt som hygieniskt gränsvärde för spannmål för humankonsumtion. Bakgrunden är att vete är det spannmålsslag som har högst halter och vetebaserade produkter är en viktig del av vår kost. Samtidigt finns det indikationer på att det dagliga Cd-intaget hos en normalbefolkning är så pass högt att marginalerna till de nivåer som kan innebära en hälsorisk är liten (Buchet *et al.*, 1990; Barregård *et al.*, 1999).

Jämförelser av halter i de olika materialen

En jämförelse mellan elementhalterna i 0,7 ton avloppsslam och i motsvarande mängd stallgödsel med avseende på fosforinnehåll visar att elementhalterna i slammet i de flesta fall är högre och i många fall betydligt högre än i stallgödseln (tabell 9). Det är endast av B, Hf, Mn, Mo, Rb, Se och Zn som mängderna i slammet är i nivå med eller

mindre än i motsvarande mängd stallgödsel. För en stor del av de övriga elementen är halterna ca 5 ggr högre i avloppslam än i stallgödsel, medan halterna för Ag, Au, W och Hg skiljer sig med en faktor 50 eller mer. Om vi antar att det som återfinns i stallgödseln i hög grad cirkulerar inom jordbruket, och betraktar stallgödseln som en referens för bakgrundshalten i slammet ger skillnaden i halter en grov uppfattning om hur mycket av olika element som tillförts slammet i teknosfären.

Tillförsel av handelsgödsel innebär ett nettotillskott av element. Om man jämför avloppslam och handelsgödsel tillförs större mängder med slammet än med handelsgödseln av flertalet element (tabell 9). Antalet element där handelsgödseln tillför lika mycket eller mer är dock stort. Det rör sig i de flesta fall om lite kända element som Ce, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, Nd, Pr, Sm, Tb, Th och Y. Även La och Sr ingår i denna grupp. De flesta av dessa element tillhör lantanidgruppen. Av de element för vilka restriktioner finns när det gäller spridning med slam är mängderna i slammet betydligt större än i handelsgödseln av Cu, Hg, Pb och Zn. För Cr och Ni är mängderna en faktor ca 6 högre i slammet. För Cd är skillnaden en faktor ca 30 för NPK med Cd-garanti, men bara en faktor ca 3 för P20 utan sådan garanti. Jämfört med själva gränsvärdet för Cd-garantin, 5 mg (kg P)^{-1} , är skillnaden en faktor 9. Även för nyligen uppmärksammade element som Ag, Au och W är mängderna betydligt högre i avloppslam än i handelsgödsel.

Om handelsgödselmedlen jämförs inbördes går det inte att se någon tendens till att halterna av olika element genomgående skulle vara högre i den ena typen än i den andra, utan det varierar från ämne till ämne. Mängderna skiljer sig sällan med mer än en faktor 5.

Tabell 9 visar också som jämförelse hur stora mängder som ungefär tillförs till 1 hektar genom nederbörd och vilka mängder som finns i matjord och vetekärna. Tillskottet via nederbörd är, räknat på årsbasis, för de flesta element litet i jämförelse med tillskottet från en eventuell avloppslamgiva. Av As, B, Pb, Se, Sn och V är det dock av samma storleksordning. Av Se och Sn tillförs enligt våra data, åtminstone på Västkusten där proverna togs, mer med nederbörden än med medelslammet. För selens delar handlar det troligen om tillförsel från havet medan källan till Sn är okänd (se också avsnittet Nederbörd, jord och gröda). Nederbördsdata avser bara våtdeposition, men torrdepositionen måste vara mycket större än våtdepositionen för att ändra på dessa förhållanden. Lite är känt om fördelningen mellan våt- och torrdeposition för de flesta av de aktuella elementen. När det gäller Pb, Cu och Zn är dock torrdepositionen mindre än våtdepositionen, speciellt på öppen (ej beskogad) mark (Monitor, 1987).

Ett sätt att bedöma vilka element som tillförs i sådana mängder via slammet att de bör ägnas särskild uppmärksamhet är att beräkna den tid det tar att fördubbla halterna i matjorden (tabell 10). För att kunna göra denna beräkning har antagits att en genomsnittsgiva på 0,7 ton per år tillförs kontinuerligt. Den första kolumnen visar fördubblingstiden för det slam som hade maxhalter av det aktuella ämnet. Maxhalterna är dock lite osäkra eftersom det som tidigare nämnts kan vara fråga om felmätningar, förorenade slamprov eller tillfälligt förhöjda halter i reningsverken. 90%-percentilen som anger den halt av respektive ämne som 10 % av de analyserade proven ligger vid eller över (eller omvänt 90 % ligger vid eller under) är kanske ett bättre mått på vilka ämnen som är mest kritiska. För guld och silver fördubblas halterna inom några decennier, för guld

Tabell 10. Skattning av antal år det tar att fördubbla halterna i en 25 cm djup matjord med volymvikten $1,25 \text{ kg dm}^{-3}$, om man lägger på 0,7 ton TS slam per ha. Första och andra kolumnen avser slam med maxhalter eller halter som motsvarar 90 %-percentilen enligt tabell 6. Tredje kolumnen avser slam med viktad medelhalt enligt tabell 7. Matjordens halter har beräknats från medelvärdena i appendix 6. För ämnen med medelhalter i matjorden under detektionsgränsen har detta gränsvärde använts för beräkningen. När så skett framgår av "mindre än"-tecknen i tabellen.

Element	Max.	90% perc.	Viktat medel- värde	Element	Max.	90% perc.	Viktat medelv.
Au	<4	<19	<17	Ru	<260	<1500	<2400
Ag	16	30	41	Pd	320	570	1000
Cu	42	130	170	Ni	350	2200	2500
Hg	44	110	150	Se	370	550	630
W	47	660	640	Te	<430	<1200	<2000
B	58	150	360	U	430	820	1400
Sb	62	330	240	Rh	<570	<3400	<4800
Cd	76	510	480	Sr	620	2500	3500
Zn	120	410	430	Ir	<660	-	-
Mo	130	250	320	Pb	720	1760	1830
Bi	180	530	600	Pt	<910	-	-
In	<160	<800	<890	Co	970	3300	3900
Sn	200	240	280				

Beräknade fördubblingstider på mer än 1000 år även vid maxhalter hade Cr, As, Ta, Ge, Mn, Ga, Gd, Tb, Re, Tm, La, Nb, Pr, Tl, Dy, Nd, Sm, Th, Ce, Ho, Er, Eu, Lu, Ti, Y, Yb, Cs, Ba, Hf, Sc, Li, Zr, V, Be och Rb

kan det t o m handla om några få år med slam med maxhalter. Johansson *et al.* (1998) fann i laboratorieförsök att silver, i halter som kan förekomma i slambehandlade jordar, allvarligt kan påverka mikroorganismaktiviteten. Enligt Johansson *et al.* (1998) och Ratte (1999) föreligger dock Ag i slam förmodligen i mer svårösliga former och binds på ett sådant sätt i marken att dess giftighet mildras betydligt under fältförhållanden. När det gäller Au finns det få rapporter om dess toxicitet i biologiska system så det är svårt att bedöma vilka risker förhöjda halter i marken som följd av slamtillförsel kan innebära. Även om giftigheten hos Ag och Au alltid kan ifrågasättas finns det enligt min åsikt ingen anledning att tillföra dessa ämnen i en sådan takt att halterna kan fördubblas på några decennier. När det gäller åkermarken bör man ha ett mycket långsiktigt perspektiv och man bör därför så långt möjligt undvika onödig upplagring av spårelement. Även om ämnena idag framstår som harmlösa vet man aldrig hur framtida ändringar i klimat, odlingssystem mm kan påverka deras biotillgänglighet. Ökad kunskap om ämnena kan också visa att de är mer skadliga än man hittills trott. Man bör därför snarast börja arbeta med att genom olika åtgärder minska innehållet av dessa metaller i slammet. Ett hjälpmedel i arbetet kan vara att sätta gränsvärden.

Även för Cu och Hg är fördubblingstiden relativt kort trots att det för dessa metaller finns gränsvärden för hur mycket som får tillföras. Volfram har relativt kort fördubblingstid räknat på maxhalter. Maxhalten är dock i detta fall ett extremvärde. Om man

räknar på det näst högsta värdet blir fördubblingstiden 95 år och 90%-percentilen motsvarar som framgår av diagrammet en fördubblingstid på 660 år. När det gäller B är fördubblingstiden förmodligen hypotetisk. Bor är relativt lösligt och lakas lätt ut. En tillförsel av stora mängder skulle troligen kompenseras av utlakning. Borbrist är dessutom ett vanligt fenomen för känsliga grödor som oljeväxter och varför ett tillskott av B inte behöver vara negativt. Även Cu och Zn är viktiga mikronäringsämnen. Cirka en fjärdedel av åkermarken har Cu-halter som kan innebära Cu-brist för känsliga grödor. Merparten av dessa marker ligger dock i glesbefolkade områden där det knappast är aktuellt att sprida några större mängder avloppsslam (Eriksson *et al.*, 1997). Zinkbrist är, såvitt jag vet, mycket ovanligt på svensk åkermark.

Motsvarande fördubblingstider vid tillförsel av de handelsgödselmedel som analyserats i detta projekt var betydligt längre än de för slammet och redovisas därför ej i tabellen. Beräkningen baserades på medelhalter. De kortaste fördubblingstiderna på ca 1000 år hade B vid tillförsel av NPK och Cd vid tillförsel av P20. För merparten av de aktuella elementen var fördubblingstiden tiotusentals år. I detta sammanhang skall man också hålla i minnet att beräkningarna för jämförbarhetens skull avser en mängd av både slam och handelsgödselmedel som innehåller 22 kg P. Idag är medelgivan av P med handelsgödsel ca 10 kg ha⁻¹ (SCB, 2000).

Det kan invändas att fördubblingstiderna borde beräknas på hela landets åkerareal inte, som här, i princip på ett enskilt fält som kontinuerligt tillförs slam. Om man tillför 0,7 ton avloppsslam per ha och år räcker den tillgängliga slammängden bara till drygt 10 % av landets totala åkermarksareal. Avloppsslam har dock aldrig fördelats jämnt över åkerarealen och så kommer troligen ej heller att bli fallet i framtiden, om inte annat så av logistiska skäl. För att hålla nere transportkostnaderna vill man helst sprida slammet så nära källan som möjligt. Att kontinuerligt under lång tid tillföra 0,7 ton slam per ha och år till ett enskilt fält är förmodligen inte heller helt realistiskt. De logistiska skälen och det motstånd som i nuläget finns hos de flesta lantbrukare att ta emot slam medför dock praktiken att de genomsnittliga givorna på enskilda fält kan bli ganska höga. Avsikten med ovanstående beräkningar av fördubblingstider var som angetts att genom en teoretisk beräkning sortera fram vilka av de undersökta elementen som bör ägnas särskild uppmärksamhet. Då är det mer rimligt att göra beräkningen för ett enskilt fält som tillförs någorlunda realistiska mängder, än för hela åkerarealen.

Erkännade

Jag vill tacka följande personer och organisationer som på olika sätt bidragit till denna undersökning.

- Personalen på de olika reningsverken som tog ut de analyserade slamproven.
- Personalen på SGAB Analytica som analyserade proverna.
- Cynthia de Wit, Alison Alan m fl på ITM som organiserade slamprovtagningen och försåg oss med data över de deltagande reningsverken.
- Karin Kindbom på IVL, Göteborg som ställde nederbördsproverna till förfogande.
- Naturvårdsverket, Vatten- och Avloppsverksföreningen och Lantbrukarnas Riksförbund som finansierat undersökningen.

Litteraturförteckning

- Andersson A (1992): **Trace elements in agricultural soils - fluxes, balances and background values** – Swedish Environmental Protection Agency, report 4077.
- Barregård L, Svalander C, Schütz A, Westberg G, Sällsten G, Blohme I, Molne J, Attman P O och Haglind P (1999): **Cadmium, mercury, and lead in kidney cortex of the general Swedish population: a study of biopsies from living kidney donors** – Environ. Health Perspect. 107, 867-871.
- Buchet J P, Lauwerys R, Roels H, Bernard A, Braux P, Claeys F, Ducoffre G, de Plaen P, Staessen J, Amery A, Lijnen P, Thijs L, Rondia D, Sartor F, Saint Remy A and Nick L (1990): **Renal effects of cadmium body burden of general population** – Lancet 336, 699-702.
- Eriksson J, Andersson A and Andersson R (1997): **Tillståndet i svensk åkermark** – Naturvårdsverket, rapport 4778. p 59.
- Johansson M, Pell M and Stenström J (1998): **Kinetics of Substrate-Induced Respiration (SIR) and denitrification: Applications to a soil amended with silver** – Ambio 27, 40-44.
- Kabata-Pendias A and Pendias H (1992): **Trace elements in soils and plants** – CRC Press, Florida, 365 s.
- Kindbom K, Sjöberg K, Munthe J, Peterson K, Persson C och Ullerstig A (1997): **Nationell miljöövervakning av luft- och nederbördskemi. Övervakning av svavel- och kväveföreningar, ozon, baskatjoner, tungmetaller och kvicksilver i bakgrundsmiljö. Rapportering av 1995 års mätresultat inom EMEP och Luft- och nederbördskemiska nätet samt spridnings- och depositionsberäkningar med MATCH-Sverige** – IVL B-1252.
- Naturvårdsverket (1994): **Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket** – Statens naturvårdsverks författningssamling, SNFS 1994:2, MS 72.
- Naturvårdsverket (1998): **Statens naturvårdsverks föreskrifter om ändring i kungörelsen (SNFS 1994:2) med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket** – Statens naturvårdsverks författningssamling, SNFS 1998:4.
- Monitor (1987): **Tungmetaller - förekomst och omsättning i naturen** – Naturvårdsverket
- Ratte H T (1999): **Bioaccumulation and toxicity of silver compounds: A review** – Environ. Toxicol. Chem. 18, 89-108.
- SCB (1999): **Utsläpp till vatten och slamproduktion 1998. Kommunala reningsverk och viss kustindustri** – Mi 22 SM 9901, Naturvårdsverket och Statistiska Centralbyrån.
- SFS (1985): **Förordningen om vissa hälso- och miljöfarliga produkter m m** – SFS Rapport 3829.
- Simonsson A (1994): **Näringsrekommendationer och fodermedelstabeller till svin** – SLU info rapporter, SLU, Husdjur 75, Uppsala.

Steineck S, Gustafson G, Andersson A, Tersmeden M och Bergström J (1999): **Stallgödslens innehåll av växtnäringsämnen och spårelement** – Naturvårdsverket, rapport 4974.

Appendix 1. Torrsubstanshalt, elementhalter och glödförlust hos slam från enskilda reningsverk. Alla elementhalter anges per torrsubstans.

Reningsverk	TS %	Ag mg kg ⁻¹	As mg kg ⁻¹	Au mg kg ⁻¹	B mg kg ⁻¹	Ba mg kg ⁻¹	Be mg kg ⁻¹	Bi mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹
Arvika	2	6,1	2,9	2,13	22	-	-	0,42	1,41
Bengtfors	16	8,3	1,6	0,26	7	196	<0,6	1,58	0,69
Billingsfors	18	2,4	2,6	0,50	14	306	<0,6	0,47	1,15
Borgholm	20	10,3	3,8	0,29	26	528	<0,6	0,63	0,95
Borås	25	9,9	3,4	0,80	145	469	<0,6	0,69	1,27
Broby	15	3,7	5,4	0,54	19	410	<0,6	0,67	1,26
Bromma	29	18,2	4,4	1,41	85	267	<0,6	1,57	1,18
Bräkne-Hoby	20	8,6	3,6	0,32	111	365	<0,6	0,34	2,09
Bålsta	20	2,9	2,9	1,16	49	138	<0,6	0,51	1,08
Emmaboda	25	3,6	5,4	0,31	33	360	<0,6	0,36	0,90
Flen	18	2,4	3,0	0,43	52	186	<0,6	0,70	0,85
Gimo	16	2,8	14,2	0,39	17	279	<0,6	0,49	1,26
Grästorps	16	1,7	4,3	0,69	26	343	<0,6	0,30	2,55
Hagfors	20	1,1	3,0	0,42	8	393	<0,6	0,38	1,14
Henriksdal	27	15,5	5,9	0,98	48	339	<0,6	1,43	1,55
Himmersfj.	22	8,5	2,7	1,06	36	274	<0,6	1,12	1,10
Hönö	21	3,3	9,4	0,46	13	127	<0,6	0,41	0,84
Hörby	35	7,7	2,3	0,24	69	142	<0,6	0,18	0,88
Jönköping	21	18,0	4,8	1,01	87	517	<0,6	0,82	1,64
Kil	25	5,4	2,6	0,45	19	128	<0,6	0,41	0,78
Kiruna	18	5,3	12,6	0,71	345	258	<0,6	0,86	11,20
Klagshamn	23	3,2	4,1	0,24	24	475	<0,6	0,94	1,65
Klippan	27	7,0	2,2	0,34	35	212	<0,6	0,49	0,97
Käppala	24	11,4	6,1	5,18	25	340	<0,6	1,25	1,46
Ljusdal	17	10,7	4,3	0,92	6	201	<0,6	0,60	0,83
Loudden	22	32,7	4,0	2,92	15	185	<0,6	1,91	1,70
Ludvika	20	3,9	2,3	0,19	194	280	<0,6	0,21	1,23
Mariestad	21	6,3	3,4	0,84	108	622	<0,6	0,60	1,36
Mellerud	20	15,2	6,0	1,27	71	404	<0,6	0,34	0,99
Mora	13	1,8	1,7	0,45	392	119	<0,6	0,73	0,92
Nordmaling	24	2,7	3,0	0,43	169	215	0,61	0,34	0,92
Norrköping	22	11,2	3,2	0,63	21	375	<0,6	0,67	1,28
Rimbo	19	3,8	4,6	1,08	36	294	<0,6	0,91	1,01
Rimforsa	17	2,8	3,3	0,71	30	208	<0,6	0,35	1,89
Ryaverket	25	10,0	4,8	0,70	51	377	<0,6	1,15	1,57
Sjölundaverket	21	17,3	7,0	1,02	43	649	<0,6	0,89	1,35
Skärplinge	17	7,4	4,2	0,80	222	250	<0,6	0,56	1,23
Stenungsund	14	4,2	4,8	0,68	15	163	<0,6	0,52	0,77
Stöde	25	2,0	4,0	0,49	55	159	<0,6	0,24	0,79
Svedala	28	3,4	3,1	0,56	20	345	<0,6	0,34	0,58
Trelleborg	25	5,4	7,3	1,02	50	495	<0,6	3,84	1,65
Trollhättan	22	4,6	8,3	0,26	17	422	<0,6	0,36	1,59
Veberöd	22	6,6	3,6	0,58	23	339	<0,6	0,66	1,12
Åredalen	19	19,5	2,7	0,55	7	192	<0,6	0,34	0,64
Årjäng	25	4,6	4,7	0,20	8	272	<0,6	0,61	1,59
Åstorp	25	5,8	5,1	1,04	39	596	<0,6	0,76	1,29
Örnsköldsvik	31	1,9	8,0	0,31	29	378	<0,6	0,44	1,18
Övertorneå	24	1,9	7,2	0,18	2	206	<0,6	0,49	0,68

Appendix 1. fortsättning.

Reningsverk	Ce mg kg ⁻¹	Co mg kg ⁻¹	Cr mg kg ⁻¹	Cs mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Dy mg kg ⁻¹	Er mg kg ⁻¹	Eu mg kg ⁻¹	Ga mg kg ⁻¹
Arvika	-	4,1	27	0,98	304	-	-	-	-
Bengtfors	25	2,1	10	0,24	520	1,5	0,9	0,42	<1,1
Billingsfors	19	2,4	13	0,71	311	1,7	1,0	0,19	<1,1
Borgholm	9	3,9	29	0,32	392	0,5	0,3	0,13	<1,1
Borås	15	6,2	54	0,39	295	1,4	1,2	0,46	3,3
Broby	43	6,9	48	0,34	281	3,0	1,7	0,56	6,8
Bromma	31	4,6	31	0,58	465	0,5	0,3	<0,04	<1,1
Bålsta	7	3,2	21	0,41	246	1,6	1,0	0,35	3,9
Bräkne-Hoby	30	4,0	16	0,44	203	1,9	1,5	0,56	<1,1
Emmaboda	33	4,5	14	0,11	144	2,0	0,7	0,45	<1,1
Flen	13	3,9	22	0,96	343	1,0	0,1	<0,04	<1,1
Gimo	25	17,6	42	0,32	1820	1,8	1,3	0,35	20,2
Grästorps	32	3,9	25	1,90	583	2,6	1,6	0,50	12,2
Hagfors	46	2,8	38	0,78	120	4,4	2,7	0,92	4,7
Henriksdal	29	9,7	35	0,86	427	1,3	1,2	0,15	<1,1
Himmersfj.	16	5,7	83	0,47	329	0,9	0,8	0,31	<1,1
Hönö	22	1,5	40	0,21	219	1,3	0,9	0,11	<1,1
Hörby	11	2,9	10	0,16	206	0,5	0,4	<0,04	<1,1
Jönköping	13	6,6	48	0,51	459	0,8	0,5	0,21	<1,1
Kil	22	7,1	33	0,74	193	1,1	0,8	0,06	4,0
Kiruna	15	32,4	33	0,43	244	1,9	1,3	0,58	6,3
Klagshamn	57	6,6	49	0,23	1180	0,5	0,4	0,05	2,8
Klippan	12	8,8	21	0,30	172	1,0	<0,1	<0,04	<1,1
Käppala	18	7,8	27	0,66	441	1,0	0,7	0,09	<1,1
Ljusdal	26	2,1	56	0,39	109	2,9	2,5	0,55	12,1
Loudden	10	8,2	20	0,53	393	0,5	0,3	<0,04	<1,1
Ludvika	20	3,9	36	0,33	141	3,5	1,8	0,72	3,5
Mariestad	34	4,6	29	0,91	412	3,3	1,3	0,51	<1,1
Mellerud	33	4,3	49	1,58	238	3,1	2,0	0,58	12,1
Mora	5	1,9	17	0,16	330	0,4	0,4	<0,04	<1,1
Nordmaling	30	3,5	22	1,11	78	1,6	0,8	0,35	<1,1
Norrköping	17	6,9	39	0,74	366	1,1	0,4	0,26	2,7
Rimbo	10	9,3	44	0,59	532	0,7	<0,1	<0,04	<1,1
Rimforsa	3	3,4	13	0,53	555	0,9	0,7	0,24	3,6
Ryaverket	41	9,3	44	1,44	506	3,2	1,6	0,43	8,5
Sjölundaverket	56	7,5	38	0,38	855	0,5	0,4	0,22	<1,1
Skärplinge	8	19,4	25	0,46	919	0,6	<0,1	<0,04	<1,1
Stenungsund	13	3,9	20	0,73	358	1,2	<0,1	<0,04	<1,1
Stöde	15	3,2	24	1,24	409	1,7	1,1	0,57	<1,1
Svedala	5	2,2	11	0,15	176	0,3	<0,1	0,07	<1,1
Trelleborg	72	11,9	52	0,36	324	1,1	1,3	0,41	1,2
Trollhättan	21	4,6	51	1,18	235	1,6	1,0	0,38	1,5
Veberöd	6	4,7	27	0,30	563	0,3	<0,1	<0,04	<1,1
Åredalen	9	2,5	14	0,65	314	0,7	0,3	0,09	5,5
Årjäng	38	3,7	55	1,07	311	3,9	2,2	0,61	11,8
Åstorp	12	7,7	32	0,57	370	1,7	1,5	0,28	1,7
Örnsköldsvik	82	8,8	60	1,72	126	6,3	2,9	1,04	18,6
Övertorneå	22	2,4	56	0,28	288	2,4	1,3	0,22	5,5

Appendix 1. fortsättning.

Reningsverk	Gd mg kg ⁻¹	Ge mg kg ⁻¹	Hf mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹	Ho mg kg ⁻¹	In mg kg ⁻¹	Ir mg kg ⁻¹	La mg kg ⁻¹	Li mg kg ⁻¹
Arvika	-	-	-	1,04	-	0,11	<0,05	-	5,5
Bengtfors	2,9	<1,1	2,07	1,53	0,41	<0,04	<0,04	21	1,5
Billingsfors	2,6	<1,1	0,18	0,77	0,44	<0,04	<0,04	16	2,4
Borgholm	0,9	<1,1	0,21	0,62	0,13	0,09	0,09	4	2,4
Borås	1,5	<1,1	0,97	1,23	0,37	0,13	<0,04	14	2,7
Broby	3,3	<1,1	0,65	0,80	0,74	0,16	<0,04	33	2,3
Bromma	0,6	<1,1	0,45	1,00	0,17	0,62	<0,04	24	5,7
Bräkne-Hoby	2,3	<1,1	0,25	4,27	0,48	0,25	<0,04	23	3,6
Bålsta	2,0	21	0,71	0,60	0,47	0,07	<0,04	10	3,0
Emmaboda	2,1	<1,1	1,15	0,75	0,39	0,06	<0,04	26	1,6
Flen	1,0	<1,1	0,54	0,87	0,26	0,05	<0,04	8	5,5
Gimo	1,7	<1,1	1,49	2,17	0,41	0,08	<0,04	7	2,5

Appendix 1. fortsättning.

Reningsverk	Lu mg kg ⁻¹	Mn mg kg ⁻¹	Mo mg kg ⁻¹	Nb mg kg ⁻¹	Nd mg kg ⁻¹	Ni mg kg ⁻¹	Pb mg kg ⁻¹	Pd mg kg ⁻¹	Pr mg kg ⁻¹
Arvika	-	277	4,4	-	-	21	35	0,27	-
Bengtfors	0,12	208	4,0	0,9	15	168	24	0,23	3,3
Billingsfors	0,18	317	4,9	1,0	17	9	28	0,09	3,0
Borgholm	0,08	1060	7,0	1,1	4	17	16	0,07	<1,1
Borås	0,15	899	6,4	4,4	11	14	36	0,27	2,8
Broby	0,44	463	6,7	6,3	25	14	39	0,16	5,2
Bromma	0,07	169	7,4	7,2	5	31	35	0,13	<1,1
Bräkne-Hoby	0,24	158	7,3	1,6	17	14	34	0,08	4,2
Bålsta	0,13	129	4,7	1,2	8	15	19	0,15	2,8
Emmaboda	0,25	213	2,9	2,6	18	13	22	0,07	2,5
Flen	0,14	159	3,7	2,1	5	14	25	0,05	<1,1
Gimo	0,25	241	7,3	10,5	6	12	40	0,06	1,9
Grästorps	0,20	951	4,3	5,0	21	13	24	0,09	6,1
Hagfors	0,45	167	3,4	5,8	34	8	26	0,12	9,0
Henriksdal	0,12	197	6,4	3,1	14	26	49	0,11	3,1
Himmersfj.	0,13	161	12,6	2,6	8	22	28	0,05	1,4
Hönö	0,19	65	3,8	4,0	5	9	17	0,11	<1,1
Hörby	0,06	240	3,4	1,4	6	8	11	<0,04	<1,1
Jönköping	0,08	540	6,1	2,2	6	24	44	0,18	1,6
Kil	0,23	237	4,5	4,1	5	17	39	<0,04	<1,1
Kiruna	0,20	134	11,5	1,2	15	23	110	0,19	3,5
Klagshamn	0,04	182	9,6	13,8	3	20	32	<0,08	<1,1
Klippan	0,10	214	14,5	1,0	6	22	18	0,10	<1,1
Käppala	0,10	176	8,4	2,3	8	27	39	0,31	1,9
Ljusdal	0,49	67	7,3	9,6	9	7	38	0,25	3,3
Loudden	0,06	134	5,9	3,7	4	18	43	0,56	<1,1
Ludvika	0,48	137	7,9	3,3	19	14	17	0,15	4,3
Mariestad	0,31	590	8,1	3,5	22	18	42	0,32	4,7
Mellerud	0,33	364	2,4	11,8	18	13	46	0,53	4,1
Mora	0,14	46	3,3	1,8	4	9	39	0,09	<1,1
Nordmaling	0,19	102	2,7	3,6	14	14	19	0,11	2,9
Norrköping	0,10	251	6,4	3,2	8	20	33	0,15	2,5
Rimbo	0,12	293	9,7	2,4	3	22	27	0,10	<1,1
Rimforsa	0,13	196	7,0	1,7	5	10	30	0,17	1,7
Ryaverket	0,21	405	6,3	5,1	24	22	52	0,09	6,8
Sjölundaverket	0,07	276	7,5	2,4	5	24	63	0,17	<1,1
Skärplinge	0,07	305	20,2	0,7	3	13	40	0,26	<1,1
Stenungsund	0,08	142	5,6	19,4	6	16	33	0,11	<1,1
Stöde	0,17	114	4,9	1,9	11	12	21	0,33	3,1
Svedala	0,07	236	3,8	1,0	1	8	11	0,09	<1,1
Trelleborg	0,12	262	8,9	9,2	6	39	42	0,31	9,6
Trollhättan	0,16	245	15,5	3,1	13	15	29	0,12	3,6
Veberöd	0,12	253	4,9	2,3	1	17	18	0,13	<1,1
Åredalen	0,06	155	3,4	2,0	5	11	14	0,17	1,1
Årjäng	0,34	585	5,2	12,4	23	9	33	0,15	5,7
Åstorp	0,24	572	8,1	1,9	9	17	36	0,30	3,1
Örnsköldsvik	0,43	335	8,2	11,3	44	32	28	<0,04	11,8
Övertorneå	0,36	50	5,7	7,9	9	8	21	0,24	<1,1

Appendix 1. fortsättning.

Reningsverk	Pt mg kg ⁻¹	Rb mg kg ⁻¹	Re mg kg ⁻¹	Rh mg kg ⁻¹	Ru mg kg ⁻¹	Sb mg kg ⁻¹	Sc mg kg ⁻¹	Se mg kg ⁻¹	Sm mg kg ⁻¹
Arvika	<0,05	-	<0,05	<0,04	<0,04	1,8	-	1,36	-
Bengtfors	<0,04	10	<0,04	<0,04	<0,04	1,6	<1,2	0,71	2,18
Billingsfors	<0,04	12	<0,04	<0,04	<0,04	1,0	1,5	1,87	2,21
Borgholm	<0,04	7	<0,04	<0,04	<0,04	1,1	<1,2	1,76	0,73
Borås	<0,04	9	<0,04	0,04	0,05	17,8	6,4	1,62	2,06
Broby	<0,04	9	<0,04	0,04	0,07	1,3	7,5	1,76	3,51
Bromma	<0,04	12	<0,04	<0,04	0,05	2,8	3,0	1,86	0,79
Bräkne-Hoby	<0,04	16	<0,04	<0,04	<0,04	1,9	2,5	1,91	3,28
Bålsta	<0,04	9	<0,04	<0,04	0,05	1,3	2,3	1,86	1,31
Emmaboda	<0,04	5	<0,04	<0,04	0,06	5,8	1,2	0,63	2,77
Flen	<0,04	17	<0,04	<0,04	<0,04	1,1	1,4	1,65	0,88
Gimo	<0,04	12	<0,04	<0,04	<0,04	1,0	5,7	2,78	0,90
Grästorps	<0,04	30	<0,04	<0,04	<0,04	0,9	2,8	1,30	3,20
Hagfors	<0,04	36	<0,04	<0,04	0,09	0,8	5,7	0,54	5,10
Henriksdal	<0,04	24	<0,04	<0,04	<0,04	3,3	2,7	1,60	2,82
Himmersfj.	<0,04	13	<0,04	<0,04	<0,04	2,6	1,8	1,81	1,34
Hönö	<0,04	3	<0,04	<0,04	<0,04	1,3	4,5	1,15	0,66
Hörby	<0,04	4	<0,04	<0,04	0,08	0,6	<1,2	0,63	0,37
Jönköping	<0,04	13	<0,04	<0,04	0,05	3,5	1,5	1,54	1,02
Kil	<0,04	3	<0,04	<0,04	<0,04	1,1	5,4	0,74	1,23
Kiruna	0,14	10	<0,04	0,05	0,10	13,4	4,8	1,12	2,19
Klagshamn	<0,08	10	<0,08	<0,04	<0,04	1,5	<1,2	2,18	<0,3
Klippan	<0,04	8	<0,04	<0,04	<0,04	1,3	<1,2	0,94	0,81
Käppala	<0,04	14	<0,04	<0,04	0,09	3,0	2,6	1,92	1,65
Ljusdal	0,14	10	<0,04	0,05	0,32	1,6	9,2	0,81	2,21
Loudden	0,13	11	<0,04	0,05	0,10	3,2	3,2	1,69	0,52
Ludvika	<0,04	18	<0,04	<0,04	0,08	1,3	3,7	0,52	2,87
Mariestad	0,04	15	<0,04	0,05	0,12	2,2	4,6	1,65	3,71
Mellerud	<0,08	43	<0,08	<0,08	<0,08	2,7	8,0	1,27	3,02
Mora (ÖNA)	<0,04	2	<0,04	<0,04	<0,04	1,2	<1,2	0,52	0,47
Nordmaling	<0,04	26	<0,04	<0,04	<0,04	1,2	2,1	0,84	2,20
Norrköping	<0,04	17	<0,04	<0,04	0,08	3,6	<1,2	1,38	1,03
Rimbo	<0,04	10	<0,04	<0,04	<0,04	2,9	1,6	0,74	0,68
Rimforsa	<0,04	12	<0,04	0,04	0,22	1,2	3,2	0,88	1,16
Ryaverket	<0,04	25	<0,04	<0,04	<0,04	3,4	2,5	1,39	3,90
Sjölundaverket	<0,04	10	<0,04	<0,04	<0,04	3,3	<1,2	1,82	0,83
Skärplinge	<0,04	11	<0,04	<0,04	<0,04	0,9	1,9	0,69	0,39
Stenungsund	<0,04	14	<0,04	<0,04	<0,04	1,3	4,7	1,23	1,07
Stöde	0,20	25	0,08	0,09	0,39	0,9	4,8	0,65	2,25
Svedala	<0,04	4	<0,04	0,13	0,05	0,8	<1,2	1,11	<0,3
Trelleborg	0,19	10	<0,04	0,31	0,68	1,5	2,5	1,73	1,22
Trollhättan	<0,04	24	<0,04	0,05	0,12	2,0	2,4	2,21	2,61
Veberöd	<0,04	6	<0,04	<0,04	0,06	1,3	<1,2	1,61	0,54
Åredalen	<0,08	12	<0,08	<0,04	<0,04	1,2	1,6	1,32	0,73
Årjäng	<0,08	27	<0,08	<0,08	<0,08	1,3	8,4	0,76	4,04
Åstorp	<0,04	18	<0,04	0,06	0,11	2,2	5,1	1,90	1,53
Örnsköldsvik	<0,04	53	<0,04	<0,04	<0,04	0,8	7,6	0,86	6,36
Övertorneå	<0,04	11	<0,04	<0,04	0,05	1,2	6,7	0,56	1,98

Appendix 1. fortsättning.

Reningsverk	Sn mg kg ⁻¹	Sr mg kg ⁻¹	Ta mg kg ⁻¹	Tb mg kg ⁻¹	Te mg kg ⁻¹	Th mg kg ⁻¹	Tl mg kg ⁻¹	Tm mg kg ⁻¹	U mg kg ⁻¹
Arvika	25	-	-	-	0,24	-	0,12	-	-
Bengtfors	11	207	<0,06	0,78	<0,04	0,5	0,10	<0,12	2,7
Billingsfors	21	83	0,06	0,73	0,08	0,5	0,09	0,20	14,2
Borgholm	16	181	0,61	0,17	0,09	0,9	0,12	<0,12	8,4
Borås	31	84	2,50	0,23	0,16	0,8	0,15	0,25	5,3
Broby	26	175	2,27	0,56	0,28	4,2	0,11	0,43	22,5
Bromma	38	108	0,71	0,11	0,22	1,8	0,11	<0,12	30,7
Bräkne-Hoby	22	119	0,60	0,33	0,06	4,0	0,15	0,36	2,6
Bålsta	16	67	0,29	0,23	0,07	0,6	0,06	0,40	14,6
Emmaboda	17	119	1,24	0,37	0,13	1,5	0,10	<0,12	2,5
Flen	15	61	1,00	0,19	<0,04	1,1	0,10	<0,12	8,2
Gimo	34	156	3,08	0,26	<0,04	3,3	0,10	<0,12	20,4
Grästorps	15	133	0,45	0,50	0,08	2,3	0,34	0,15	9,3
Hagfors	12	84	0,97	0,71	0,23	3,8	0,11	0,59	4,9
Henriksdal	32	121	0,53	0,62	0,10	2,8	0,18	<0,12	16,8
Himmersfj.	26	155	1,10	0,24	0,05	1,6	0,12	<0,12	15,7
Hönö	15	134	0,22	0,66	0,07	2,8	0,09	<0,12	4,5
Hörby	7	134	0,12	<0,1	<0,04	1,0	0,09	<0,12	3,6
Jönköping	37	93	0,80	0,14	0,16	0,9	0,11	0,13	3,4
Kil	14	133	0,18	0,59	<0,04	2,7	0,11	<0,12	4,5
Kiruna	29	40	0,36	0,36	0,34	1,2	0,27	0,47	9,7
Klagshamn	20	562	1,01	0,11	<0,04	1,1	0,23	<0,12	4,7
Klippan	16	70	0,56	0,16	0,25	1,0	0,23	<0,12	3,0
Käppala	36	141	0,53	0,18	0,29	1,8	0,14	0,18	45,7
Ljusdal	11	43	1,09	0,39	0,35	8,1	0,10	0,50	24,6
Loudden	33	85	2,33	0,23	0,27	1,1	0,10	<0,12	11,1
Ludvika	14	49	0,58	0,45	0,17	2,7	0,09	0,59	14,0
Mariestad	30	170	1,28	0,56	0,25	2,0	0,17	0,36	10,6
Mellerud	26	116	2,24	0,48	<0,04	10,6	0,16	0,35	8,2
Mora (ÖNA)	19	31	1,92	0,28	<0,04	0,1	0,04	0,16	1,3
Nordmaling	13	64	2,29	0,35	0,23	1,0	0,29	0,20	2,6
Norrköping	26	76	0,85	0,18	0,26	1,3	0,13	0,19	9,6
Rimbo	24	105	0,74	0,17	0,11	1,2	0,12	<0,12	27,5
Rimforsa	9	67	0,40	0,15	0,24	0,9	0,13	0,39	9,7
Ryaverket	26	117	0,54	0,60	0,09	3,3	0,26	0,23	5,9
Sjölundaverket	29	465	0,16	0,16	0,07	1,0	0,29	<0,12	4,8
Skärplinge	15	79	0,53	0,16	<0,04	0,2	0,14	<0,12	23,5
Stenungsund	25	52	0,67	0,19	0,05	0,8	0,08	<0,12	3,2
Stöde	10	45	0,43	0,30	0,84	2,4	0,13	0,50	29,4
Svedala	14	958	0,75	<0,1	0,10	0,7	<0,04	<0,12	2,1
Trelleborg	23	1170	0,47	0,21	0,60	0,9	0,10	0,35	1,3
Trollhättan	17	387	1,37	0,26	0,23	2,0	0,13	0,19	6,1
Veberöd	30	219	0,88	0,16	0,06	1,2	0,20	<0,12	2,8
Åredalen	20	65	0,18	0,12	<0,04	1,1	0,18	0,05	3,2
Årjäng	40	63	1,65	0,59	0,08	11,6	0,26	0,33	8,1
Åstorp	33	183	0,49	0,25	0,45	1,7	0,19	0,44	5,2
Örnsköldsvik	11	108	1,20	0,96	<0,04	9,3	0,36	0,48	10,0
Övertorneå	12	63	1,86	0,369	<0,04	4,7	0,19	0,25	7,7

Appendix 1. fortsättning.

Reningsverk	V mg kg ⁻¹	W mg kg ⁻¹	Y mg kg ⁻¹	Yb mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹	Zr mg kg ⁻¹	Al g kg ⁻¹	Ca g kg ⁻¹	Fe g kg ⁻¹
Arvika	-	-	-	-	527	-	-	-	-
Bengtfors	7	1,6	10,4	0,29	1370	89	61	15	10
Billingsfors	7	3,5	12,7	1,18	494	21	55	14	21
Borgholm	5	1,6	3,8	0,69	444	11	8	59	68
Borås	28	2,6	12,1	1,02	610	55	68	21	19
Broby	37	4,5	25,9	2,18	425	61	80	14	20
Bromma	22	6,0	5,0	0,51	518	28	17	24	76
Bräkne-Hoby	4	1,2	18,8	1,73	506	26	16	12	85
Bålsta	12	1,5	6,4	1,07	343	19	61	15	11
Emmaboda	<2	9,7	14,3	1,04	325	41	12	119	85
Flen	13	2,0	9,5	0,46	419	17	46	11	12
Gimo	31	124	15,2	1,05	485	81	63	32	15
Grästorps	21	1,3	17,3	0,80	659	42	76	15	12
Hagfors	26	3,1	22,3	3,45	455	123	57	10	16
Henriksdal	15	37	8,4	0,93	621	24	22	23	99
Himmersfj.	13	4,8	7,8	0,74	788	12	24	30	47
Hönö	17	2,8	7,7	0,55	416	58	61	14	10
Hörby	4	1,5	3,9	<0,24	229	23	14	194	23
Jönköping	10	5,8	7,5	0,64	660	23	17	19	73
Kil	20	3,1	7,7	1,07	496	60	61	14	10
Kiruna	37	43	9,6	1,42	2340	38	63	13	24
Klagshamn	9	2,7	3,3	0,38	642	26	14	28	92
Klippan	7	2,1	7,6	0,66	331	22	17	16	112
Käppala	34	4,7	7,6	0,77	530	18	18	27	67
Ljusdal	38	8,1	16,9	2,24	324	187	82	8	14
Loudden	21	5,1	4,1	0,42	598	46	26	19	70
Ludvika	32	2,2	20,6	1,95	817	33	50	14	65
Mariestad	25	3,8	25,4	1,83	628	29	39	24	56
Mellerud	41	5,2	25,1	2,04	653	181	92	13	24
Mora	5	3,1	3,5	0,69	472	7	63	7	4
Nordmaling	14	4,6	12,3	1,30	337	28	52	9	21
Norrköping	7	5,1	8,0	0,74	516	16	18	18	71
Rimbo	6	2,2	5,1	0,47	564	19	22	28	101
Rimforsa	13	1,7	4,0	0,68	459	36	63	19	7
Ryaverket	22	4,2	17,2	0,94	760	34	38	21	87
Sjölundaverket	8	4,0	4,6	<0,24	668	27	17	32	66
Skärplinge	13	2,6	4,4	0,65	661	17	46	30	7
Stenungsund	16	1,5	5,1	0,79	385	24	12	10	45
Stöde	28	1,5	10,8	1,25	283	40	22	10	150
Svedala	<2	1,5	<0,5	0,43	264	11	7	137	23
Trelleborg	5	6,6	6,7	0,86	558	60	14	29	124
Trollhättan	17	6,3	11,8	1,24	503	21	21	35	81
Veberöd	<2	2,2	3,2	0,24	478	31	12	32	70
Åredalen	11	1,3	3,6	0,34	347	35	43	19	9
Årjäng	44	4,7	30,9	2,31	401	238	83	10	19
Åstorp	26	15	9,2	1,35	609	35	21	26	84
Örnsköldsvik	37	4,2	31,5	2,14	393	231	61	13	71
Övertorneå	42	4,1	20,4	2,07	245	180	69	6	18

Appendix 1. fortsättning.

Reningsverk	K g kg ⁻¹	Mg g kg ⁻¹	Mn g kg ⁻¹	Na g kg ⁻¹	P g kg ⁻¹	S g kg ⁻¹	Si g kg ⁻¹	Glödf. %
Arvika	-	-	-	-	-	7,3	-	-
Bengtfors	7,7	2,8	0,2	2,1	27	7,6	29	71
Billingsfors	4,9	2,6	0,4	2,8	30	6,3	44	67
Borgholm	3,9	5,8	1,0	3,2	55	10,1	16	59
Borås	4,5	2,8	0,9	2,8	31	9,1	34	64
Broby	3,1	2,0	0,5	2,9	29	10,3	45	60
Bromma	3,2	3,6	0,2	1,9	36	13,2	37	62
Bräkne-Hoby	4,7	2,4	0,2	3,1	21	5,9	40	63
Bålsta	2,6	2,2	0,2	1,5	29	6,5	24	72
Emmaboda	1,9	3,6	0,3	5,0	16	5,0	38	50
Flen	4,7	3,2	0,2	2,4	20	6,3	39	73
Gimo	5,3	3,8	0,3	3,1	26	10,0	42	64
Grästorps	9,0	4,5	1,0	4,0	30	7,4	68	56
Hagfors	9,4	3,0	0,3	5,9	22	4,6	112	54
Henriksdal	5,4	4,7	0,3	2,4	36	10,9	51	56
Himmersfj.	2,8	4,7	0,2	2,0	36	12,0	35	65
Hönö	2,2	2,3	0,1	2,8	25	9,7	19	74
Hörby	2,4	6,3	0,2	1,2	19	4,5	18	56
Jönköping	3,8	3,5	0,6	3,0	31	9,1	46	62

Appendix 2. Elementhalter i stallgödsel från svin. Antal analyser = 4 per gödselslag. Alla halter anges per TS. Fosforhalter från Steineck et al. (1999).

Element		Flytgödsel				Fastgödsel			
		Medel- värde	Min. värde	Max. värde	Antal u. det. gr.	Medel- värde	Min. värde	Max. värde	Antal u. det. gr.
Ag	mg kg ⁻¹	0,018	0,014	0,021	0	0,018	0,012	0,022	0
As	mg kg ⁻¹	1,0	0,71	1,2	0	1,3	0,52	1,8	0
Au	mg kg ⁻¹	0,0025	0,0021	0,0028	0	0,0023	0,0016	0,0032	0
B	mg kg ⁻¹	84	65	91	0	28	16	38	0
Ba	mg kg ⁻¹	47	29	67	0	72	40	110	0
Be	mg kg ⁻¹	0,095	0,071	0,11	0	0,13	0,055	0,22	0
Bi	mg kg ⁻¹	0,015	0,008	0,024	0	0,013	0,005	0,020	0
Cd	mg kg ⁻¹	0,28	0,27	0,32	0	0,25	0,19	0,36	0
Ce	mg kg ⁻¹	1,4	0,7	2,2	0	7,1	2,4	16	0
Co	mg kg ⁻¹	0,65	0,47	0,90	0	1,1	0,47	1,7	0
Cr	mg kg ⁻¹	6,8	5,7	7,8	0	11	7,1	17	0
Cs	mg kg ⁻¹	0,089	0,082	0,10	0	0,14	0,075	0,24	0
Cu	mg kg ⁻¹	149	136	161	0	113	50	161	0
Dy	mg kg ⁻¹	0,13	0,07	0,21	0	0,33	0,16	0,52	0
Er	mg kg ⁻¹	0,085	0,055	0,13	0	0,18	0,096	0,25	0
Eu	mg kg ⁻¹	0,028	0,012	0,047	0	0,11	0,036	0,25	0
Ga	mg kg ⁻¹	0,32	0,19	0,51	0	0,77	0,29	1,5	0
Gd	mg kg ⁻¹	0,15	0,07	0,24	0	0,45	0,18	0,81	0
Ge	mg kg ⁻¹	0,038	0,027	0,049	0	0,053	0,039	0,068	0
Hf	mg kg ⁻¹	0,39	0,25	0,62	0	0,45	0,08	0,67	0
Hg	mg kg ⁻¹	0,009	<0,01	0,016	2	0,019	0,013	0,024	0
Ho	mg kg ⁻¹	0,028	0,016	0,043	0	0,066	0,032	0,098	0
In	mg kg ⁻¹	<0,0100	<0,01	<0,01	4	<0,01	<0,01	<0,01	4
Ir	mg kg ⁻¹	<0,0001	<0,0001	<0,0001	4	<0,0001	<0,0001	<0,0001	4
La	mg kg ⁻¹	0,8	0,4	1,3	0	4,1	1,3	10	0
Li	mg kg ⁻¹	0,60	0,42	0,76	0	1,5	0,81	1,8	0
Lu	mg kg ⁻¹	0,015	0,012	0,019	0	0,023	0,016	0,031	0
Mn	mg kg ⁻¹	313	239	406	0	250	139	362	0
Mo	mg kg ⁻¹	4,9	4,0	5,4	0	6,8	2,5	17	0
Nb	mg kg ⁻¹	0,19	0,12	0,35	0	0,34	0,21	0,47	0
Nd	mg kg ⁻¹	0,71	0,35	1,1	0	2,9	1,1	5,9	0
Ni	mg kg ⁻¹	4,5	3,3	5,8	0	6,1	3,3	9,4	0
Pb	mg kg ⁻¹	1,19	0,92	1,5	0	2,0	1,3	2,7	0
Pd	mg kg ⁻¹	0,009	0,006	0,015	0	0,010	0,006	0,018	0
Pr	mg kg ⁻¹	0,18	0,09	0,29	0	0,80	0,29	1,7	0
Pt	mg kg ⁻¹	<0,001	<0,0010	<0,0010	4	<0,001	<0,001	0,0014	3
Rb	mg kg ⁻¹	22	16	29	0	24	23	26	0
Re	mg kg ⁻¹	0,0016	0,0006	0,0036	0	0,0008	0,0004	0,0011	0
Rh	mg kg ⁻¹	<0,001	<0,001	<0,001	4	<0,001	<0,001	<0,001	4
Ru	mg kg ⁻¹	<0,001	<0,001	<0,001	4	<0,001	<0,001	<0,001	4
Sb	mg kg ⁻¹	0,133	0,113	0,166	0	0,136	0,089	0,180	0
Sc	mg kg ⁻¹	0,31	0,28	0,35	0	0,27	0,07	0,42	0
Se	mg kg ⁻¹	1,4	1,4	1,5	0	0,89	0,19	1,3	0
Sm	mg kg ⁻¹	0,14	0,06	0,22	0	0,49	0,19	0,89	0
Sn	mg kg ⁻¹	1,7	0,65	2,8	0	1,3	0,82	1,5	0

Appendix 2 2 (2)

Appendix 2. fortsättning.

Element	Flytgödsel				Fastgödsel			
	Medel- värde	Min. värde	Max. värde	Antal u. det. gr.	Medel- värde	Min. värde	Max. värde	Antal u. det. gr.
Sr mg kg ⁻¹	43	31	50	0	76	48	139	0
Ta mg kg ⁻¹	0,016	0,012	0,028	0	0,026	0,012	0,043	0
Tb mg kg ⁻¹	0,023	0,011	0,036	0	0,066	0,028	0,11	0
Te mg kg ⁻¹	0,010	0,0066	0,014	0	0,0060	0,0018	0,011	0
Th mg kg ⁻¹	0,22	0,15	0,31	0	0,35	0,06	0,55	0
Ti mg kg ⁻¹	29	24	42	0	57	22	87	0
Tl mg kg ⁻¹	0,063	0,018	0,093	0	0,045	0,026	0,063	0
Tm mg kg ⁻¹	0,012	0,0092	0,018	0	0,025	0,015	0,034	0
U mg kg ⁻¹	4,1	2,7	6,6	0	2,2	1,5	3,4	0
V mg kg ⁻¹	6,6	5,2	9,2	0	6,1	4,1	7,7	0
W mg kg ⁻¹	0,093	0,053	0,13	0	0,11	0,052	0,19	0
Y mg kg ⁻¹	1,1	0,74	1,7	0	2,1	0,98	3,5	0
Yb mg kg ⁻¹	0,087	0,072	0,12	0	0,16	0,099	0,22	0
Zn mg kg ⁻¹	582	394	680	0	680	347	821	0
Zr mg kg ⁻¹	1,8	1,3	2,8	0	2,6	1,0	4,5	0
P g kg ⁻¹	22	19	24	0	21	12	26	0
S g kg ⁻¹	6,5	5,6	7,0	0	5,5	4,9	6,4	0

Appendix 3. Elementhalter i flytgödsel från mjölkkor. Antal analyser = 4. Alla halter anges per TS. Fosforhalter från Steineck m fl, 1999.

Element		Medel- värde	Min. värde	Max. värde	Antal u. det. gr.
Ag	mg kg ⁻¹	0,014	0,012	0,016	0
As	mg kg ⁻¹	0,62	0,20	1,1	0
Au	mg kg ⁻¹	0,0027	0,0017	0,0033	0
B	mg kg ⁻¹	52	25	88	0
Ba	mg kg ⁻¹	44	22	52	0
Be	mg kg ⁻¹	0,045	0,020	0,066	0
Bi	mg kg ⁻¹	0,010	0,006	0,014	0
Cd	mg kg ⁻¹	0,12	0,09	0,18	0
Ce	mg kg ⁻¹	2,3	1,3	3,3	0
Co	mg kg ⁻¹	0,85	0,63	1,1	0
Cr	mg kg ⁻¹	2,3	1,2	2,9	0
Cs	mg kg ⁻¹	0,094	0,049	0,15	0
Cu	mg kg ⁻¹	24	23	25	0
Dy	mg kg ⁻¹	0,11	0,10	0,15	0
Er	mg kg ⁻¹	0,061	0,051	0,077	0
Eu	mg kg ⁻¹	0,034	0,022	0,049	0
Ga	mg kg ⁻¹	0,32	0,13	0,51	0
Gd	mg kg ⁻¹	0,15	0,12	0,21	0
Ge	mg kg ⁻¹	0,030	0,015	0,044	0
Hf	mg kg ⁻¹	0,40	0,31	0,53	0
Hg	mg kg ⁻¹	0,014	0,012	0,018	0
Ho	mg kg ⁻¹	0,022	0,020	0,028	0
In	mg kg ⁻¹	<0,01	<0,01	<0,01	4
Ir	mg kg ⁻¹	<0,0001	<0,0001	<0,0001	4
La	mg kg ⁻¹	1,4	0,8	2,0	0
Li	mg kg ⁻¹	0,58	0,24	1,2	0
Lu	mg kg ⁻¹	0,0074	0,0054	0,0090	0
Mn	mg kg ⁻¹	234	152	413	0
Mo	mg kg ⁻¹	4,5	2,4	8,2	0
Nb	mg kg ⁻¹	0,15	0,11	0,23	0
Nd	mg kg ⁻¹	0,94	0,64	1,3	0
Ni	mg kg ⁻¹	4,6	2,1	7,3	0
Pb	mg kg ⁻¹	0,98	0,81	1,2	0
Pd	mg kg ⁻¹	0,007	0,004	0,008	0
Pr	mg kg ⁻¹	0,26	0,17	0,38	0
Pt	mg kg ⁻¹	<0,001	<0,001	<0,001	4
Rb	mg kg ⁻¹	29	23	40	0
Re	mg kg ⁻¹	0,0009	0,0003	0,0025	0
Rh	mg kg ⁻¹	<0,001	<0,001	<0,001	4
Ru	mg kg ⁻¹	<0,001	<0,001	<0,001	4
Sb	mg kg ⁻¹	0,079	0,067	0,091	0
Sc	mg kg ⁻¹	0,20	0,10	0,36	0
Se	mg kg ⁻¹	0,56	0,40	0,77	0
Sm	mg kg ⁻¹	0,16	0,12	0,23	0
Sn	mg kg ⁻¹	0,98	0,67	1,7	0

Appendix 3 2 (2)

Appendix 3. fortsättning.

Element		Medel- värde	Min. värde	Max. värde	Antal u. det. gr.
Sr	mg kg ⁻¹	51	28	69	0
Ta	mg kg ⁻¹	0,013	0,010	0,021	0
Tb	mg kg ⁻¹	0,022	0,018	0,031	0
Te	mg kg ⁻¹	0,0044	0,0026	0,0075	0
Th	mg kg ⁻¹	0,20	0,16	0,29	0
Ti	mg kg ⁻¹	38	19	74	0
Tl	mg kg ⁻¹	0,035	0,023	0,048	0
Tm	mg kg ⁻¹	0,0083	0,0067	0,010	0
U	mg kg ⁻¹	0,22	0,12	0,40	0
V	mg kg ⁻¹	2,5	1,5	3,3	0
W	mg kg ⁻¹	0,082	0,056	0,11	0
Y	mg kg ⁻¹	0,71	0,64	0,88	0
Yb	mg kg ⁻¹	0,052	0,040	0,065	0
Zn	mg kg ⁻¹	154	128	170	0
Zr	mg kg ⁻¹	1,6	1,3	2,2	0
P	g kg ⁻¹	24	6,5	70	0
S	g kg ⁻¹	4,9	3,8	6,7	0

Appendix 4. Elementhalter i NPK- och P-gödselmedel. Alla prov tillverkade av Hydro Agri. HA = prov erhållet direkt från Hydro Agri. O = prov erhållet från Odal i Uppsala. Alla halter anges per TS.

Element	NPK-S 21-4-7 (HA)	NPK-S 21 4 7 (O)	P20 (HA)	P20 (O)
Ag mg kg ⁻¹	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,16
As mg kg ⁻¹	0,59	0,52	9,1	4,4
Au mg kg ⁻¹	0,0010	0,0009	0,0028	0,0023
B mg kg ⁻¹	24	16	7,6	26
Ba mg kg ⁻¹	3,3	3,2	123	134
Be mg kg ⁻¹	0,066	0,069	0,14	0,79
Bi mg kg ⁻¹	0,0026	0,0034	0,060	0,011
Cd mg kg ⁻¹	0,050	0,045	0,11	6,3
Ce mg kg ⁻¹	27	22	1027	8
Co mg kg ⁻¹	0,95	0,85	5,0	1,1
Cr mg kg ⁻¹	8,9	5,9	12	48
Cs mg kg ⁻¹	0,073	0,055	0,32	0,066
Cu mg kg ⁻¹	1,5	1,3	109	16
Dy mg kg ⁻¹	2,1	1,9	35	3,2
Er mg kg ⁻¹	1,0	0,96	9,1	2,8
Eu mg kg ⁻¹	0,87	0,71	25	0,54
Ga mg kg ⁻¹	0,25	0,19	0,69	0,33
Gd mg kg ⁻¹	3,1	2,7	87	2,8
Ge mg kg ⁻¹	0,019	0,012	0,16	0,16
Hf mg kg ⁻¹	0,10	0,11	0,48	0,17
Hg mg kg ⁻¹	0,012	<0,01	0,024	0,033
Ho mg kg ⁻¹	0,38	0,36	4,7	0,82
In mg kg ⁻¹	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Ir mg kg ⁻¹	0,0002	0,0002	0,0011	0,0006
La mg kg ⁻¹	12	11	422	15
Li mg kg ⁻¹	0,66	0,55	3,6	0,51
Lu mg kg ⁻¹	0,096	0,093	0,56	0,48
Mn mg kg ⁻¹	323	225	307	130
Mo mg kg ⁻¹	0,13	0,12	0,56	6,7
Nb mg kg ⁻¹	1,6	1,7	0,83	2,9
Nd mg kg ⁻¹	13	10	594	9,0
Ni mg kg ⁻¹	6,2	2,7	11	15
Pb mg kg ⁻¹	0,53	0,28	9,1	1,1
Pd mg kg ⁻¹	<0,001	0,0018	<0,001	0,0059
Pr mg kg ⁻¹	3,3	2,7	136	2,1
Pt mg kg ⁻¹	0,0060	0,0045	0,0030	0,0053
Rb mg kg ⁻¹	6,5	8,0	6,8	1,5
Re mg kg ⁻¹	0,0002	0,0001	0,0007	0,0021
Rh mg kg ⁻¹	<0,001	<0,001	0,002	<0,001
Ru mg kg ⁻¹	<0,001	<0,001	0,0026	<0,001
Sb mg kg ⁻¹	0,031	0,032	0,20	0,74
Sc mg kg ⁻¹	0,41	0,39	3,5	3,0
Se mg kg ⁻¹	0,041	0,0024	0,032	0,39
Sm mg kg ⁻¹	2,6	2,2	113	1,8
Sn mg kg ⁻¹	0,075	0,091	0,34	0,15

Appendix 4 2 (2)

Appendix 4. fortsättning.

Element	NPK-S 21-4-7 (HA)	NPK-S 21-4-7 (O)	P20 (HA)	P20 (O)
Sr mg kg ⁻¹	53	53	1720	763
Ta mg kg ⁻¹	0,071	0,090	0,011	0,32
Tb mg kg ⁻¹	0,42	0,37	9,8	0,48
Te mg kg ⁻¹	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0092
Th mg kg ⁻¹	1,9	2,0	48	5,0
Ti mg kg ⁻¹	78	71	259	57
Tl mg kg ⁻¹	0,026	0,046	0,11	0,079
Tm mg kg ⁻¹	0,13	0,12	0,89	0,41
U mg kg ⁻¹	0,36	0,42	9,6	84
V mg kg ⁻¹	6,7	6,1	17	61
W mg kg ⁻¹	0,040	0,041	0,023	0,066
Y mg kg ⁻¹	14	13	114	43
Yb mg kg ⁻¹	0,75	0,72	5,0	2,7
Zn mg kg ⁻¹	15	16	54	182
Zr mg kg ⁻¹	3,3	3,4	21	10
S g kg ⁻¹	22	24	17	20

Appendix 5. Elementhalter i månadsprover av nederbördsvatten insamlade i Gårdsjön under 1999. Antal analyser = 10. Sista kolumnen anger antalet prov med värden under detektionsgränsen.

Element		Medel- värde	Standard- avvikelse	Median- värde	Min. värde	Max. värde	Antal u. det. gr.
Ag	µg L ⁻¹	0,039	0,076	0,003	0,001	0,21	0
As	µg L ⁻¹	0,16	0,09	0,13	0,07	0,36	0
Au	µg L ⁻¹	0,0063	0,0038	0,0052	0,0029	0,015	0
B	µg L ⁻¹	1,8	0,5	1,6	1,3	2,9	0
Ba	µg L ⁻¹	0,76	0,24	0,79	0,33	1,2	0
Be	µg L ⁻¹	0,0013	0,0009	0,0013	<0,001	0,0030	4
Bi	µg L ⁻¹	0,0030	0,0011	0,0027	0,0019	0,0052	0
Cd	µg L ⁻¹	0,033	0,022	0,024	0,011	0,088	0
Ce	µg L ⁻¹	0,036	0,030	0,029	0,008	0,12	0
Co	µg L ⁻¹	0,017	0,005	0,017	0,010	0,027	0
Cr	µg L ⁻¹	0,23	0,09	0,24	0,08	0,38	0
Cs	µg L ⁻¹	0,0068	0,0024	0,0067	0,0039	0,011	0
Cu	µg L ⁻¹	0,91	0,45	0,80	0,30	1,8	0
Dy	µg L ⁻¹	0,0018	0,0015	0,0015	0,0005	0,0058	0
Er	µg L ⁻¹	0,0009	0,0008	0,0007	0,0003	0,0030	0
Eu	µg L ⁻¹	0,0006	0,0003	0,0005	0,0003	0,0015	0
Ga	µg L ⁻¹	0,0080	0,0031	0,0079	0,0020	0,011	0
Gd	µg L ⁻¹	0,0026	0,0022	0,0022	0,0006	0,0084	0
Ge	µg L ⁻¹	0,011	0,0065	0,011	<0,01	0,025	4
Hf	µg L ⁻¹	0,0010	0,0004	0,0010	0,0006	0,0019	0
Hg	µg L ⁻¹	<0,002	-	<0,002	<0,002	<0,002	10
Ho	µg L ⁻¹	0,0004	0,0003	0,0003	0,0001	0,0012	0
In	µg L ⁻¹	<0,0010	-	<0,0010	<0,0010	<0,0010	10
Ir	µg L ⁻¹	<0,0010	-	<0,0010	<0,0010	<0,0010	10
La	µg L ⁻¹	0,021	0,014	0,017	0,008	0,057	0
Li	µg L ⁻¹	0,055	0,022	0,047	0,033	0,11	0
Lu	µg L ⁻¹	0,00013	0,00007	0,00010	<0,0001	0,00030	1
Mn	µg L ⁻¹	1,7	0,72	1,7	0,49	3,1	0
Mo	µg L ⁻¹	0,033	0,016	0,030	0,014	0,058	0
Nb	µg L ⁻¹	0,0024	0,0022	0,0016	0,0008	0,0079	0
Nd	µg L ⁻¹	0,015	0,012	0,012	0,003	0,048	0
Ni	µg L ⁻¹	0,34	0,10	0,29	0,24	0,56	0
Pb	µg L ⁻¹	1,5	0,58	1,4	0,67	2,8	0
Pd	µg L ⁻¹	<0,0010	-	<0,0010	<0,0010	<0,0010	10
Pr	µg L ⁻¹	0,0044	0,0032	0,0035	0,0015	0,013	0
Pt	µg L ⁻¹	0,022	0,008	0,021	0,013	0,039	0
Rb	µg L ⁻¹	0,13	0,058	0,12	0,057	0,24	0
Re	µg L ⁻¹	0,00017	0,00016	0,00010	<0,0001	0,00050	5
Rh	µg L ⁻¹	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	10
Ru	µg L ⁻¹	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	10
Sb	µg L ⁻¹	0,066	0,026	0,060	0,044	0,14	0
Sc	µg L ⁻¹	0,0042	0,0030	0,0033	0,0019	0,012	0
Se	µg L ⁻¹	0,15	0,06	0,13	0,09	0,26	0
Sm	µg L ⁻¹	0,0033	0,0030	0,0020	0,0005	0,0091	0
Sn	µg L ⁻¹	6,0	7,3	4,0	0,3	24	0
Sr	µg L ⁻¹	1,2	0,91	0,72	0,52	3,3	0
Ta	µg L ⁻¹	0,00015	0,00010	0,00010	<0,0001	0,00040	1

Appendix 5. forts.

Element		Medel- värde	Standard- avvikelse	Median- värde	Min. värde	Max. värde	Antal u. det. gr.
Tb	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,00036	0,00028	0,00030	0,00010	0,0011	0
Te	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,0018	0,0014	0,0016	<0,001	0,0051	3
Th	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,0023	0,0019	0,0018	0,0010	0,0073	0
Ti	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,44	0,40	0,25	0,12	1,2	0
Tl	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,0070	0,0036	0,0059	0,0035	0,016	0
Tm	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,00015	0,00010	0,00010	<0,0001	0,00040	1
U	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,0022	0,0013	0,0018	0,0008	0,0054	0
V	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,50	0,23	0,43	0,28	0,94	0
W	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,011	0,0066	0,0084	0,0042	0,023	0
Y	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,010	0,0085	0,0085	0,0026	0,033	0
Yb	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,0007	0,0006	0,0006	0,0001	0,0023	0
Zn	$\mu\text{g L}^{-1}$	11	7,0	10,0	1,6	24	0
Zr	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,024	0,008	0,025	0,010	0,040	0
Ca	mg L^{-1}	0,31	0,19	0,27	<0,1	0,72	1
Fe	mg L^{-1}	0,015	0,009	0,012	0,006	0,034	0
K	mg L^{-1}	<0,4	-	<0,4	<0,4	<0,4	10
Mg	mg L^{-1}	0,17	0,20	<0,09	0,045	0,63	6
Na	mg L^{-1}	1,4	1,6	0,71	0,17	5,2	0
P	mg L^{-1}	0,036	0,092	0,007	0,002	0,30	0
S	mg L^{-1}	0,69	0,32	0,54	0,46	1,3	0
Si	mg L^{-1}	0,20	0,14	0,18	0,05	0,44	0
Al	mg L^{-1}	13	6,9	10	4,9	26	0

Appendix 6. forts.

Element		Medel- värde	Standard- avvikelse	Min. värde	Percentiler			Max. värde	Antal u. det. gr.
					25%	Median	75%		
Sm	mg kg ⁻¹	4,5	1,8	0,7	3,4	4,7	5,7	7,8	0
Sn	mg kg ⁻¹	1,8	1,6	0,4	1,0	1,4	2,3	8,6	0
Sr	mg kg ⁻¹	163	38	112	129	162	189	258	0
Ta	mg kg ⁻¹	1,1	0,3	0,5	0,7	1,2	1,3	1,6	0
Tb	mg kg ⁻¹	0,48	0,22	<0,1	0,39	0,49	0,61	0,89	2
Te	mg kg ⁻¹	<0,08	-	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	0,12	20
Th	mg kg ⁻¹	8,1	3,8	1,6	6,3	7,8	10	16	0
Ti	mg kg ⁻¹	3700	870	1400	3000	3800	4200	5100	0
Tl	mg kg ⁻¹	0,23	0,13	<0,04	0,14	0,22	0,33	0,52	1
Tm	mg kg ⁻¹	0,32	0,09	0,15	0,28	0,33	0,38	0,46	0
U	mg kg ⁻¹	4,4	3,1	1,3	2,2	3,5	5,3	16	0
V	mg kg ⁻¹	69	24	28	47	66	86	111	0
W	mg kg ⁻¹	1,3	0,52	0,38	0,98	1,3	1,7	2,4	0
Y	mg kg ⁻¹	27	8	9	23	29	30	41	0
Yb	mg kg ⁻¹	2,9	0,7	1,3	2,4	3,0	3,4	4,4	0
Zn	mg kg ⁻¹	65	31	6	46	67	79	152	0
Zr	mg kg ⁻¹	308	121	177	237	283	348	757	0
Al	g kg ⁻¹	66	11	41	61	68	74	83	0
Ca	g kg ⁻¹	14	9	6,3	10	12	14	55	0
Fe	g kg ⁻¹	33	15	7	23	34	41	78	0
K	g kg ⁻¹	27	4	19	26	27	29	34	0
Mg	g kg ⁻¹	7,4	3,8	0,8	4,8	6,5	10	15	0
Na	g kg ⁻¹	15	5	6	12	15	19	25	0
P	g kg ⁻¹	1,1	0,36	0,43	0,90	1,1	1,4	2,1	0
S	g kg ⁻¹	0,40	0,44	0,17	0,22	0,30	0,38	2,5	0
Si	g kg ⁻¹	312	29	252	297	311	334	374	0
Glöd- förlust	%	6,9	2,3	3,8	5,2	6,0	8,6	12	0

Appendix 7. Elementhalter i alvprov. Antal analyser = 25. Alla halter anges per TS.
OBS! Urval är styrt mot vissa jordartstyper, ej för att som helhet ge bästa möjliga medelvärde för åkermarken.

Element		Medel- värde	Standard- avvikelse	Min. värde	25 %per- centil	Median (50%)	75 %per- centil	Max. värde	Antal u. det. gr.
Ag	mg kg ⁻¹	0,088	0,051	0,020	0,050	0,080	0,11	0,19	0
As	mg kg ⁻¹	4,1	2,5	0,3	2,9	3,7	6,0	9,5	0
Au	mg kg ⁻¹	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005	0,0066	0,0099	16
B	mg kg ⁻¹	7,1	3,6	0,5	4,6	7,8	10	15	0
Ba	mg kg ⁻¹	653	114	408	586	654	743	883	0
Be	mg kg ⁻¹	1,3	0,4	0,3	1,0	1,3	1,6	1,9	0
Bi	mg kg ⁻¹	0,15	0,12	0,01	0,07	0,12	0,19	0,44	0
Cd	mg kg ⁻¹	0,12	0,07	0,02	0,06	0,10	0,17	0,29	0
Ce	mg kg ⁻¹	72	30	18	51	71	93	122	0
Co	mg kg ⁻¹	9,7	5,7	1,2	5,1	8,8	13	21	0
Cr	mg kg ⁻¹	28	15	4	20	27	36	56	0
Cs	mg kg ⁻¹	2,2	1,4	0,2	0,8	2,0	3,4	4,4	0
Cu	mg kg ⁻¹	18	11	1	10	17	25	41	0
Dy	mg kg ⁻¹	4,7	1,5	2,1	3,4	4,7	6,1	7,0	0
Er	mg kg ⁻¹	2,5	0,8	1,2	2,0	2,5	3,1	4,2	0
Eu	mg kg ⁻¹	0,98	0,27	0,40	0,84	0,95	1,2	1,4	0
Ga	mg kg ⁻¹	9,2	4,2	<1,2	5,6	9,6	13	17	1
Gd	mg kg ⁻¹	4,5	1,7	1,1	3,1	4,3	5,8	7,9	0
Ge	mg kg ⁻¹	33	41	<1,0	8	21	33	173	1
Hf	mg kg ⁻¹	7,3	1,6	5,6	6,2	6,6	8,4	11	0
Hg	mg kg ⁻¹	0,018	0,009	<0,01	0,013	0,016	0,021	0,038	1
Ho	mg kg ⁻¹	1,0	0,29	0,51	0,75	1,0	1,2	1,5	0
In	mg kg ⁻¹	0,038	0,020	<0,04	<0,04	0,020	0,056	0,073	12
Ir	mg kg ⁻¹	<0,04	-	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	25
La	mg kg ⁻¹	38	15	10	27	39	51	61	0
Li	mg kg ⁻¹	20	11	3	10	22	28	39	0
Lu	mg kg ⁻¹	0,46	0,11	0,24	0,38	0,50	0,53	0,63	0
Mn	mg kg ⁻¹	420	248	54	209	442	606	896	0
Mo	mg kg ⁻¹	0,56	0,65	0,12	0,26	0,40	0,49	3,2	0
Nb	mg kg ⁻¹	14	4	6	11	15	17	20	0
Nd	mg kg ⁻¹	34	13	9	24	33	45	52	0
Ni	mg kg ⁻¹	19	10	2	13	17	26	43	0
Pb	mg kg ⁻¹	13	7	3	7	13	18	25	0
Pd	mg kg ⁻¹	0,05	0,03	<0,04	<0,04	0,06	0,08	0,12	7
Pr	mg kg ⁻¹	8,3	3,2	3,0	5,7	7,6	11	13	0
Pt	mg kg ⁻¹	<0,04	-	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	25
Rb	mg kg ⁻¹	124	37	75	89	127	164	182	0
Re	mg kg ⁻¹	<0,04	-	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	25
Rh	mg kg ⁻¹	<0,04	-	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	25
Ru	mg kg ⁻¹	<0,04	-	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	25
Sb	mg kg ⁻¹	0,21	0,10	0,02	0,14	0,23	0,27	0,38	0
Sc	mg kg ⁻¹	11	3,7	3,2	8,2	11	13	17	0
Se	mg kg ⁻¹	0,17	0,10	0,04	0,11	0,16	0,21	0,46	0
Sm	mg kg ⁻¹	5,5	2,1	1,5	4,0	5,6	7,2	8,9	0
Sn	mg kg ⁻¹	1,5	0,8	0,4	0,8	1,3	2,1	3,0	0

Appendix 7. fortsättning.

Element		Medel- värde	Standard- avvikelse	Min. värde	25 %per- centil	Median (50%)	75 %per- centil	Max. värde	Antal u. det. gr.
Sr	mg kg ⁻¹	176	44	109	140	180	203	278	0
Ta	mg kg ⁻¹	1,1	0,4	0,5	0,8	1,2	1,4	1,8	0
Tb	mg kg ⁻¹	0,56	0,26	<0,11	0,35	0,55	0,81	0,96	1
Te	mg kg ⁻¹	<0,08	-	<0,08	<0,08	<0,08	0,089	0,12	17
Th	mg kg ⁻¹	9,7	4,9	2,6	5,6	7,8	14	19	0
Ti	mg kg ⁻¹	3809	1004	1373	3093	4065	4562	5192	0
Tl	mg kg ⁻¹	0,26	0,12	0,04	0,17	0,26	0,33	0,50	0
Tm	mg kg ⁻¹	0,36	0,14	<0,12	0,24	0,34	0,46	0,58	1
U	mg kg ⁻¹	3,8	2,1	1,1	2,1	3,9	4,8	10	0
V	mg kg ⁻¹	73	27	19	51	78	96	117	0
W	mg kg ⁻¹	1,4	0,45	0,66	0,96	1,3	1,8	2,3	0
Y	mg kg ⁻¹	30	8	14	24	30	37	43	0
Yb	mg kg ⁻¹	3,1	0,8	1,4	2,5	3,3	3,6	4,4	0
Zn	mg kg ⁻¹	66	30	8	40	80	87	106	0
Zr	mg kg ⁻¹	285	70	204	239	252	334	455	0
Al	g kg ⁻¹	72	12	41	67	74	81	88	0
Ca	g kg ⁻¹	15	14	6,2	10	12	14	81	0
Fe	g kg ⁻¹	39	13	20	29	38	49	75	0
K	g kg ⁻¹	29	5	19	27	30	31	35	0
Mg	g kg ⁻¹	8,9	4,0	2,0	5,4	10	11	18	0
Na	g kg ⁻¹	17	5	7,3	13	16	21	27	0
P	g kg ⁻¹	0,78	0,33	0,37	0,62	0,72	0,91	2,0	0
S	g kg ⁻¹	0,27	0,70	0,04	0,10	0,14	0,15	3,6	0
Si	g kg ⁻¹	313	27	267	298	306	335	372	0
Glöd- förlust	%	4,0	2,1	0,9	2,5	3,7	4,8	10	0

Appendix 8. Elementhalter i vetekärna. Antal analyser = 20, utom för W där en utliggare på 0,191? Mg kg⁻¹ togs bort. Alla halter anges per TS. OBS! Urval är styrt mot vissa jordartstyper, ej för att som helhet ge bästa möjliga medelvärde för åkermarken.

Element	Medel- värde	Standard- avvikelse	Min. värde	25 %per- centil	Median (50%)	75 %per- centil	Max. värde	Antal u. det. gr.	
Ag	mg kg ⁻¹	<0,0005	-	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0008	0,0014	13
As	mg kg ⁻¹	0,029	0,020	0,016	0,019	0,022	0,029	0,10	0
Au	mg kg ⁻¹	<0,0005	-	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0006	19
B	mg kg ⁻¹	0,69	0,07	0,60	0,63	0,68	0,74	0,83	0
Ba	mg kg ⁻¹	4,4	1,7	1,5	3,0	4,3	6,0	7,5	0
Be	mg kg ⁻¹	<0,0005	-	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	20
Bi	mg kg ⁻¹	0,0003	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0003	0,0005	0
Cd	mg kg ⁻¹	0,032	0,017	0,007	0,021	0,026	0,039	0,074	0
Ce	mg kg ⁻¹	0,0034	0,0015	0,0019	0,0021	0,0030	0,0043	0,0076	0
Co	mg kg ⁻¹	0,0045	0,0039	0,0011	0,0021	0,0032	0,0053	0,018	0
Cr	mg kg ⁻¹	0,010	0,0036	0,0038	0,0074	0,0095	0,011	0,020	0
Cs	mg kg ⁻¹	0,0020	0,0022	0,0001	0,0009	0,0012	0,0018	0,0097	0
Cu	mg kg ⁻¹	4,3	0,9	2,6	3,6	4,2	4,8	5,7	0
Dy	mg kg ⁻¹	0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	9
Er	mg kg ⁻¹	<0,0001	-	<0,0003	<0,0001	<0,0002	<0,0001	0,0001	16
Eu	mg kg ⁻¹	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	18
Ga	mg kg ⁻¹	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0014	16
Gd	mg kg ⁻¹	0,0002	0,0001	<0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0003	3
Ge	mg kg ⁻¹	<0,003	-	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,0063	19
Hf	mg kg ⁻¹	0,00037	0,00012	0,00020	0,00030	0,00030	0,00043	0,00060	0
Hg	mg kg ⁻¹	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	20
Ho	mg kg ⁻¹	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	20
In	mg kg ⁻¹	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	20
Ir	mg kg ⁻¹	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	20
La	mg kg ⁻¹	0,0017	0,0008	0,0009	0,0012	0,0016	0,0022	0,0043	0
Li	mg kg ⁻¹	0,072	0,025	0,035	0,049	0,073	0,088	0,11	0
Lu	mg kg ⁻¹	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	20
Mn	mg kg ⁻¹	25	9,1	8,1	19	25	28	53	0
Mo	mg kg ⁻¹	1,0	0,53	0,17	0,66	0,89	1,3	2,4	0
Nb	mg kg ⁻¹	0,0009	0,0003	0,0005	0,0007	0,0008	0,0010	0,0017	0
Nd	mg kg ⁻¹	0,0012	0,0006	0,0006	0,0008	0,0011	0,0016	0,0028	0
Ni	mg kg ⁻¹	0,16	0,11	0,03	0,07	0,13	0,24	0,39	0
Pb	mg kg ⁻¹	0,0068	0,0016	0,0048	0,0055	0,0067	0,0078	0,011	0
Pd	mg kg ⁻¹	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0014	19
Pr	mg kg ⁻¹	0,0004	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0005	0,0008	0
Pt	mg kg ⁻¹	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0003	0,0004	0
Rb	mg kg ⁻¹	2,6	2,9	0,4	1,1	1,6	2,2	12	0
Re	mg kg ⁻¹	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	20
Rh	mg kg ⁻¹	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	20
Ru	mg kg ⁻¹	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	20
Sb	mg kg ⁻¹	0,0005	0,0002	0,0002	0,0004	0,0004	0,0006	0,0007	0
Sc	mg kg ⁻¹	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	20
Se	mg kg ⁻¹	0,014	0,018	<0,002	0,003	0,008	0,017	0,071	3
Sm	mg kg ⁻¹	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0003	0,0004	0
Sn	mg kg ⁻¹	0,076	0,030	0,011	0,055	0,091	0,098	0,12	0

Appendix 8. fortsättning.

Element		Medel- värde	Standard- avvikelse	Min. värde	25 %per- centil	Median (50%)	75 %per- centil	Max. värde	Antal u. det. gr.
Sr	mg kg ⁻¹	2,5	0,8	0,8	1,7	2,7	3,1	3,7	0
Ta	mg kg ⁻¹	0,0014	0,0009	0,0004	0,0009	0,0011	0,0016	0,0035	0
Tb	mg kg ⁻¹	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	19
Te	mg kg ⁻¹	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	20
Th	mg kg ⁻¹	<0,0007	-	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	0,0008	18
Ti	mg kg ⁻¹	0,17	0,17	0,07	0,09	0,12	0,16	0,80	0
Tl	mg kg ⁻¹	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0003	0
Tm	mg kg ⁻¹	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	20
U	mg kg ⁻¹	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0
V	mg kg ⁻¹	0,0022	0,0017	0,0006	0,0009	0,0017	0,0028	0,0078	0
W	mg kg ⁻¹	0,006	0,004	0,001	0,003	0,004	0,008	0,015	0
Y	mg kg ⁻¹	0,00079	0,00030	0,00030	0,00060	0,00070	0,0010	0,0014	0
Yb	mg kg ⁻¹	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	20
Zn	mg kg ⁻¹	25	5	17	21	26	28	37	0
Zr	mg kg ⁻¹	0,0081	0,0018	0,0061	0,0069	0,0079	0,0085	0,013	0
S	mg kg ⁻¹	1305	143	1060	1228	1305	1410	1560	0

Appendix 9. Elementhalter i kornkärna. Antal analyser = 5. Alla halter anges per TS.
OBS! Alla prover tagna i Norrland.

Elem ent		Medel- värde	Standard- avvikelse	Median	Min. värde	Max. värde	Antal u. det. gr
Ag	mg kg ⁻¹	0,0012	0,0009	0,0011	<0,0005	0,0027	1
As	mg kg ⁻¹	0,025	0,019	0,018	0,011	0,058	0
Au	mg kg ⁻¹	<0,0005	-	<0,0005	<0,0005	<0,0005	5
B	mg kg ⁻¹	0,83	0,35	0,66	0,62	1,5	0
Ba	mg kg ⁻¹	5,8	3,8	6,0	2,0	11	0
Be	mg kg ⁻¹	<0,0005	-	<0,0005	<0,0005	<0,0005	5
Bi	mg kg ⁻¹	0,00048	0,00034	0,00030	0,00020	0,00090	0
Cd	mg kg ⁻¹	0,0056	0,0033	0,0057	0,0022	0,011	0
Ce	mg kg ⁻¹	0,0044	0,0027	0,0036	0,0023	0,0091	0
Co	mg kg ⁻¹	0,0076	0,0061	0,0074	0,0021	0,017	0
Cr	mg kg ⁻¹	0,015	0,003	0,016	0,011	0,019	0
Cs	mg kg ⁻¹	0,0057	0,0062	0,0035	0,0008	0,016	0
Cu	mg kg ⁻¹	5,9	2,7	4,7	4,2	11	0
Dy	mg kg ⁻¹	0,0002	0,0002	0,0002	<0,0001	0,0005	1
Er	mg kg ⁻¹	<0,0003	-	<0,0003	<0,0003	0,0002	4
Eu	mg kg ⁻¹	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	0,0001	4
Ga	mg kg ⁻¹	0,0010	0,0006	0,0010	<0,001	0,0019	2
Gd	mg kg ⁻¹	0,0003	0,0002	0,0002	<0,0001	0,0005	1
Ge	mg kg ⁻¹	0,011	0,0085	0,0083	<0,003	0,025	1
Hf	mg kg ⁻¹	0,00058	0,00008	0,00060	0,00050	0,00070	0
Hg	mg kg ⁻¹	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	5
Ho	mg kg ⁻¹	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	0,0001	4
In	mg kg ⁻¹	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005	20
Ir	mg kg ⁻¹	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	20
La	mg kg ⁻¹	0,0026	0,0018	0,0019	0,0012	0,0057	0
Li	mg kg ⁻¹	0,026	0,016	0,020	0,016	0,054	0
Lu	mg kg ⁻¹	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	20
Mn	mg kg ⁻¹	18	9	15	12	34	0
Mo	mg kg ⁻¹	0,47	0,40	0,35	0,17	1,2	0
Nb	mg kg ⁻¹	0,0012	0,0003	0,0011	0,0009	0,0017	0
Nd	mg kg ⁻¹	0,0015	0,0010	0,0012	0,0007	0,0033	0
Ni	mg kg ⁻¹	0,15	0,12	0,09	0,04	0,33	0
Pb	mg kg ⁻¹	0,013	0,0084	0,0104	0,0071	0,028	0
Pd	mg kg ⁻¹	<0,001	-	<0,001	<0,001	0,0057	4
Pr	mg kg ⁻¹	0,0004	0,0003	0,0004	0,0002	0,0009	0
Pt	mg kg ⁻¹	0,0009	0,0004	0,0007	0,0006	0,0016	0
Rb	mg kg ⁻¹	4,7	3,2	6,6	1,1	7,6	0
Re	mg kg ⁻¹	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	5
Rh	mg kg ⁻¹						

Appendix 9. fortsättning.

Element		Medel- värde	Standard- avvikelse	Median (50%)	Min. värde	Max. värde	Antal u. det. gr.
Sr	mg kg ⁻¹	2,1	1,0	2,2	0,7	3,4	0
Ta	mg kg ⁻¹	0,0028	0,0013	0,0026	0,0013	0,0050	0
Tb	mg kg ⁻¹	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	5
Te	mg kg ⁻¹	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	5
Th	mg kg ⁻¹	<0,0007	-	<0,0007	<0,0007	0,0011	4
Ti	mg kg ⁻¹	0,25	0,08	0,27	0,15	0,36	0
Tl	mg kg ⁻¹	0,0011	0,0005	0,0010	0,0005	0,0017	0
Tm	mg kg ⁻¹	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	5
U	mg kg ⁻¹	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0
V	mg kg ⁻¹	0,0034	0,0026	0,0024	0,0009	0,0076	0
W	mg kg ⁻¹	0,005	0,007	0,001	0,001	0,017	0
Y	mg kg ⁻¹	0,0013	0,0006	0,0009	0,0009	0,0022	0
Yb	mg kg ⁻¹	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	0,0002	4
Zn	mg kg ⁻¹	30	10	32	16	43	0
Zr	mg kg ⁻¹	0,013	0,002	0,012	0,010	0,015	0
S	mg kg ⁻¹	1306	264	1220	1060	1710	0

RAPPORT 5148

*Halter av 61 spårelement i
avloppsslam, stallgödsel,
handelsgödsel, nederbörd
samt i jord och gröda*

FÖRORENING AV MARK MED METALLER är praktiskt taget oåterkallelig eftersom urlakningen är liten liksom bortförseln med grödor. Det finns inget generellt sätt att sanera mark från metaller, även om det finns vissa växter som tar upp betydande mängder av vissa metaller. Tillförsel av metaller till åkermark leder därför - om inte tillförseln är så obetydlig att den balanseras av bortförseln - till att metallhalterna stiger i marken och att denna ökning blir bestående under hundratals - tusentals år.

Rapporten redovisar halter av 61 grundämnen i avloppsslam, stallgödsel från svin och nötkreatur, de vanligaste NPK och P-gödselmedlen, en årsnederbörd från Gårdsjön i Västsverige, matjords- respektive alvprover från olika jordartstyper samt höstvetekärna och kornkärna.

En sådan undersökning har inte gjorts tidigare i Sverige och vi känner inte till att något liknande gjorts i något annat land.

Resultaten kommer att vara användbara i det fortsatta arbetet med att skydda åkermarken mot förorening av olika spårelement, främst i Sveriges men även i andra länder.

ISBN 91-620-5148-2
ISSN 0282-7298