



Svensk Djupstabilisering
Swedish Deep Stabilization Research Centre

Arbetsrapport 30
2003-04

Stabiliserad jords egenskaper Påverkan på miljö

Karsten Håkansson

Svensk Djupstabilisering

Svensk Djupstabilisering (SD) är ett centrum för forskning och utveckling inom djupstabilisering med kalk-cementpelare. Verksamheten syftar till att initiera och bedriva en branschsamordnad forsknings- och utvecklingsverksamhet, som ger säkerhetsmässiga, funktionsmässiga och ekonomiska vinster som tillgodoser svenska intressen hos samhället och industrin. Verksamheten baseras på en FoU-plan för åren 1996 – 2004. Medlemmar är myndigheter, kalk- och cementleverantörer, entreprenörer, konsulter, forskningsinstitut och högskolor.

Verksamheten finansieras av medlemmarna samt genom anslag från Byggforskningsrådet/Formas, Svenska byggbranschens utvecklingsfond och Kommunikationsforskningsberedningen.

Svensk Djupstabilisering har sitt säte vid Statens geotekniska institut (SGI) och leds av en styrgrupp med representanter för medlemmarna.

Ytterligare upplysningar om verksamheten lämnas av SD:s projektledare Göran Holm, tel: 013–20 18 61, 070–521 09 39, fax: 013–20 19 14, e-post: goran.holm@swedgeo.se, internet: www.swedgeo.se/sd.

Swedish Deep Stabilization Research Centre

The Swedish Deep Stabilization Research Centre coordinates research and development activities in deep stabilization of soft soils with lime-cement columns. A joint research programme based on the needs stated by the authorities and the industry is being conducted during the period 1996 – 2004. Members of the Centre include authorities, lime and cement manufacturers, contractors, consultants, research institutes and universities.

The work of the Swedish Deep Stabilization Research Centre is financed by its members and by research grants.

The Swedish Deep Stabilization Research Centre is located at the Swedish Geotechnical Institute and has a Steering Committee with representatives chosen from among its members.

Further information on the Swedish Deep Stabilization Research Centre can be obtained from the Project Manager, Mr G Holm, tel: +46 13 20 18 61, +46 70 521 09 39, fax: +46 13 20 19 14 or e-mail: goran.holm@swedgeo.se, internet: www.swedgeo.se/sd.



Svensk Djupstabilisering
Swedish Deep Stabilization Research Centre

Arbetsrapport 30
2003–04

Stabiliserad jords egenskaper
Påverkan på miljö

Karsten Håkansson

Förord

Svensk Djupstabilisering (SD) baserar verksamheten på sin FoU-plan som bl a innehåller ett antal stora FoU-projekt. För att öka underlaget för dessa forskningsprojekt satsar SD på kompletterande mätningar/analyser i lämpliga förstärkningsprojekt. Redovisningen av dessa mätningar /analyser granskas ej av SD utan redovisade resultat och framförda åsikter är författarens. Redovisningarna är arbetsrapporter inom SD. Även delredovisningar av FoU-projekt inom SD sker i SD:s arbetsrapportserie. Rapporter i SD:s arbetsrapportserie skall endast användas internt inom SD och ej spridas utanför SD.

I föreliggande arbetsrapport redovisas en studie avseende påverkan på miljön av stabiliseringsmedel vid djupstabilisering. Studien har ingått i SD:s forskningsområden Stabiliserad jords egenskaper.

Linköping i november 2003

Göran Holm
Projektledare för SD

Arbetsrapport

Beställning
(endast för
medlemmar av SD)

Svensk Djupstabilisering
c/o Statens geotekniska institut
581 93 Linköping

Tel: 013-20 18 42
Fax: 013-20 19 14
E-post: birgitta.sahlin@swedgeo.se

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Förord SD	
1	Inledning	4
2	Syfte	5
3	Material	5
4	Undersökningsmetoder	5
	4.1 Totalhalt	6
	4.2 Tillgänglighetstest	6
	4.3 Tvåstegs skakförsök	6
5	Jämförelsedata	7
	5.1 Förorenade områden	7
	5.2 Deponering	8
6	Analysosäkerhet	9
	6.1 Tillgänglighetstest	9
	6.2 Skakförsök	9
7	Resultat	11
	7.1 Totalhalter	11
	7.2 Rillgänglighetstest	12
	7.3 Skaktest	14
8	Stabiliseringens miljöpåverkan	14
	8.1 Totalhalter	14
	8.2 Tillgänglighetstest	17
	8.3 Inert avfall	18
9	Andra undersökta jordar	19
10	Slutsatser	22
11	Forskningsområden	22
12	Referenser	23
	Bilagor	
	1 Analysresultat stabiliserad Linköpingslera	
	2 Analysresultat stabiliserad Löftabrolera	
	3 Analysresultat Löftabrolera	
	4 Analysresultat Holma gyttja	

Stabiliserad jords egenskaper Delprojekt 5

Påverkan på miljö

1 INLEDNING

Genom djupstabilisering kan hållfastheten hos lösa jordar förbättras. Forskning om metodik för att stabilisera jorden pågår inom ramen för Svensk Djupstabilisering (SD). En bred ansats för att beskriva de tekniska egenskaperna hos stabiliserad jord görs i huvudprojektet Stabiliserad jords egenskaper (SJE). En viktig del för tolkningen av de tekniska egenskaperna är förståelsen av de kemiska reaktioner som sker i jorden. Detta ger en bättre förklaringsmodell för hur uppbyggnaden av ökad hållfasthet sker och resultaten kan användas som en grund för att förutsäga framtida händelseförlopp. För nästan alla stabiliseringsmetoder gäller att kemiska reaktioner med den omgivande jorden eftersträvas. De material som är aktuella som stabiliseringsmedel är material som är reaktiva, och som finns i tillräckliga mängder, vilket innebär att det kan finnas intresse av att använda cement, kalk eller reaktiva återvunna material som slagg, flygaska m. m.

För många av de aktuella materialen finns kunskap om deras kemiska egenskaper och ibland också om deras omgivningspåverkan. Det finns också viss kunskap om innehållet (totalhalt eller fastfasinnehåll) av ämnen i jord, både miljöstörande och andra ämnen. För att bedöma omgivningspåverkan är det emellertid inte tillräckligt att addera jordens och stabiliseringsmedlets innehåll av (miljöstörande) ämnen för att beräkna risken för skadliga effekter eftersom spridningen till omgivningen och upptag av ämnen inte alls är proportionell mot totalhalten.

Vid tillförsel av stabiliseringsmedel förändras de kemiska egenskaperna hos den uppkomna blandningen av jord och stabiliseringsmedel. Genom dessa förändringar kan man tolka och förutse vissa av de fysikaliska förändringarna av jorden som man eftersträvar vid en stabilisering. I ännu högre grad påverkar de kemiska förändringarna olika ämnens tillgänglighet, utlakningsegenskaper och därmed den direkta miljöpåverkan som den stabiliserade jorden ger. Vissa kombinationer av jord och stabiliseringsmedel ger en lägre påverkan på jordens utlakningsegenskaper medan andra jordar påverkas mer. Beror på vilka substanser som är begränsande för den miljömässiga användbarheten och hur benägna dessa är för utlakning kan också vissa kombinationer av jord och stabiliseringsmedel ge större miljömässiga effekter än andra kombinationer.

En inblandning av ett stabiliseringsmedel i en jord sker under relativt kort tid men de kemiska reaktioner som sker och som eftersträvas tar lång tid. Reaktionerna påverkas t.ex. av temperaturen och tillgången till reaktivt material. Vidare sker processerna i vattenlösning och vatten i sig självt deltar ofta i reaktionerna. Det innebär att en förutsättning för att sådana reaktioner skall underhållas är att nytt vatten tillförs via nederbörd eller med grundvattnet. Sett över en större skala är det sällan brist på vatten i jorden men lokalt kan vattengenomströmningen vara låg. I praktiken kommer reaktionerna att beskriva en långsamt avklingande kurva som inte når jämvikt förrän efter lång tid. I en

undersökning av miljöegenskaperna hos betong (European Commission, 1997) beskrivs svårigheterna att framställa ett stabilt referensmaterial och man föreslår användning av betong med några års lagring för att komma över problemet med att resultat från utlakningstester har låg reproducerbarhet. Hur snabbt ett någorlunda stabilt tillstånd uppnås beror på temperatur, typ av stabiliseringsmedel, permeabilitet och eventuell minskning av permeabiliteten i den bildade stabiliserade jorden. Reproducerbarheten av försök utförda med samma typ av kombination av stabiliseringsmedel och jord kan därför vara dålig under korta tidsrymder (veckor-månader). Bedömningen av miljöpåverkan under korta tidsrymder är därför möjlig att ge bara med stor osäkerhet.

2 SYFTE

Syftet med projektet är att beskriva hur och i vilken omfattning kemiska reaktioner mellan jord och stabiliseringsmedel påverkar omgivande miljö. Målet är att beskriva förändringar i miljöpåverkan i förhållande till det ursprungliga materialet.

3 MATERIAL

Två stycken jordar valdes. En lera betecknad Lkpg representerar en lera avsatt under sötvattenförhållanden och uttogs vid Linköpings småbåtshamn. En lera representerar en saltvattenslera uttagen vid Löftabro (Löfta) vid västkusten. Alla stabiliserade jordar som valdes ut för miljöanalyserna var stabiliserade med 100 kg stabiliseringsmedel per m³ jord. Byggcement (C), Kalk HB (L) samt Merit 5000 (S) användes i proportionerna 50/50. Följande stabiliserade jordar analyserades Lkpg CL, Lkpg CS, Löfta CL, Löfta SL. De rena jordarna analyserades även separat utan bindemedel. Analyser enligt nedan har utförts i projektet.

Tabell 1. Översikt över utförda analyser på lerorna i denna undersökning.

	Totalhalt	Tillgänglighetstest	Skakförsök
Linköpingslera	X		
Lkpg CL	X	X	X
Lkpg CS	X	X	X
Löftabrolera	X	X	
Löfta CL	X	X	X
Löfta SL	X	X	X

Tillgänglighetstest startades på Linköpingsleran men försöket kunde inte genomföras eftersom partiklarna i den uppkomna lersuspensionen inte kunde skiljas från den lösta vätskan vare sig med hjälp av centrifugering eller filtrering.

4 UNDERSÖKNINGSMETODER

Genom olika testmetoder efterliknas den situation som anses styrande för utlakningen. I första hand är det viktigt att avgöra om utlakning via materialets yta är den dominerande processen eller om materialet är så pass permeabelt att genomströmmande vatten står för den dominerande utlakningen. Gränsen för när dessa båda processer är likvärdiga med avseende på utlakning är vid en permeabilitet på 10⁻⁸ m/s. Det innebär att en stabi-

liserad jord eller en stabiliserad lera kan hamna i gränsområdet mellan dessa båda styrande processer. I projektet valdes att utföra försök anpassade till granulära material som efterliknar genomströmning av vatten genom ett material. Denna typ av tester är mer utprovade och standardmetoder eller provisoriska standardmetoder finns. De tester som står till buds är skakförsök som finns som europeisk standard (EN 12457 –3). I övrigt finns en kolonnmetod där vattnet får strömma genom en kolonn fylld med material (prEN 14405).

För granulära material finns vidare standardiserade metoder som innebär att lakösningen manipuleras genom att ett visst pH eller en viss redoxpotential låses under försöket.

De analyser som valdes var fastfasanalys, lakning i form av ett tillgänglighetstest som efterliknar den mängd av olika ämnen som är möjliga att laka ut samt lakning med skaktest. Den senare metoden valdes som alternativ till kolonnförsöket dels därför att den finns som standard, och dels därför att möjligheten att utföra skakförsök bedömdes som större om materialen visade sig vara täta.

4.1 Totalhalt

Genom att bestämma den totala halten av oorganiska ämnen erhålls en uppfattning om materialets huvudsakliga beståndsdelar. Bestämningen av totalhalter har utförts enligt SGAB:s paket MG-2. För As, Cd, Cu, Co, Ni, Pb, Zn, Hg och S gäller att ämnena i materialet gjorts tillgängliga för analys genom uppslutning i mikrovågsugn med en blandning av HF, HNO₃ och HCl. För övriga element gäller att upplösning skett med litiumboratsmälta. Slutbestämning av metallhalter har skett med ICP-AES och ICP-MS, vilket medger låga detektionsgränser.

4.2 Tillgänglighetstest

Den potentiellt utlakbara mängden, d_v s den mängd som kan laka ut då varken kornstorlek, alkalinitet, koncentrationsskillnader eller tid begränsar utlakningen, har bestämts genom ett standardiserat förfarande, s_k tillgänglighetstest. Tillgänglighetstestet avspeglar den potentiellt tillgängliga mängden av ett ämne som är lakbar på **mycket** lång sikt. Testet, som har utförts enligt Nordtest NT ENVIR 003 (1996), är ett pH-statistiskt försök med ett mycket stort förhållande mellan vätska och fast fas ($L/S^1 = 100$ i två steg). Materialet är nedmalt till $< 125\mu\text{m}$. Under lakningen mäts pH kontinuerligt och hålls konstant vid $\text{pH} = 7$ under tre timmar i första steget och $\text{pH} = 4$ under 18 timmar i andra steget med hjälp av automatisk syratillsats. I försöken utförda i denna rapport användes syra med en förhållandevis hög koncentration (1M).

4.3 Tvåstegs skakförsök

Tvåstegs skakförsök föreslås användas som en förenklad, kontinuerlig kvalitetskontroll av materialet. Testet skall, enligt Rådets beslut (Europeiska gemenskapernas kommission, (2003/33/EG), användas för styrning avfall till olika deponiklasser som en jämförelse med resultat framtagna genom kolonnförsöket. Metoden finns som europeisk standard, EN 12457 i fyra olika varianter varav valdes försök med lakning i två steg och med mindre partikelstorlek (EN 12457 – 3). Utförandet innebär att prov ($< 4\text{ mm}$) blandas med avjoniserat vatten vid $L/S=2$ och skakas i en vändapparat. Lakvätskan avskiljs,

¹ $L/S = \text{Liquid/Solid}$, d_v s kvoten mellan mängd vätska och fast material

varefter ytterligare vätska sätts till materialet så att det ackumulerade förhållandet motsvarar $L/S = 10$. Vid $L/S = 2$ skakas provet i 6 timmar och vid $L/S = 10$ i 18 timmar.

5 JÄMFÖRELSEDATA

Vid undersökning av miljöpåverkan är målet att beskriva vilken påverkan på omgivningen som ges av en viss åtgärd. I denna påverkan kan en mängd faktorer tas in och beskrivas, allt ifrån störningar vid anläggningsarbete till långsiktig miljöpåverkan. I detta projekt handlar det om att bedöma miljöpåverkan vid användning av antingen konventionella produkter som cement eller kalk eller restprodukter som uppkommit som ett resultat av en produktionsprocess i syfte att producera något annat. Vid bedömningen av miljöpåverkan av dessa material finns inga givna jämförelsedata eller riktlinjer för användning som enkelt kan användas. I denna studie är det miljöpåverkan beroende på emissioner till vatten och eventuell påverkan på grundvattenkvalitet och ytvattenkvalitet som har varit i fokus för undersökningarna. Eftersom det är de generella effekterna av användningen av olika material som skall analyseras innebär det att det är materialens egenskaper som stått i centrum för undersökningarna. Vid varje lokal bör annars en miljökonsekvensbeskrivning utföras som jämför effekten av en åtgärd på en specifik plats med ett noll-alternativ.

De generella data som är tänkbara som jämförelsematerial är data avseende jämförelser med förorenade områden eller deponering, även om sådana data bör tolkas med stor försiktighet.

5.1 Förorenade områden

En modell för omgivningspåverkan har tagits fram för förorenade områden (Naturvårdsverket, 1997a). Rapporten är i första hand avsedd att användas för redan förorenade markområden. Detta innebär att de nivåer och värden som anges inte alltid är direkt tillämpliga vid t.ex. användning av en restprodukt eller vid tillförsel av ett nytt material till ett markområde. Däremot är strukturen och tankegångarna inför en bedömning av stort intresse även i andra sammanhang eftersom det i sak handlar om att se till att oönskade miljöeffekter inte uppstår.

Grundstommen för den riskbedömning som skall göras består i en bedömning av

- föroreningsars farlighet,
- spridningsförutsättningar,
- känslighet/skyddsvärde
- föroreningsnivå.

Genom att väga in de möjliga upptagsvägar som kan finnas för ett ämne från jorden till människan eller omgivningen, med hänsyn till t.ex. vattenlöslighet, transport med luft eller vatten, upptag i organismer etc., har man räknat fram generella riktvärden för olika ämnen.

I rapporten (Naturvårdsverket 1997a) redogörs för ett antal (11) viktiga punkter som måste vara uppfyllda för att generella riktvärden skall kunna användas. Om dessa förutsättningar inte är uppfyllda måste en fördjupad riskbedömning med platsspecifika data göras och platsspecifika riktvärden bör då sättas.

Platsspecifika applikationer

För att kunna använda modellen för förorenad mark i platsspecifika sammanhang är det viktigt att analysera vilka exponeringsvägar som är styrande för riktvärdet. I de fall spridning och upptag via vatten kan bedömas vara styrande för riktvärdet kan lakförsök ge viktig information och bättre bild av tillgängligheten av ämnen än enkla generella uppskattningar av vattenlöslighet. Kan man visa t.ex. genom lakförsök att endast en del av föroreningen är tillgänglig för spridning eller upptag, även på lång sikt, skall föroreningens farlighet bedömas som lägre än om all förorening är tillgänglig för upptag. På motsvarande sätt kan en ”ovanligt” låg halt av organiskt material vara ett motiv för att bedöma spridningsförutsättningarna via vatten som större än vad som ges i det generella fallet eftersom förutsättningarna för fastläggning kan vara lägre.

5.2 Deponering

Lakresultat tillsammans med totalhalter kommer att vara nödvändiga för att avgöra till vilken deponiklass inerta och granulära material skall klassas (inert avfall, avfall, farligt avfall). Beslut har fattats (2002) av Rådet om kriterier och förfarande vid mottagning av avfall. (Europeiska gemenskapernas kommission,(2003/33/EG). Kriterierna anger gränsvärden som inte får överskridas. De kommer att träda i kraft 2004 och fullt ut tillämpas 2005. Beroende på att man har valt dricksvattenkriterier som utgångspunkt är de flesta ämnen som behandlas oorganiska ämnen. Vissa material anses inte behöva karaktäriseras utan kan tas emot vid deponier för inert avfall. Till dessa kategorier hör t.ex. betong samt jord och sten (ej matjord, ej torv, ej förorenad jord).

Resultat från lakningar används redan nu i flertal andra europeiska länder som godkänt underlag för bedömning av avfall (Holland: kolonn, Österrike: skaktest, Frankrike: skaktest; Tyskland: DIN-lakmetod skak). I första hand rekommenderas att testerna utförs enligt antagna officiella CEN-standarder. Om en sådan inte finns skall medlemsstaterna antingen tillämpa nationell standard eller utkastet till CEN-standard när den nått prEN- stadiet.

En svårighet vid stabilisering kan vara att definiera vilken typ av testmetod som skall användas. För ett mycket tätt material ($<10^{-8}$ m/s) kan inte de tester som rekommenderas i rådets beslut användas (se nedan). Rådet hänvisar till att medlemsstaterna skall ta fram metoder som ger samma grad av miljöskydd som de metoder som används för granulära material. Om bedömningen av stabiliserad jord görs på samma sätt som avfallsbedömningen kommer det att kunna innebära svårigheter vid val av metod eftersom en stabiliserad jord i vissa fall kan uppnå en hög täthet.

Sammanfattning

Generella riktvärden för förorenad mark finns endast för ett mindre antal ämnen eller grupper av ämnen. Det saknas vidare specifika verktyg att bedöma användning av restprodukter i vidare bemärkelse. Däremot finns förhållandevis tydliga och genomtänkta kriterier för vilka faktorer som skall beaktas vid en riskbedömning av ett förorenat markområde, som kan appliceras i andra sammanhang.

Med implementeringen av deponeringsdirektivet kommer lakförsök att få en större tyngd i fråga om bedömningen av avfall men troligen också inom andra områden. Den ökande volym av lakförsök som kommer att utföras på olika material blir ett underlag

som också kan användas vid bedömningen av andra applikationer som t.ex hantering av förorenande massor och vid bedömning av restprodukters användbarhet.

Inom projektet har vi därför bedömt att lakförsök behövs för att bedöma utlakning och emissioner via vatten och att de också bör ingå i ett platsspecifikt underlag för bedömning av påverkan på omgivningen. Tillsammans med fastfasanalys (totalhaltsanalys) som används då andra exponeringsvägar är styrande bör detta utgöra grund för bedömningen.

6 ANALYSOSÄKERHET

En rapport som har tagits fram av RVF (RVF Rapport 02:10, 2002) förordar att tillgänglighetstest används vid kvalitetssäkring av bottenaska från avfallsförbränning. Anledningen är att detta test är det test som har den minsta spridningen av resultat av jämförda lakteter (skakförsök, kolonnförsök, tillgänglighetstest). I en undersökning av spridningen vid analys av Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn från 6 förbränningsanläggningar befanns att spridningen vid totalhaltsbestämning mätt som variationskoefficient låg i genomsnitt kring 60 % medan spridningen för tillgänglighetstest låg kring ca 85 % och spridningen vid skakförsök kring 120 %. Spridningen varierar beroende på olika ämnen.

6.1 Tillgänglighetstest

Av de lakförsök som har använts inom projektet är flera preliminära metoder och alla har inte genomgått någon validering. Betydelsen av olika parametrar i tillgänglighetstestet undersöktes av Fällman, (1997) som visade att tiden för lakning vid pH 4 var betydelsefull för repeterbara resultat. Detta ledde till en modifiering av metoden till den NORDTEST-metod som använts här.

6.2 Skakförsök

En validering av utlakningsförsök har utförts av ECN (2001), (Netherlands Energy Research Foundation) på uppdrag av CEN (Europeiska standardiseringskommissionen). Ett trettiotal laboratorier i Europa deltog i denna undersökning. Skakförsöket prEN 12457 med dess olika varianter (1 – 4) av nedkrossning och enstegs eller tvåstegsförsök undersöktes.

Vid utvärdering av en mätmetodik brukar man skilja på noggrannhet och precision. Noggrannhet betecknar överensstämmelsen mellan uppnått resultat (medelvärde av ett större antal mätningar) och det sanna eller accepterade referensvärdet. Precision avser spridning mellan mätresultat. För lakförsök finns inga accepterade referensmaterial utan de analyserade proverna har jämförts med en laklösning framtagen under kontrollerade förhållanden. Det innebär att endast frågor om precision har undersökts som repeterbarhet och reproducerbarhet. I detta sammanhang är dessa termer definierade enligt nedan.

Repeterbarheten är bestämd som ett intervall kring ett mätresultat (r). Intervallet motsvarar den maximala skillnad som förväntas (med 95 % statistiskt konfidensintervall). Repeterbarheten handlar om skillnader mellan två eller flera mätningar på samma laboratorium utförda på ett prov uttaget under samma förhållanden. Reproducerbarheten är också bestämd som ett intervall kring mätresultat (R). Intervallet motsvarar den maximala skillnad som förväntas mellan resultat framtagna enligt den testade standarden mellan olika laboratorier där utgångsmaterialet har varit samma fältprov som sedan preparerats under samma förhållanden. Den statistiska utvärderingen bygger på att resulta-

ten är normalfördelade eller att de kan approximeras med en normalfördelning. Utvärderingen är gjord med en metod som inte utesluter några data. Detta är gjort eftersom det i spridningen av resultaten inte bara påverkas av olika kvaliteter på laboratoriehanteringen utan också beror av graden av heterogenitet i utgångsmaterialen.

Nedan (Tabell 2) finns ett utdrag ur rapporten (ECN, 2001, Table 5.5) där repeatability limit och reproducibility limit beskriver det intervall definierat enligt ovan se t.ex Co där repeatability limit beräknas som 14 % av medelvärdet ($= 4,31 \pm 0,60$). Första delen av tabellen avser undersökning av metoden EN 12457-2 i stället för den EN12457-3 som använts här. Enda skillnaden är att lakningen (L/S 0-10) gjorts i ett steg. För material med hög vattenkvot är denna variant ofta ett alternativ vid lakning eftersom vatteninnehållet redan från början kan överstiga L/S 2. I andra delen av tabellen presenteras EN 12457-1 vilket egentligen är första steget (L/S 0 -2) i den metod som använts i projektet.

Tabell 2. "Summary of performance data for COS" (kontaminerad jord)

EN 12457-2			Repeatability standard deviation	Reproducibility standard deviation	Repeatability limit (comparing two measurements)	Reproducibility limit (comparing two measurements)	Number of labs	Eluate analysis repeatability standard deviation
Sample	Element	Average						
Code		mg/kg	$S_{r, test} \%$	$S_R \%$	$R_{test} \%$	$R \%$	N	$S_{r, anal} \%$ ⁵⁾
COS	As	4.69	3.7	29.3	10.4	82.0	11	3.4
COS	Pb	33.19	4.9	7.4	13.7	20.7	11	3.4
COS	Cd	19.71	3.9	16.6	10.9	46.5	11	4.1
COS	Ni	4.70	4.1	14.7	11.5	41.2	11	3.1
COS	Co	4.31	5.0	19.0	14.0	53.2	11	4.1

⁵⁾ The repeatability standard deviation of the eluate analysis as obtained in the validation of EN 12457 is consistent with the repeatability standard deviation obtained in the eluate analysis validation study .

EN-12457 - 1		Average	Repeatability standard deviation	Reproducibility standard deviation	Repeatability limit (comparing two measurements)	Reproducibility limit (comparing two measurements)	Number of labs	Eluate analysis repeatability standard deviation
Sample	Element	mg/kg	$S_{r, test} \%$	$S_R \%$	$R_{test} \%$	$R \%$	N	$S_{r, anal} \%$ ³⁾
COS	As	1.52	8.1	33.8	22.7	94.6	11	3.8
COS	Pb	6.62	4.9	20.9	13.7	58.5	11	2.0
COS	Cd	14.28	7.6	21.4	21.3	59.9	11	1.8
COS	Ni	3.72	7.9	18.4	22.1	51.5	11	1.7
COS	Co	3.45	6.2	25.3	17.4	70.8	11	1.5

³⁾ The repeatability standard deviation of the eluate analysis as obtained in the validation of EN 12457 is consistent with the repeatability standard deviation obtained in the eluate analysis validation study .

Av de undersökta ämnena är det As som har störst spridning totalt sett. Reproducerbarheten kan variera med en faktor 2 (82 respektive 94,6% av medelvärdet). Slutsatser av den citerade rapporten var att homogena material som i rapporten bestod av kontaminerad jord, kemiskt slam, avloppsslam, filterkaka från tvättad flygaska från avfallsförbränning, gav en bra reproducerbarhet och repeterbarhet. För andra material som är beskrivna i rapporten, metallurgisk slagg, bottenaska från sopförbränning och något förvånande blästersand var resultaten sämre. För att förbättra materialens övergripande

uppträdande måste tonvikt läggas på sätt att minimera effekterna av heterogenitet på repeterbarhet och reproducerbarhet.

7 RESULTAT

Nedan presenteras resultaten av stabilisering av de två lerorna tagna från två olika områden i Sverige. Lerorna representerar två olika bildningsmiljöer; Linköpingsleran är avsatt i sötvatten medan Löftabroleran är avsatt i saltvatten. Både de kemiska och fysikaliska egenskaperna kan påverkas av i vilken miljö leran är avsatt. För en fullständig redovisning av resultat se bilaga 1 för Linköpingsleran och bilaga 2 för Löftabroleran

7.1 Totalhalter

Uppmätta totalhalter av spårämnen för de stabiliserade jordarna och stabiliseringsmedeln redovisas i tabell 3.

Tabell 3. Totalhalter (fastfasanalys) av spårämnena för Linköpingsleran, Löftabroleran, de stabiliserade jordarna av dessa leror (Halterna avser mg/kg TS). CL stabiliserad med byggcement och kalk HB, CS stabiliserad med byggcement och Merit 5000, SL stabiliserad med Merit 5000 och kalk HB. C, S och L representerar cement, Merit 5000, samt kalk.

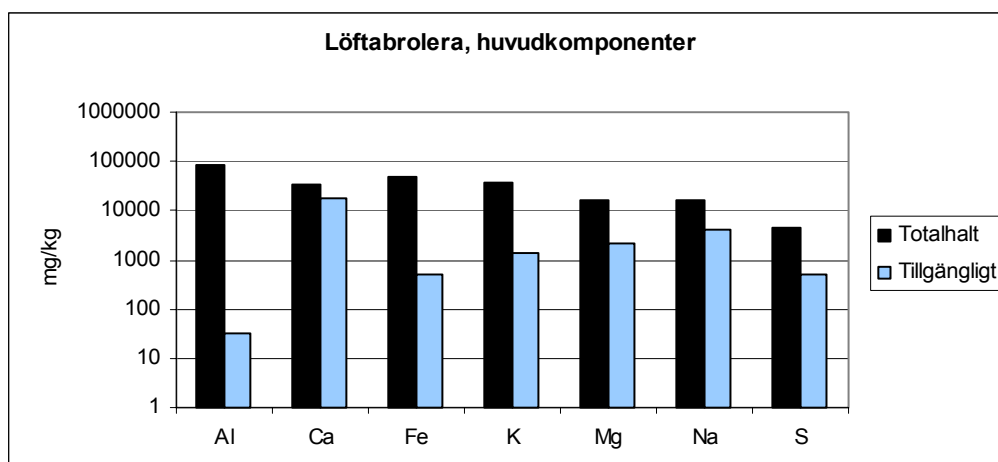
	Lkpg- lera	Lkpg CL	Lkpg CS	Löfta- lera	Löfta CL	Löfta SL	C	S	L
As	0,471	5,99	5,84	5,08	6,92	8,24	2,44	0,069	0,646
Cd	0,286	0,245	0,248	0,317	0,135	0,1365	0,163	0,0226	0,196
Co	19,2	16	16,1	15,3	11,95	12	9,96	3,11	8,36
Cr	39,8	61,5	66,7	42,9	60,4	77,2	41,1	36	8,58
Cu	34,8	23,9	24,4	34,9	22,7	34,8	16,5	17,8	6,3
Hg	0,0551	0,0438	0,04	0,054	0,0418	0,04	0,083	0,0547	<0,05
Mo		6	6		4	6			
Ni	38	31,9	30,9	33,7	26,95	32	37,4	17,1	4,08
Pb	21,8	24,8	24,3	18,4	18,35	17,4	13,8	0,52	6,54
S	921	1880	2670	4680	3980	7975	11080	6074	81
Tl							0,0411	<0,04	<0,04
V	46,8	91,7	110	64,6	99,55	118	62,9	324	9
Zn	94,2	99,1	101	116	96,7	86,05	381	1	51,1

I allmänhet är totalhalterna i den stabiliserade jorden högre än halterna av stabiliseringsmedlen. Undantagen är Cd, Hg, S, Ni, V och Zn. Kadmiumhalterna i den stabiliserade jorden från Löftabro (Löfta CL och Löfta SL) är förvånansvärt låga med tanke på den rena jordens halt. För kvicksilver ligger alla halter mycket nära detektionsgräns och någon detaljerad tolkning kan inte göras. Variationen i analysen bedöms vara lika stor som eventuella skillnader i halter. Svavelhalten i de stabiliserade Linköpingsproverna jämfört med Linköpingsleran visar att stabiliseringen ökar svavelhalterna särskilt för det material som är stabiliserat med CS. För Löftabroleran syns däremot inget tydligt samband. Stabiliseringen med SL ger anmärkningsvärt högst halt vilket kan bero på variationer i jordens svavelhalt. För Ni är halterna obetydligt högre i cement än i de stabiliserade jordarna. Spridningen av dubbelprover för Ni är ca 5 % i analyssteget och med motsvarande spridning i cementanalysen överlappar halterna varandra. För zink är skill-

naderna i halter mellan den stabiliserade jorden och den rena jorden små och kan inte tydligt hänföras till stabiliseringsmedlen utan kan också bero på variationer i jordens sammansättning precis som för svavel. Återstår vanadin där slaggens innehåll verkar påverka den stabiliserade jordens halt. Halterna är lägst i jorden och högst i de jordar som är stabiliserade med slagg.

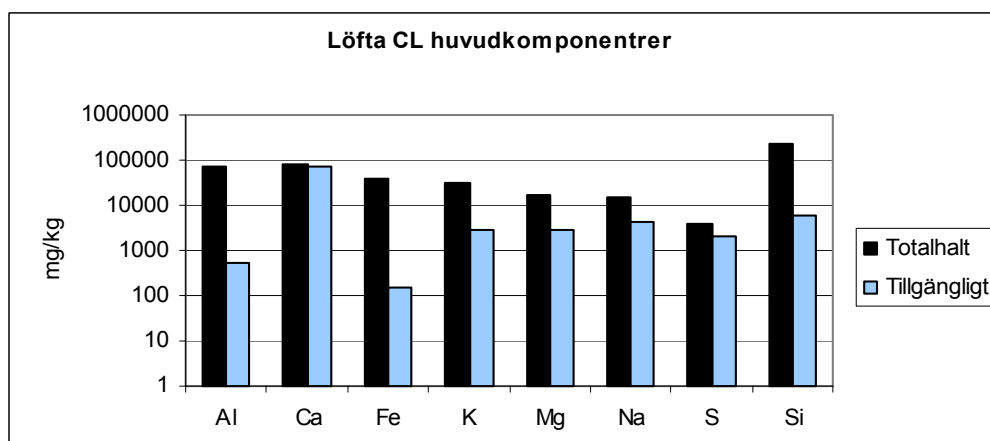
7.2 Tillgänglighetstest

Endast en del av den totala halten är tillgänglig för utlakning. Resultaten av tillgänglighetstesten redovisas i bilagorna. I figur 1 visas exempel på tillgängligt utlakad mängd för den rena Löftabroleran jämfört med totalhalter..

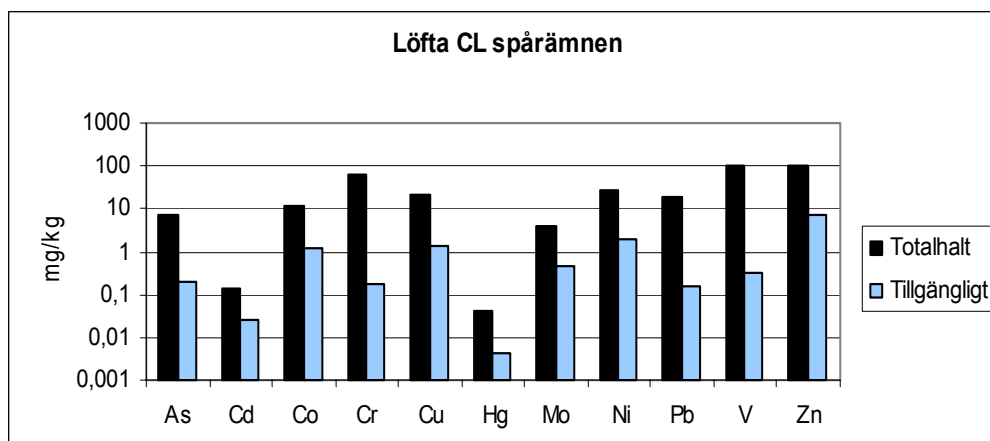


Figur 1. Tillgängligt utlakad mängd och totalhalter av huvudkomponenter Löftalera (ostabiliserad).

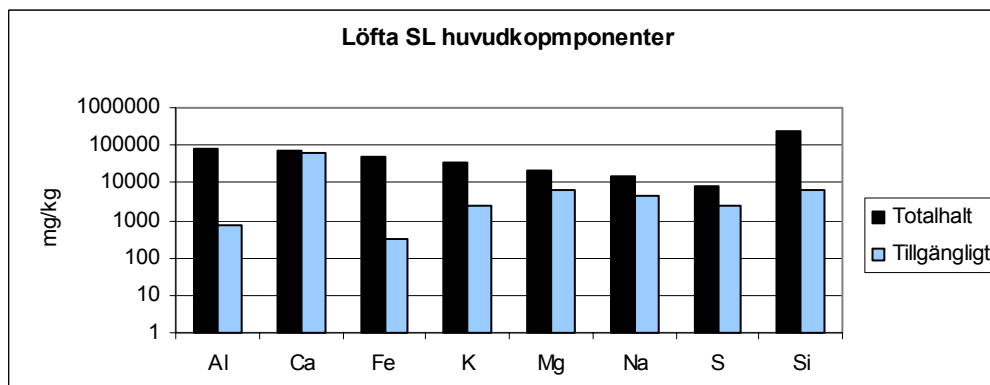
I figur 2 – 5 visas exempel på andelen tillgängligt material jämfört med den totala mängden av ämnen för Löftabrolera stabiliserad med CL respektive SL. Tillgängligt kalcium och svavel bland huvudkomponenterna (figur 2 och figur 4) utgör en stor del av det totala innehållet. Detta innebär bland annat att dessa ämnen kan delta i hållfasthetsuppbyggande reaktioner



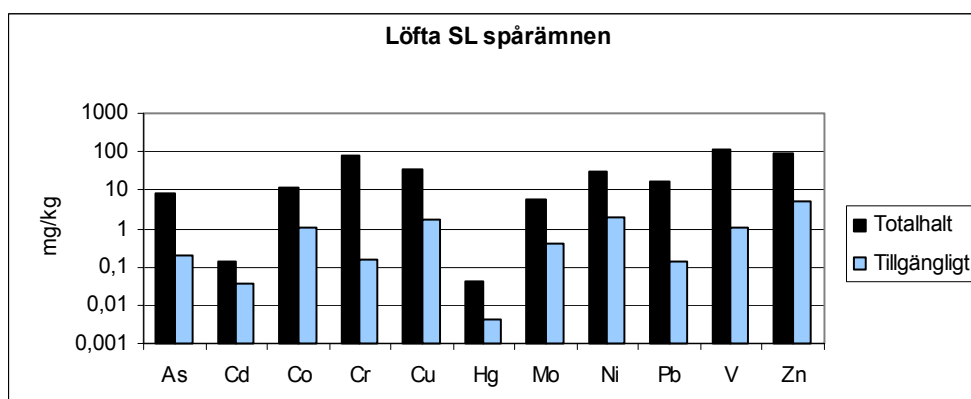
Figur 2. Tillgängligt utlakad mängd och totalhalter av huvudkomponenter från Löftabrolera stabiliserad med kalk-cement



Figur 3. Tillgängligt utlakad mängd och totalhalter av spårämnen från Löftabrolera stabiliserad med kalk-cement.



Figur 4. Tillgängligt utlakad mängd och totalhalter av huvudkomponenter från Löftabrolera stabiliserad med slagg-kalk.



Figur 5. Tillgängligt utlakad mängd och totalhalter av spårämnen från Löftabrolera stabiliserad med slagg-kalk.

För spårämnena syns att mängden tillgänglig vanadin är något högre från SL än från CL medan tillgänglig halt zink är något högre från CL.

7.3 Skaktest

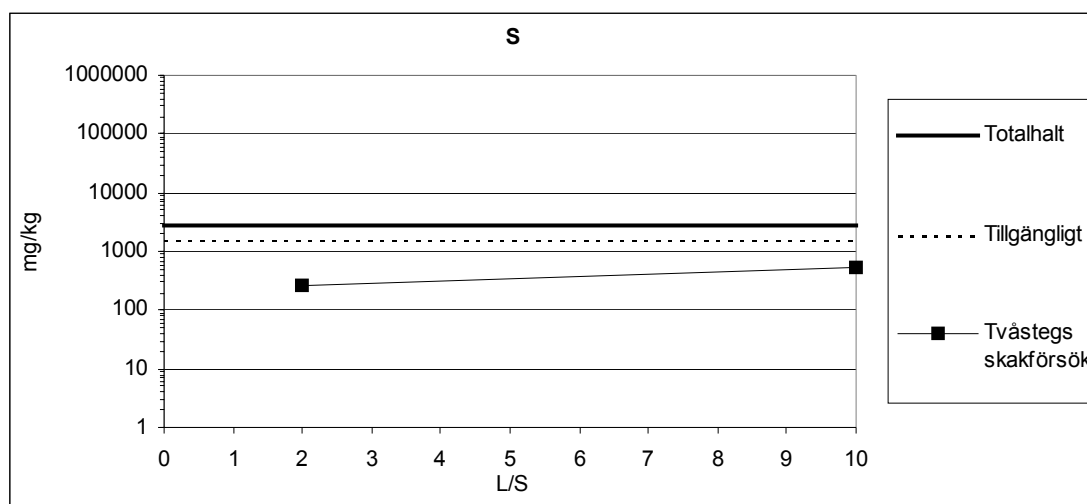
För en fullständig redovisning av resultaten från skaktesten se bilagorna. I figur 6 visas ett exempel från Linköpingsleran stabiliserad med cement-slagg.

Vid skaktesterna som utförs utan föregående pH-justering av vattnet låg pH-värdena något lägre i Linköpingsleran 8,8 – 10,9 medan Löftabroleran hade pH-värden på mellan 11,1 – 11,7. Högst var pH i de cement-kalkstabiliserade jordarna. Vid lakning av alkaliska material brukar i allmänhet pH i laklösningen sjunka i takt med att materialet tvättas ut. I detta fall noterades i stället en ökning av pH (se tabell 4).

Tabell 4. pH-värden i de olika skakförsöken.

	Lkpg CL	Lkpg CS	Löfta CL	Löfta SL
L/S 2	10,5	8,8	11,5	11,1
L/S 10	10,9	9,8	11,7	11,3

Ett högre pH uppnåddes i det andra laksteget (L/S 2 – 10) än i det första (L/S 0 – 2). En trolig orsak till detta är att endast ytan av materialkornen har utsatts för förändringar medan materialet i stort är förhållandevis oförändrat trots lång tids lagring. Det innebär att det inte enbart är tiden som styr förändringar i lakbarhet. Troligen krävs vatten-genomströmning eller tillförsel av koldioxid eller luft för att ändra betingelserna för lakning.



Figur 6. Utlakning av svavel från Linköpingslera stabiliserad med cement-Merit 5000 (CS).

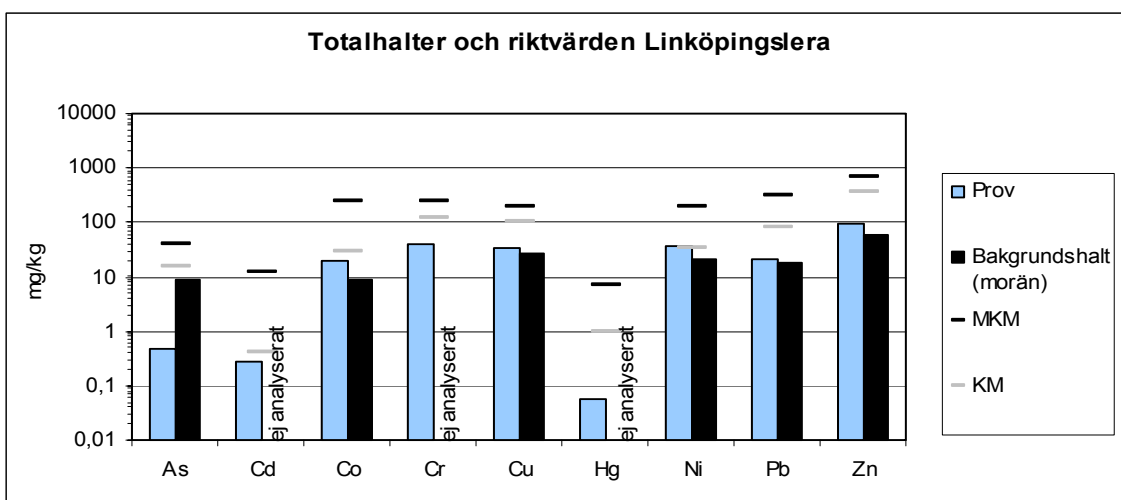
8 STABILISERINGENS MILJÖPÅVERKAN

8.1 Totalhalter

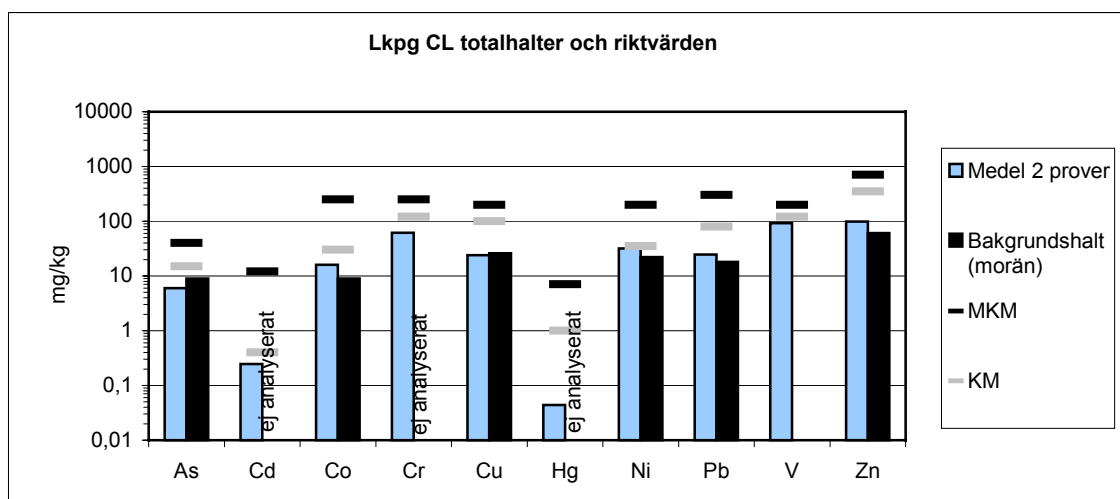
Totalhalterna har jämförts med naturmaterial (Naturvårdsverket 1997b) i figurerna 7 – 9 för Linköpingsleran och figurerna 10 – 12 för Löftabroleran samt med generella riktvärden för förorenad mark (Naturvårdsverket 1997a). Riktvärdena för förorenad mark är uppdelade i riktvärde för jord med känslig markanvändning (KM) och jord med mindre känslig markanvändning (MKM). Detta innebär att för KM kan exponeringen till männi-

ska och miljö vara betydande medan det för MKM oftast är fråga om extensivt använd mark där ett flertal exponeringsvägar är uteslutna. Vid jämförelsen med bakgrundsvärden i figurerna 7 – 12 har värdet för 90 % av alla analyserade värden för morän använts.

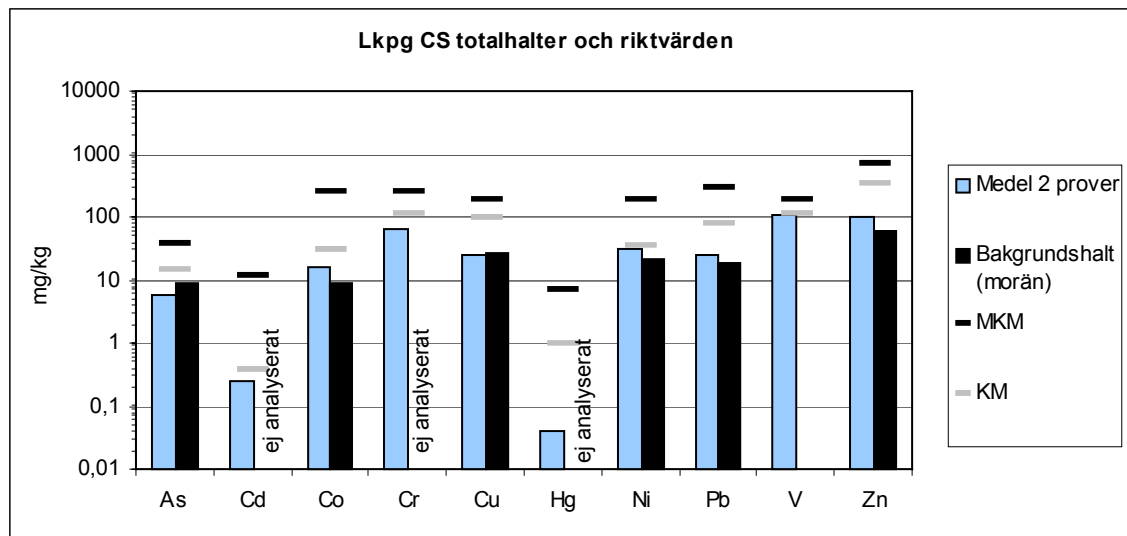
I Linköpingsleran stabiliserad med cement-kalk (figur 8) ligger alla värden under riktvärdet för känslig markanvändning (Ni tangerar värdet). I leran stabiliserad med cement-merit tangerar vanadin riktvärdet. För flera av metallerna saknas ett bra underlag för bakgrundshalter antingen beroende på tidigare svårigheter att detektera bakgrundshalter (t.ex. Cd, Hg) eller på grund av andra analystekniska svårigheter (Cr). För vanadin har ämnet inte prioriterats i miljösammanhang.



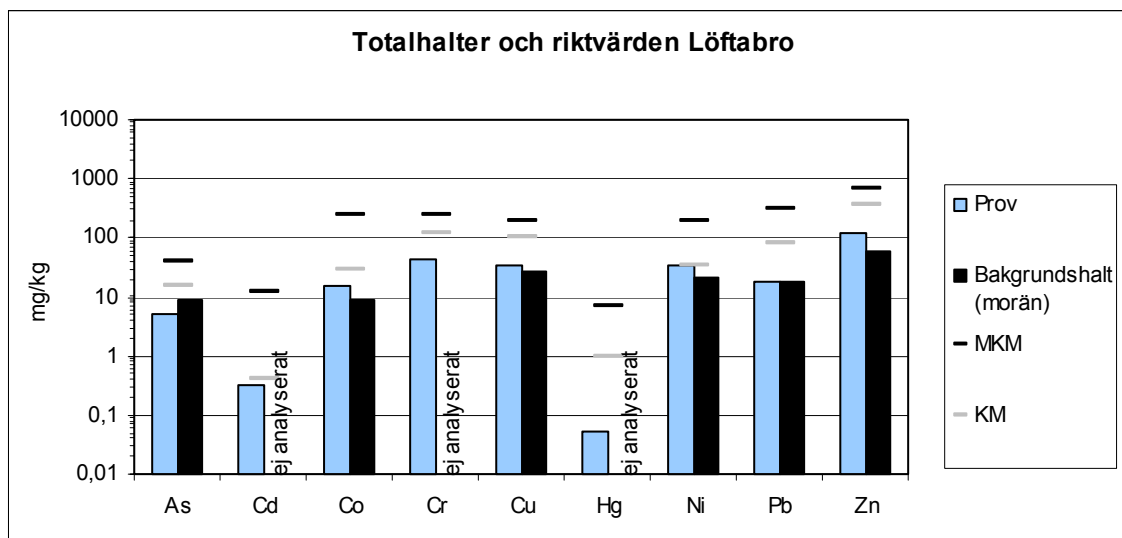
Figur 7. Totalhalter av vissa spårämnen i Linköpingslera jämförda med riktvärden för förorenad mark (KM och MKM; Naturvårdverket 1997a), samt med bakgrundsvärden, (Naturvårdverket 1997b).



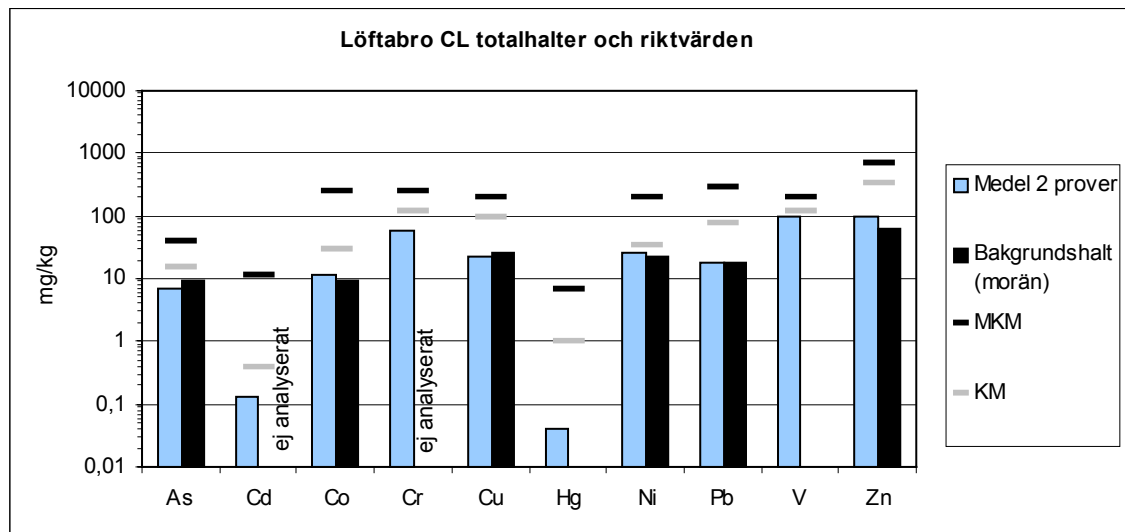
Figur 8. Totalhalter av vissa spårämnen i Linköpingslera stabiliserad med cement kalk jämförda med riktvärden för förorenad mark (KM och MKM; Naturvårdverket 1997a), samt med bakgrundsvärden, (Naturvårdverket 1997b).



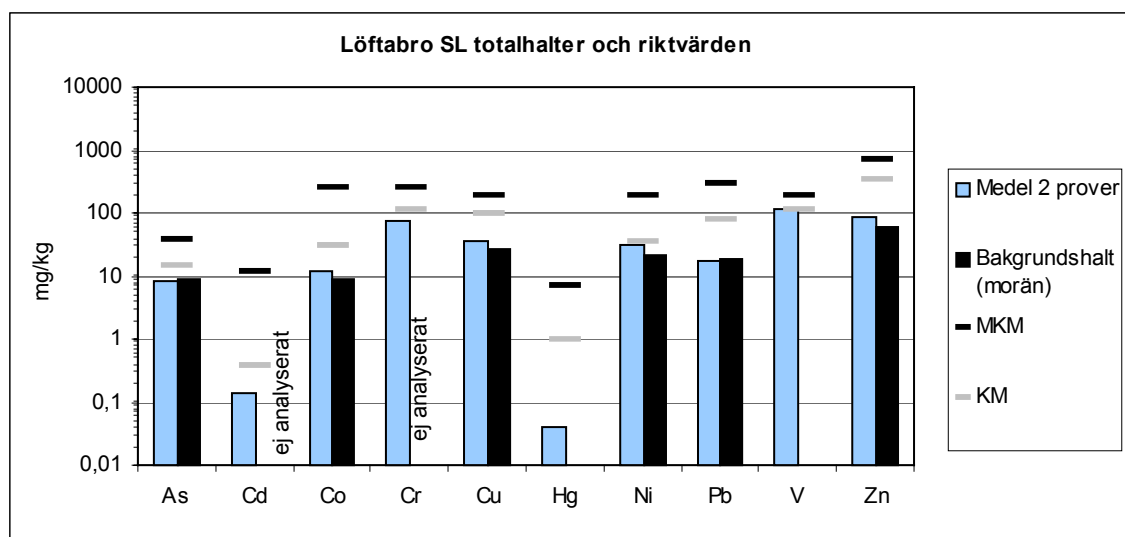
Figur 9 Totalhalter av vissa spårämnen i Linköpingslera stabiliserad med cement-slagg jämförda med riktvärden för förorenad mark (KM och MKM; Naturvårdverket 1997a), samt med bakgrundsvärden, (Naturvårdsverket 1997b).



Figur 10. Totalhalter av vissa spårämnen i Löftabrolera jämförda med riktvärden för förorenad mark (KM och MKM; Naturvårdverket 1997a), samt med bakgrundsvärden, (Naturvårdsverket 1997b)..



Figur 11. Totalhalter av vissa spårämnen i Löftabrooleran stabiliserad med cement kalk jämförda med riktvärden för förorenad mark (KM och MKM; Naturvårdsverket 1997a), samt med bakgrundsvärden, (Naturvårdsverket 1997b).



Figur 12. Totalhalter av vissa spårämnen i Löftabrooleran stabiliserad med slagg-kalk jämförda med riktvärden för förorenad mark (KM och MKM; Naturvårdsverket 1997a), samt med bakgrundsvärden, (Naturvårdsverket 1997b).

8.2 Tillgänglighetstest

För tillgänglighetstest finns ett visst referensmaterial i form av lakningar av naturmaterial utfört vid SGI. Utlakade mängder från de stabiliserade jordarna i tillgänglighetstestet jämförs i tabell 5 med utlakade mängder i tillgänglighetstest på naturmaterial (morän, bergkross, naturgrus, moränlera, totalt 14 prov, SGI).

Tabell 5. Utlakad mängd i tillgänglighetstest (mg/kg) från stabiliserade jordar jämfört med lakningar av naturmaterial (morän, bergkross, naturgrus, moränlera, totalt 14 prov, SGI).

Ämne	Lkpg CL	Lkpg CS	Löftabro- Lera	Löfta CL	Löfta SL	Naturmaterial 14 prov
As	<0,200	<0,200	0,204	<0,202	<0,202	0,16 - 0,73
Cd	0,112	0,053	0,021	0,025	0,039	0,015 - 0,11
Co	2,06	1,38	1,824	1,14	1,13	0,064 - 1,81
Cr	0,450	0,159	<0,1	0,177	0,16	<0,1 - 0,78
Cu	3,74	1,53	0,422	1,31	1,64	<0,02 - 10,1
Ni	0,376	2,96	3,128	1,99	1,84	0,7 - 80,4
Pb	0,360	0,133	0,099	0,159	0,146	0,05 - 7,7
Zn	14,24	11,99	2,515	7,52	5,24	1,34 - 16,9

8.3 Inert avfall

För att styra avfall till olika avfallsklasser finns ett beslut från EU-kommissionen med kriterier för styrning av avfall och tillhörande gränsvärden (Europeiska gemenskapernas kommission, 2002). Den metodik med utlakning genom skak-försök som har gjorts inom detta projekt kommer att bli en av de två möjliga metoder till vilka gränsvärdena knyts. Kolonnförsök kan också bli ett alternativ för att på så sätt även kunna analysera det första vattnet (med högst koncentrationer) som lakas ut från ett material. De testmetoder för vilka gränsvärden är satta är båda avsedda för analys av granulärt avfall och inte monolitiskt.

I tabellerna 6 och 7 nedan finns beskrivet de utlakade mängder som har uppnåtts genom batch-försök jämförda med de föreslagna gränsvärdena för inert avfall.

Tabell 6. Utlakning från batch-försök (prEN 12457-3) från stabiliserade jordar vid L/S 2 jämfört med gränsvärden för inert avfall.

	Lkpg CL	Lkpg CS	Löfta CL	Löfta SL	Inert avfall gränsvärde
As	0,01178	0,00998	0,01	0,01	0,10
Ba	0,1234	0,31	0,0578	0,087	7,0
Cd	<1E-04	<5E-04	<1E-04	<1E-04	0,03
Co	0,454	0,0804	0,0444	0,01212	
Cr	0,1514	0,0222	0,0266	0,00562	0,2
Cu	1,168	0,348	0,42	0,258	0,9
Hg	<4E-05	<4E-05	<4E-05	<4E-05	0,003
Mn	0,00079	0,00294	0,00151	0,0004	
Mo	0,646	0,1184	0,29	0,222	0,30
Ni	0,0948	0,304	0,1756	0,1126	0,2
Pb	<4E-04	<4E-04	<9E-04	<4E-04	0,2
S	256	736	280	446	189 ¹
V	0,00384	0,1156	0,0466	0,152	
Zn	0,00302	0,0042	0,0224	0,01076	2,0

¹Omräknat från sulfatvärde

Tabell 7. Utlakning från batch-försök (EN 12457-3) från stabiliserade jordar vid L/S 10 jämfört med gränsvärden för inert avfall.

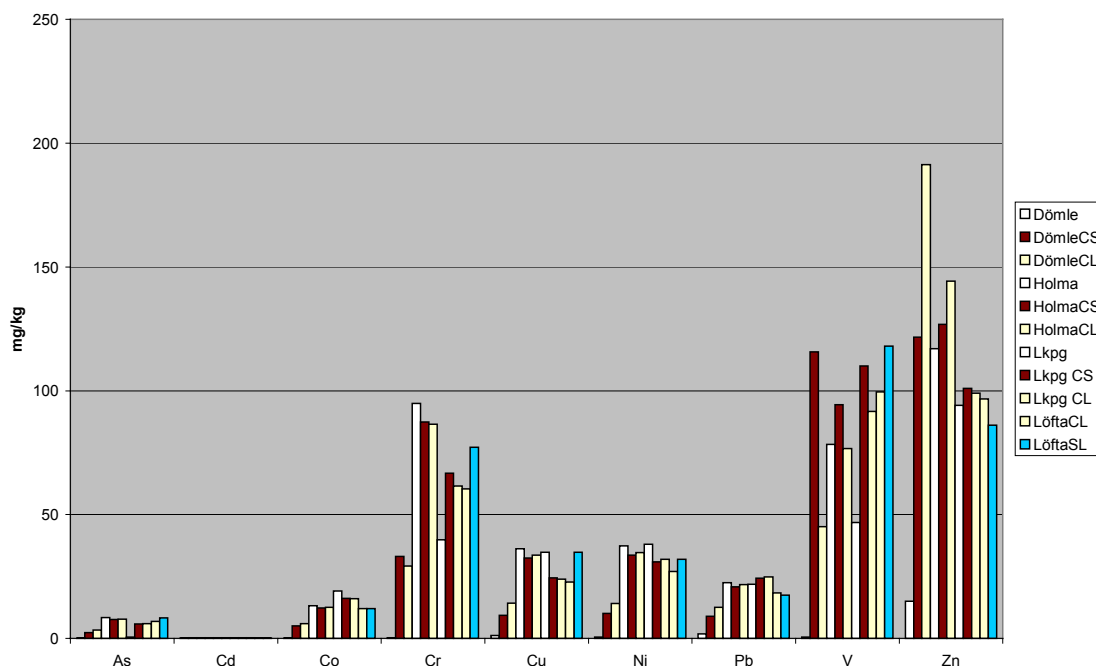
	Lkpg CL	Lkpg CS	Löfta CL	Löfta SL	Inert avfall gränsvärde
As	0,021344	0,0468	0,014553	0,01477	0,5
Ba	0,2192	0,3839	0,101867	0,143618	20
Cd	<0,0005	<0,0007	<0,0005	<0,0005	0,04
Co	0,6047	0,1019	0,057851	0,020818	
Cr	0,2397	0,0282	0,050662	0,013174	0,5
Cu	1,6567	0,4752	0,488227	0,317941	2,0
Hg	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,01
Mn	0,004438	0,0045	0,002629	0,002014	
Mo	0,836	0,1318	0,389536	0,328789	0,5
Ni	0,160971	0,380	0,205824	0,140349	0,4
Pb	0,0064	<0,002	0,002301	<0,002	0,5
S	532	993	497	1022	338 ¹
V	0,0313	1,0153	0,140221	0,661989	
Zn	0,0542	<0,0111	0,060277	<0,0575	4

¹ Omräknat från sulfatvärde

Utlakningen av svavel är hög för de flesta stabilisaten och här finns också värden som troligen överskrider med avseende på inert avfall. Gränsvärdet är satt med avseende på sulfat och inte med avseende på totalsvavel som analyserats. Det är mycket troligt är det sulfat som lakar ut och inte någon annan form av svavel.

9 ANDRA UNDERSÖKTA JORDAR

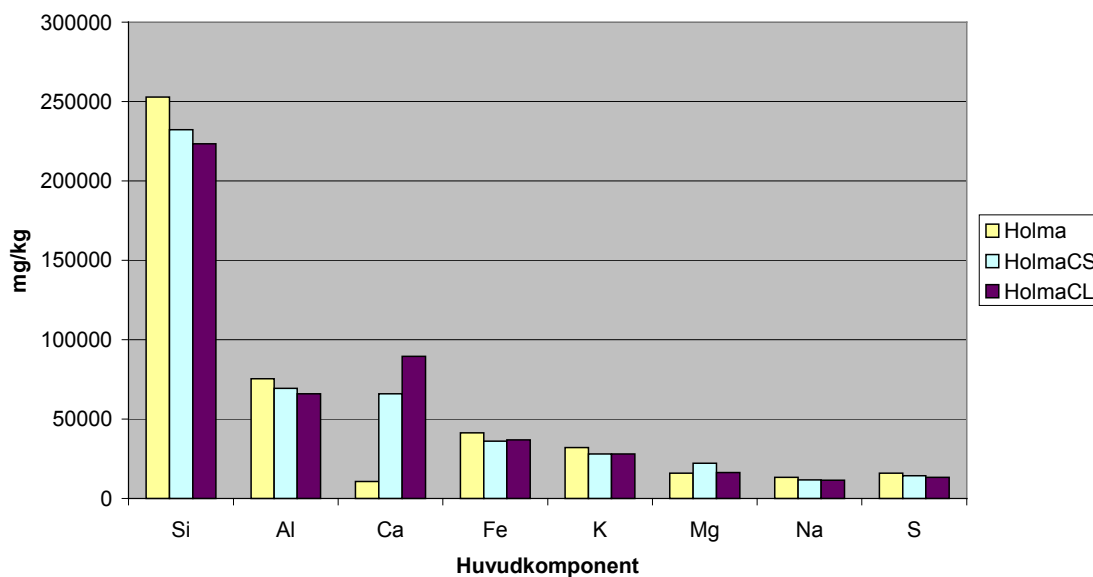
Resultaten från två andra jordar, en gyttja (Holma) och en torv (Dömle) presenteras som en jämförelse med lerorna undersökta i föreliggande projekt. De undersökta blandningarna var Holma CL 80/20-100, Holma CS 50/50-100 samt Dömle CL 80/20-100 och Dömle CS 80/20-100. För en utförlig beskrivning av materialen se Håkansson et al. (2000) rapporterad inom projektet EuroSoilStab. Nedan presenteras halterna av vissa spårämnen i jordarna jämfört med de stabiliserade materialen (figur 13). Endast en mindre del av den stabiliserade torvens innehåll av spårämnen kommer från själva torven (jfr Dömle med Dömle CS och CL) medan gyttjans innehåll av Cu och Cr är större än den stabiliserade gyttjans innehåll (jfr Holma med Holma CS och Holma CL).



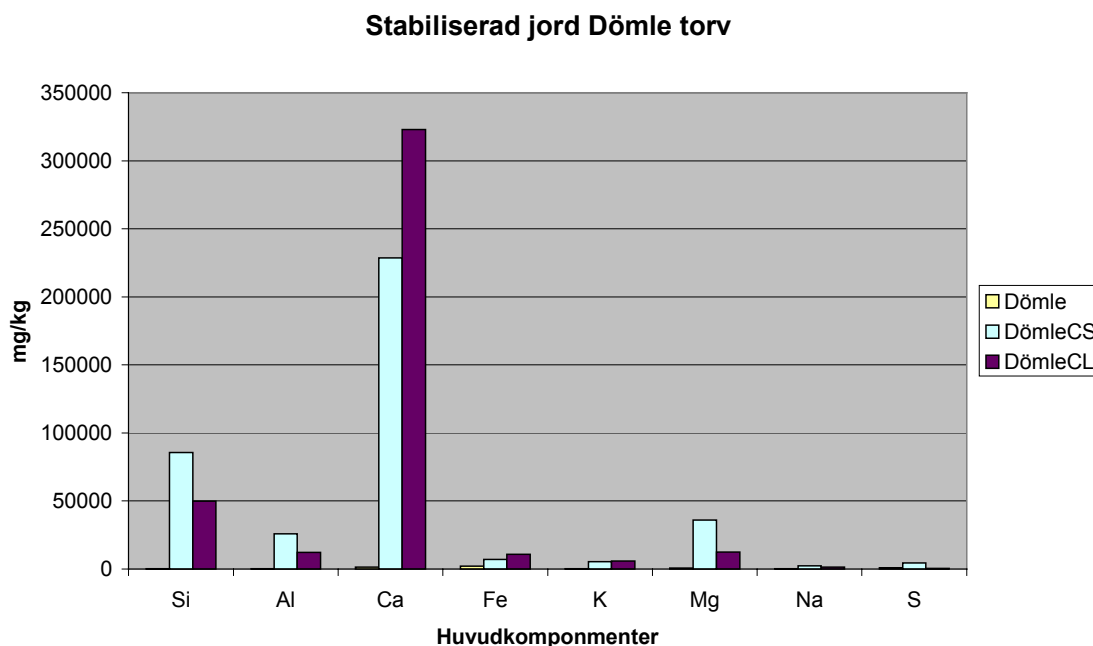
Figur 13. Totalinnehåll av spårämnen i torv (Dömle), gyttja (Holma), sötvattenavsatt lera (Lkpg) och saltvattenavsatt lera (Löfta).

Analys av huvudkomponenter i gytjtjan (figur 14), visar ett annat mönster än huvudkomponenterna i torvens (figur 15). På samma sätt som för spårämnena utgör torvens andel av huvudkomponenter en mycket liten del av det totala innehållet i den stabiliserade torven.

Stabiliserad jord Holma gyttja



Figur 14. Totalinnehåll av huvudkomponenter i en stabiliserad gytjtja (Holma) (Håkansson m.fl. 2000).



Figur 15. Totalinnehåll av huvudkomponenter i en stabiliserad torv (Dömle).

Av resultaten framgår att jordens innehåll av oorganiska komponenter inte nämnvärt förändras vid en stabilisering av en lera medan stabilisering av gyttjan och i långt högre grad stabiliseringen av torven ger en betydligt större inverkan på utlakning av ämnen.

Tabell 8. Utlakad mängd vid tillgänglighetstest i mg/kg från jord (Holma), stabiliserade jordar (Holma CL, Holma CS) och stabiliserad torv (Dömle CL, Dömle CS) jämfört med lakningar (tillgänglighetstest) av naturmaterial (morän, bergkross, naturgrus, moränlera, totalt 14 prov, SGI).

Ämne	Holma	Holma CL	Holma CS	Dömle CL	Dömle CS	Naturmaterial 14 prov
As	0,354	0,47	0,67	0,51	0,11	0,16 - 0,73
Cd	0,037	0,074	0,045	0,038	0,027	0,015 - 0,11
Co	1,127	0,61	0,45	1,02	0,447	0,064 - 1,81
Cr	<0,1	0,458	0,41	3,55	1,30	<0,1 - 0,78
Cu	0,384	1,43	0,753	1,03	0,427	<0,02 - 10,1
Ni	3,317	4,3	3,52	3,59	2,16	0,7 - 80,4
Pb	0,052	0,15	0,081	0,436	0,106	0,05 - 7,7
Zn	6,553	15,83	6,94	28,38	20,28	1,34 - 16,9

Jämförelser med naturmaterial ger vid handen att utlakningen av krom från den stabiliserade torven är högre än den är från de undersökta naturmaterialen. Även utlakningen av zink är hög från dessa material. Den stabiliserade gyttjan ger en förhållandevis hög utlakning av zink och kadmium. För torven är det stabiliseringsmedlet som ger påverkan medan det för gyttjan finns ett visst bidrag från jorden.

10 SLUTSATSER

Analysonoggrannheten har utretts (ECN, 2001, RVF Rapport 02:10, 2002) och uppgår ungefär till en faktor $\frac{1}{2}$ - 2 för de skakförsök som utförts inom projektet. Något bättre är resultaten för tillgänglighetstesterna. Vid bedömning av lämplighet för användning av de olika materialen bör hänsyn tas till denna spridning i analysresultaten.

Skakförsök har inte gjorts på de rena lerorna i detta försök. För ett sådant försök kommer sannolikt skillnaden att bero mer av de skilda pH-värdena mellan jorden och stabiliserade jorden än av materialens skillnader i sig. Trots lång tids lagring för att få resultat som avser en stabil produkt är fortfarande pH-värdena höga i laklösningarna.

Utlakningen av svavel är för alla stabiliserade leror högre än de gränser som föreslagits för styrning av avfall till inertavfallsdeponi. Detta beror till en del på jordens svavelhalt och delvis på de tillförda stabiliseringsmedlen.

Utlakningen av Mo, Cu, Ni för de stabiliserade lerorna är i nivå med de gränser för styrning av avfall till olika deponiklasser som beslutats. Stabiliseringsmedlen innehåller inga anmärkningsvärda halter av dessa ämnen, vilket innebär att utlakningen troligen beror på jordens innehåll eller förändrade kemiska förhållanden i jorden. Påpekas bör att gränsvärdena är satta enbart med avseende på de ämnen som det finns dricksvattengränser för.

Jämförelser mellan tillgänglighetstester och naturmaterial visar en något förhöjd maximal utlakning av Cd och Co för Lkpg CL jämfört med naturmaterial. Förhöjningen är emellertid marginell och kan förklaras med osäkerhet i analysnoggrannhet.

Den stabiliserade torven ger något högre halter i tillgänglighetstesten än för Cr och Zn än de analyserade naturmaterialen vilket härrör från stabiliseringsmedlens inverkan.

Sammantaget visar undersökningarna att de stabiliserade jordarnas miljöpåverkan är av jordarnas miljöpåverkan är av mindre fattningsvis visar de stabiliserade jordarna

11 FORSKNINGSSOMRÅDEN

Inledande diskussioner inom projektet handlade om vilka (lak)försök som var relevanta. För täta material bör en typ av försök som innebär ytutlakning bäst representera utlakningen. I upplägget av dessa försök valdes emellertid att inte variera försöksuppläggnings beroende på materialets täthet utan genomströmningsförsök gjordes med kännedom om att detta skulle ge en konservativ uppskattning av utlakningen. I tidigare projekt valdes tillgänglighetstest som enda laktest för ett par jordar, men i framtiden kommer troligen lakförsök som beskriver den aktuella utlakningen (skaktest eller kolonnförsök) att få ökad betydelse.

Oavsett vilka bedömningsgrunder som kommer att användas framstår det som lämpligt att utföra jämförelser med den naturliga jorden. Även om ett absolut svar inte kan fås bör ändå relativa skillnader mellan tillförsel av material och den naturliga jorden kunna bedömas. Det är därför motiverat att utföra lakningar av samma typ på de befintliga jordarna. Troligen bör dessa göras som pH-statiska försök för att skilja materialens inverkan på lakningen från pH-effekter

I vissa fall styrs utlakningen av att lösta ämnen befinner sig i jämvikt med (svår)lösliga fasta faser. Genom kemisk modellering kan man få en uppfattning om dessa. Möjligen kan detta också ge en input för förståelsen av hållfasthetsutvecklingen. Löslighet av silikater och jämviktskonstanter för dessa verkar vara en viktig faktor för att genomföra denna typ av modellering.

12 REFERENSER

ECN, 2001. Netherlands Energy Research Foundation. Validation of CEN/TC 292 leaching tests and eluate analysis methods prEN 12457-1 to 4, ENV 13370 and ENV 12506 in cooperation with CEN/TC308

EN 12457-3. Leaching – Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges. Compliance leaching test for granular waste L/S 0-2 and L/S 2 – 10, 4 mm)

European Commission Directorate-General Science, Research and Development, 1997. bcr information. De Grooth, G.J., Hohberg, I., Lamers, F.J.M., van der Veen, A.M.H., Wassing, W., Quevauviller, Ph. EUR 17869.

Europeiska gemenskapernas kommission , 2002. Rådets beslut om kriterier och förfaranden för mottagande av avfall vid avfallsdeponier i enlighet med artikel 16i och bilaga II till, direktiv 1999/31/EG. 2003/33/EG.

Fällman A.-M, 1997. Performance and testing of the availability test for measurements of potentially leachable amounts from waste materials. Environ. Sci. Technol. 31:735 – 744.

Håkansson, K., Åhnberg, H., Johansson, S.-E., Bengtsson, P.-E. and Holm, G., 2000. Results from chemical analysis of soils and stabilized soils - Holma mosse and Dömle Mosse, Sweden. Swedish National Report Part 2, 2000-11-01.

Naturvårdsverket 1997a. Generella riktvärden för förorenad mark. Beräkningsprinciper och vägledning för tillämpning. Efterbehandling och sanering. Rapport 4638.

Naturvårdsverket 1997b. Bakgrundshalter i mark. Halter av vissa metaller och organiska ämnen i jord i tätort och på landsbygd. Efterbehandling och sanering. Rapport 4640.

NT ENVIR 003, 1996. Solid waste. Granular inorganic material: Availability test. Nordtest Esbo.

prEN 14405 Leaching behaviour test - Up-flow percolation test (Up-flow percolation test for inorganic constituents)

RVF Rapport 02:10, 2002. Kvalitetssäkring av slaggrus från förbränning av avfall. ISSN 1103-4092

Analysresultat
Linköpingslära

SD, Delprojekt 5 CL

Tillgänglighetstest

ELEMENT	SAMPLE	1502	1503
		Prov 1	Prov 2
L/S		200,9	200,8
L/S left			
pH		6,1	5,9
redox	mV	161,2	157,6
Konduktiv mS/m, 25°C		161,2	157,6
Ca	mg/l	282	286
Cl	mg/l		
Fe	mg/l	3,42	3,37
K	mg/l	10,3	10,9
Mg	mg/l	7,92	8,07
Na	mg/l	2,61	2,61
S	mg/l	5,06	4,98
Si	mg/l	33,6	33,8
Al	µg/l	7690	7700
As	µg/l	1	1
Ba	µg/l	388	384
Cd	µg/l	0,573	0,545
Co	µg/l	10,1	10,4
Cr	µg/l	2,09	2,39
Cu	µg/l	18,2	19,1
Hg	µg/l	0,02	0,02
Mn	µg/l	879	914
Ni	µg/l	1,95	1,8
Mo	µg/l	24,2	23,8
Pb	µg/l	1,74	1,85
V	µg/l	1,43	1,09
Zn	µg/l	71,3	70,5
Cl	mg/l		
TOC	mg/l		

Tvåstegs skakförsök

ELEMENT	CEN	CEN
	1495	1496
L/S	2	2-10
L/S left		
pH	10,5	10,9
redox	273	255
Konduktiv	143,5	61,8
Ca	230	78,9
Cl		
Fe	0,0631	0,0369
K	78,2	32,1
Mg	0,09	0,09
Na	113	24,9
S	128	44,2
Si	3,87	6,28
Al	673	1050
As	5,89	1,67
Ba	61,7	17,1
Cd	0,05	0,05
Co	227	40,3
Cr	75,7	17,7
Cu	584	115
Hg	0,02	0,02
Mn	0,395	0,457
Ni	47,4	12,2
Mo	323	54,6
Pb	0,2	0,693
V	1,92	3,28
Zn	1,51	5,89
Cl		
TOC		

Ackumulerad utlakad mängd

ELEMENT	SAMPLE	0,01		10	
		1502 Prov 1	1503 Prov 2	Medel	Medel
L/S		200,9	200,8		
L/S left					
Ca	mg/kg	56653,8	57428,8	57041,3	57041,3
Fe	mg/kg	687,078	676,696	681,887	681,887
K	mg/kg	2069,27	2188,72	2129	2129
Mg	mg/kg	1591,13	1620,46	1605,79	1605,79
Na	mg/kg	524,349	524,088	524,219	524,219
S	mg/kg	1016,55	999,984	1008,27	1008,27
Si	mg/kg	6750,24	6787,04	6768,64	6768,64
Al	mg/kg	1544,92	1546,16	1545,54	1545,54
As	mg/kg	0,2009	0,2008	0,20085	0,20085
Ba	mg/kg	77,949	77,107	77,5282	77,5282
Cd	mg/kg	0,11512	0,10944	0,11228	0,11228
Co	mg/kg	2,02909	2,08832	2,05871	2,05871
Cr	mg/kg	0,41988	0,47991	0,4499	0,4499
Cu	mg/kg	3,65638	3,83528	3,74583	3,74583
Hg	mg/kg	0,004	0,004	0,004	0,004
Mn	mg/kg	176,591	183,531	180,061	180,061
Mo	mg/kg	4,86178	4,77904	4,82041	4,82041
Ni	mg/kg	0,39176	0,36144	0,3766	0,3766
Pb	mg/kg	0,34957	0,37148	0,36052	0,36052
V	mg/kg	0,28729	0,21887	0,25308	0,25308
Zn	mg/kg	14,3242	14,1564	14,2403	14,2403
Cl	mg/kg				
TOC	mg/kg				

ELEMENT	2		10	
	1495	1496	2	10
L/S			2	2-10
L/S left				
Ca			460	952,25
Fe			0,1262	0,3973
K			156,4	370,81
Mg			0,18	0,888
Na			226	344,18
S			256	532,54
Si			7,74	60,196
Al			1,346	10,093
As			0,01178	0,021344
Ba			0,1234	0,2192
Cd			0,0001	0,000493
Co			0,454	0,6047
Cr			0,1514	0,2397
Cu			1,168	1,6567
Hg			0,00004	0,000197
Mn			0,00079	0,004438
Mo			0,646	0,836
Ni			0,0948	0,160971
Pb			0,0004	0,0064
V			0,00384	0,0313
Zn			0,00302	0,0542
Cl				
TOC				

Totalhalt

Enhet	8049		8049		8049		8049	
	Prov 1	Prov 2			0,01	10		
			ppm	ppm	Medel			
LOI	%							
Si	%	24,6401	24,6401	246401	246401	246401	246401	
Al	%	7,04118	7,04118	70411,8	70411,8	70411,8	70411,8	
Ca	%	6,50463	6,50463	65046,3	65046,3	65046,3	65046,3	
Fe	%	4,16053	4,16053	41605,3	41605,3	41605,3	41605,3	
K	%	2,97193	2,97193	29719,3	29719,3	29719,3	29719,3	
Mg	%	1,45921	1,45921	14592,1	14592,1	14592,1	14592,1	
Mn	%	0,08285	0,08285	828,533	828,533	828,533	828,533	
Na	%	1,15742	1,15742	11574,2	11574,2	11574,2	11574,2	
P	%	0,07248	0,07248	724,789	724,789	724,789	724,789	
Ti	%	0,40286	0,40286	4028,64	4028,64	4028,64	4028,64	
As	ppm	5,99	5,99			5,99	5,99	
Ba	ppm	564	564			564	564	
Be	ppm	2,69	2,69			2,69	2,69	
Cd	ppm	0,245	0,245			0,245	0,245	
Co	ppm	16	16			16	16	
Cr	ppm	61,5	61,5			61,5	61,5	
Cu	ppm	23,9	23,9			23,9	23,9	
Hg	ppm	0,0438	0,0438			0,0438	0,0438	
La	ppm	42	42			42	42	
Mo	ppm	6	6			6	6	
Nb	ppm	17,6	17,6			17,6	17,6	
Ni	ppm	31,9	31,9			31,9	31,9	
Pb	ppm	24,8	24,8			24,8	24,8	
S	ppm	1880	1880			1880	1880	
Sc	ppm	13,2	13,2			13,2	13,2	
Sn	ppm	20	20			20	20	
Sr	ppm	136	136			136	136	
V	ppm	91,7	91,7			91,7	91,7	
W	ppm	60	60			60	60	
Y	ppm	38,2	38,2			38,2	38,2	
Zn	ppm	99,1	99,1			99,1	99,1	
Zr	ppm	196	196			196	196	

ELEMENT SAMPLE CL

Al2O3	% TS	13,3	13,3
CaO	% TS	9,1	9,1
Fe2O3	% TS	5,95	5,95
K2O	% TS	3,58	3,58
LOI	% TS	9,1	9,1
MgO	% TS	2,42	2,42
MnO2	% TS	0,107	0,107
Na2O	% TS	1,56	1,56
P2O5	% TS	0,166	0,166
SiO2	% TS	52,7	52,7
Summa	% TS	97,983	97,983
TiO2	% TS	0,672	0,672
TS	%		

L/S		
Ämne		TT/tot
Ca	%	87,7
Fe	%	1,6
K	%	7,2
Mg	%	11,0
Na	%	4,5
S	%	53,6
Si	%	2,7
Al	%	2,2
As	%	3,4
Ba	%	13,7
Cd	%	45,8
Co	%	12,9
Cr	%	0,7
Cu	%	15,7
Hg	%	9,2
Mn	%	21,7
Mo	%	6,3
Ni	%	#####
Pb	%	1,5
Zn	%	0,3
V	%	7,3

SD, Delprojekt 5 CS

Tillgänglighetstest

ELEMENT	SAMPLE	1507 Prov 1	1508 Prov 2
L/S		199,9	199,9
L/S left			
pH		6,1	5,9
redox	mV	161,2	157,6
Konduktiv	mS/m, 25	161,2	157,6
Ca	mg/l	164	165
Cl	mg/l		
Fe	mg/l	4,43	4,8
K	mg/l	8,12	8,79
Mg	mg/l	23,4	24,1
Na	mg/l	2,29	2,33
S	mg/l	7,94	8,32
Si	mg/l	26,8	27,1
Al	µg/l	2470	3770
As	µg/l	1	1
Ba	µg/l	358	377
Cd	µg/l	0,278	0,254
Co	µg/l	6,97	6,84
Cr	µg/l	0,622	0,965
Cu	µg/l	6,65	8,64
Hg	µg/l	0,02	0,02
Mn	µg/l	1430	1460
Ni	µg/l	1,68	1,69
Mo	µg/l	13,7	15,9
Pb	µg/l	0,595	0,743
V	µg/l	5,4	5,93
Zn	µg/l	57,4	62,6
Cl	mg/l		
TOC	mg/l		

Tvåstegs skakförsök

ELEMENT	CEN 1497	CEN 1498
L/S	2	2-10
L/S left		
pH	8,8	9,8
redox	321	265
Konduktiv	193	50,4
Ca	391	76,3
Cl		
Fe	0,0076	0,0123
K	39,4	15
Mg	3,82	0,403
Na	99,3	20
S	368	65,7
Si	14,2	18,3
Al	11,7	19
As	4,99	4,64
Ba	155	23,8
Cd	0,24	0,05
Co	40,2	6,44
Cr	11,1	1,78
Cu	174	31,7
Hg	0,02	0,02
Mn	1,47	0,322
Ni	152	23,6
Mo	59,2	7,42
Pb	0,2	0,2
V	57,8	107
Zn	2,1	1
Cl		
TOC		

Akkumulerad utlakad mängd

ELEMENT	SAMPLE			0,01	10
		1507 Prov 1	1508 Prov 2	Medel	Medel
L/S		199,9	199,9		
L/S left					
Ca	mg/l	32798,4	32998,4	32898,4	32898,4
Fe	mg/l	885,956	959,952	922,954	922,954
K	mg/l	1623,92	1757,91	1690,92	1690,92
Mg	mg/l	4679,77	4819,76	4749,76	4749,76
Na	mg/l	457,977	465,977	461,977	461,977
S	mg/l	1587,92	1663,92	1625,92	1625,92
Si	mg/l	5359,73	5419,73	5389,73	5389,73
Al	µg/l	493,975	753,962	623,969	623,969
As	µg/l	0,2	0,2	0,19999	0,19999
Ba	µg/l	71,5964	75,3962	73,4963	73,4963
Cd	µg/l	0,0556	0,0508	0,0532	0,0532
Co	µg/l	1,39393	1,36793	1,38093	1,38093
Cr	µg/l	0,12439	0,19299	0,15869	0,15869
Cu	µg/l	1,32993	1,72791	1,52892	1,52892
Hg	µg/l	0,004	0,004	0,004	0,004
Mn	µg/l	285,986	291,985	288,986	288,986
Mo	µg/l	0,33598	0,33798	0,33698	0,33698
Ni	µg/l	2,73986	3,17984	2,95985	2,95985
Pb	µg/l	0,11899	0,14859	0,13379	0,13379
V	µg/l	1,07995	1,18594	1,13294	1,13294
Zn	µg/l	11,4794	12,5194	11,9994	11,9994
Cl	mg/kg				
TOC	mg/kg				

ELEMENT		
	2 1497	10 1498
L/S	2	2-10
L/S left		
Ca	782	1112,9
Fe	0,0152	0,1178
K	78,8	177,13
Mg	7,64	7,8296
Na	198,6	288,18
S	736	993,15
Si	28,4	16,63011
Al	0,0234	0,1819
As	0,00998	0,0468
Ba	0,31	0,3839
Cd	0,00048	0,00071
Co	0,0804	0,1019
Cr	0,0222	0,0282
Cu	0,348	0,4752
Hg	0,00004	0,000196
Mn	0,00294	0,0045
Mo	0,1184	0,1318
Ni	0,304	0,380224
Pb	0,0004	0,00196
V	0,1156	1,0153
Zn	0,0042	0,011076
Cl		
TOC		

Totalhalt

Enhet	8049		8049		8049		8049	
	Prov 1	Prov 2					0,01	10
			ppm	ppm	Medel			
LOI	%							
Si	%	25,5285	25,5285	255285	255285	255285	255284,5	
Al	%	7,41176	7,41176	74117,6	74117,6	74117,6	74117,65	
Ca	%	4,16011	4,16011	41601,1	41601,1	41601,1	41601,07	
Fe	%	4,22346	4,22346	42234,6	42234,6	42234,6	42234,59	
K	%	3,01344	3,01344	30134,4	30134,4	30134,4	30134,39	
Mg	%	1,95365	1,95365	19536,5	19536,5	19536,5	19536,48	
Mn	%	0,10221	0,10221	1022,12	1022,12	1022,12	1022,116	
Na	%	1,17968	1,17968	11796,8	11796,8	11796,8	11796,77	
P	%	0,07466	0,07466	746,62	746,62	746,62	746,6197	
Ti	%	0,46341	0,46341	4634,13	4634,13	4634,13	4634,13	
As	ppm	5,84	5,84			5,84	5,84	
Ba	ppm	595	595			595	595	
Be	ppm	3,12	3,12			3,12	3,12	
Cd	ppm	0,248	0,248			0,248	0,248	
Co	ppm	16,1	16,1			16,1	16,1	
Cr	ppm	66,7	66,7			66,7	66,7	
Cu	ppm	24,4	24,4			24,4	24,4	
Hg	ppm	0,04	0,04			0,04	0,04	
La	ppm	48,3	48,3			48,3	48,3	
Mo	ppm	6	6			6	6	
Nb	ppm	16,4	16,4			16,4	16,4	
Ni	ppm	30,9	30,9			30,9	30,9	
Pb	ppm	24,3	24,3			24,3	24,3	
S	ppm	2670	2670			2670	2670	
Sc	ppm	14,7	14,7			14,7	14,7	
Sn	ppm	20	20			20	20	
Sr	ppm	131	131			131	131	
V	ppm	110	110			110	110	
W	ppm	60	60			60	60	
Y	ppm	41,4	41,4			41,4	41,4	

ELEMENT SAMPLE CS

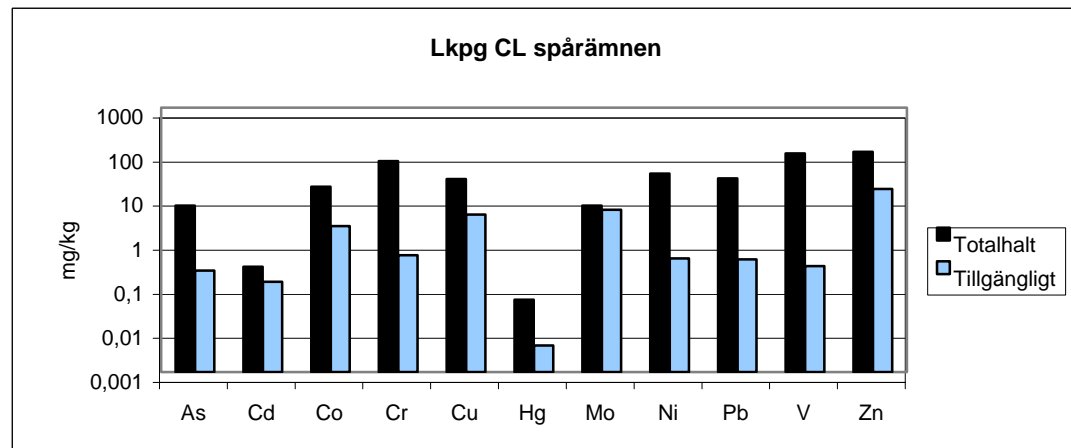
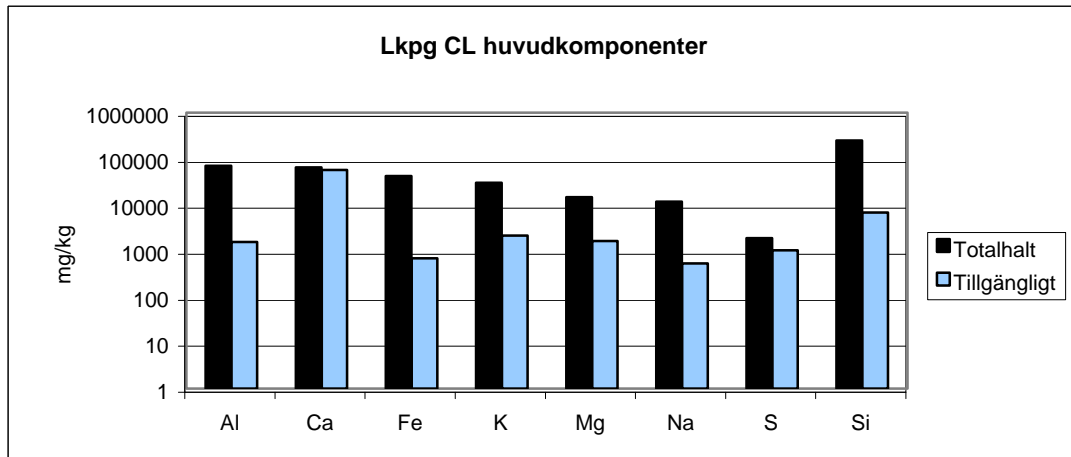
Al2O3	% TS	14	14
CaO	% TS	5,82	5,82
Fe2O3	% TS	6,04	6,04
K2O	% TS	3,63	3,63
LOI	% TS	8,2	8,2
MgO	% TS	3,24	3,24
MnO2	% TS	0,132	0,132
Na2O	% TS	1,59	1,59
P2O5	% TS	0,171	0,171
SiO2	% TS	54,6	54,6
Summa	% TS	97,423	97,423
TiO2	% TS	0,773	0,773
TS	%		

Zn	ppm	101	101	101	101
Zr	ppm	207	207	207	207

L/S Ämne		TT/tot
Ca	%	79,1
Fe	%	2,2
K	%	5,6
Mg	%	24,3
Na	%	3,9
S	%	60,9
Si	%	2,1
Al	%	0,8
As	%	3,4
Ba	%	12,4
Cd	%	21,5
Co	%	8,6
Cr	%	0,2
Cu	%	6,3
Hg	%	10,0
Mn	%	28,3
Mo	%	5,6
Ni	%	9,6
Pb	%	0,6
Zn	%	1,1
V	%	5,8

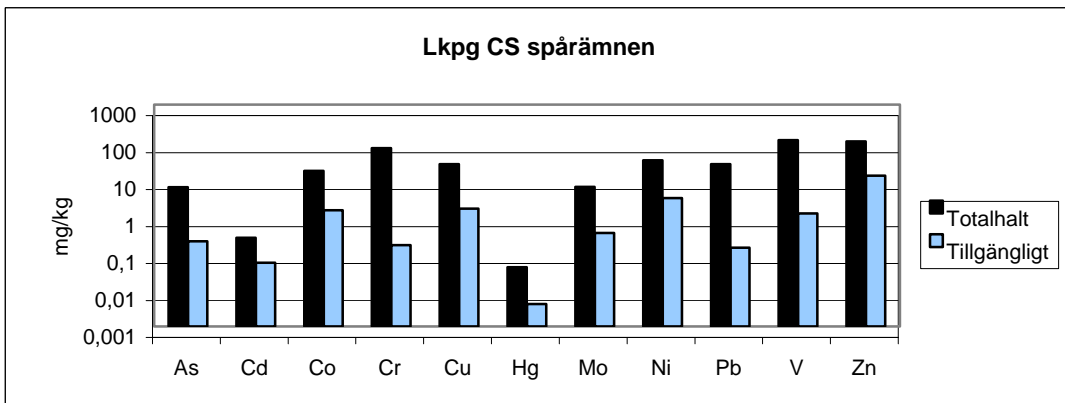
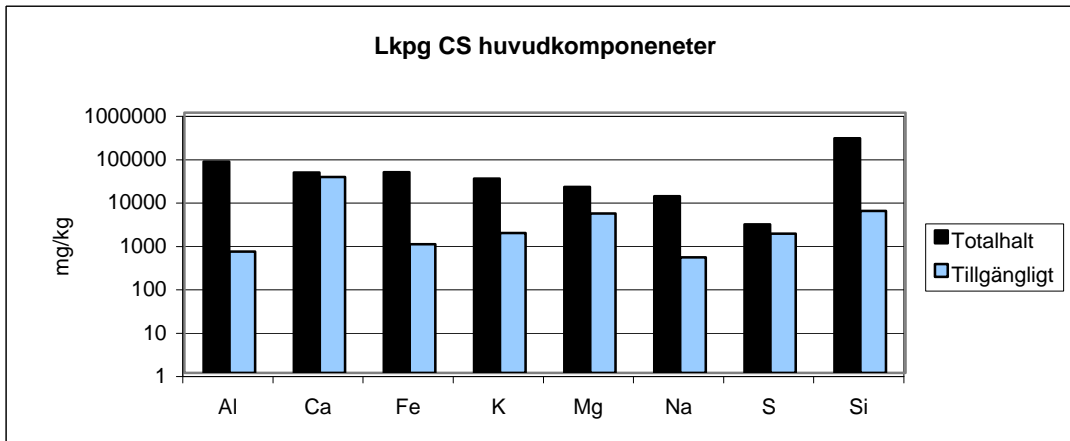
Lkpg CL

Totalhalter och tillgänglighetstest



Lkpg CS

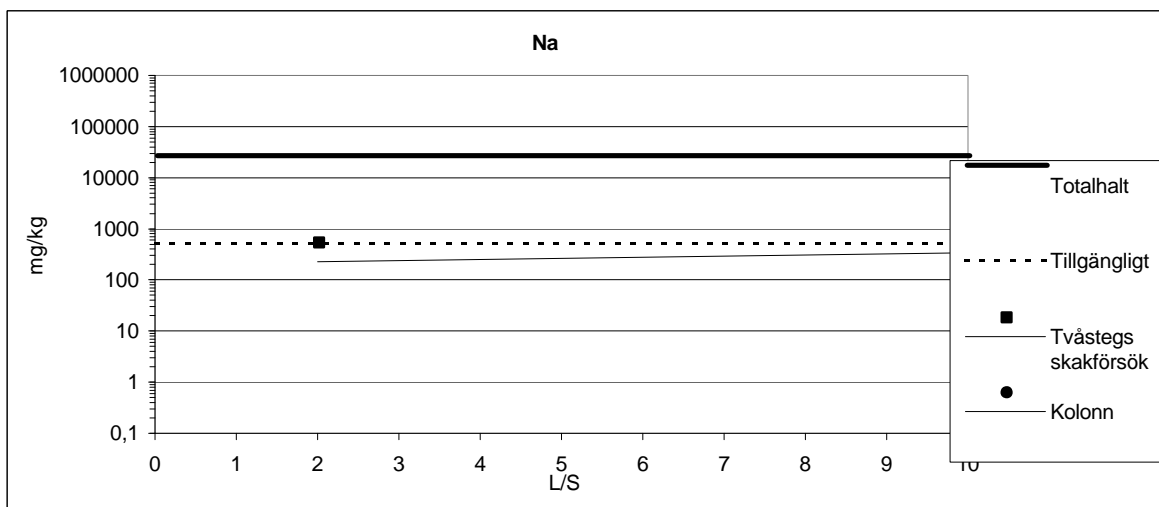
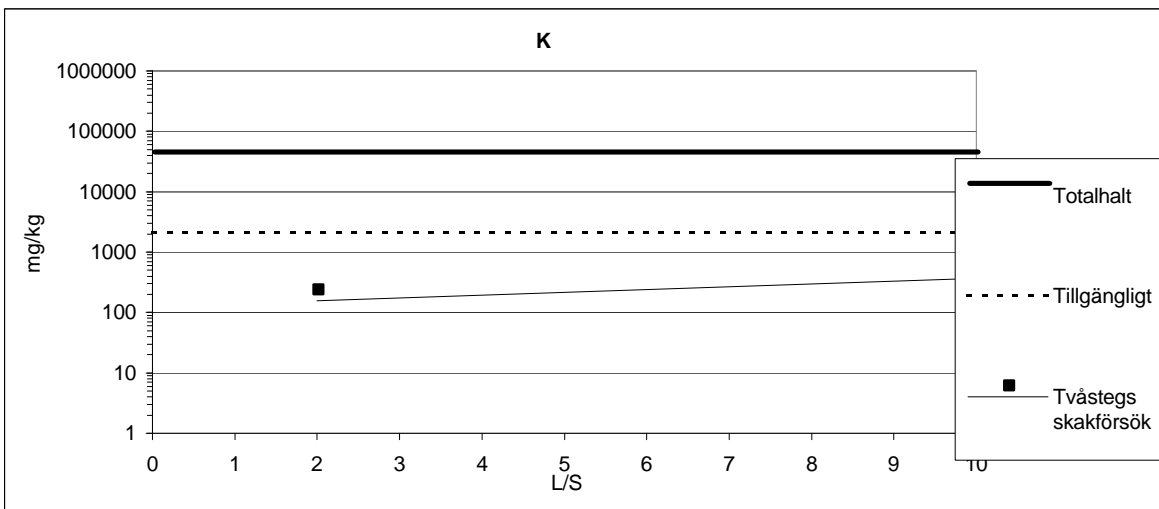
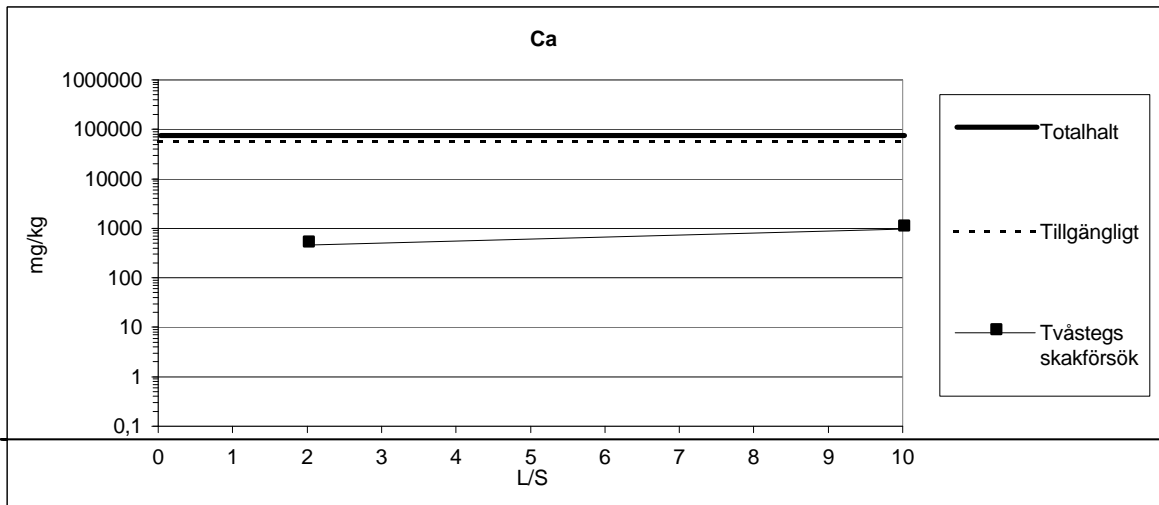
Totalhalter och tillgänglighetstester

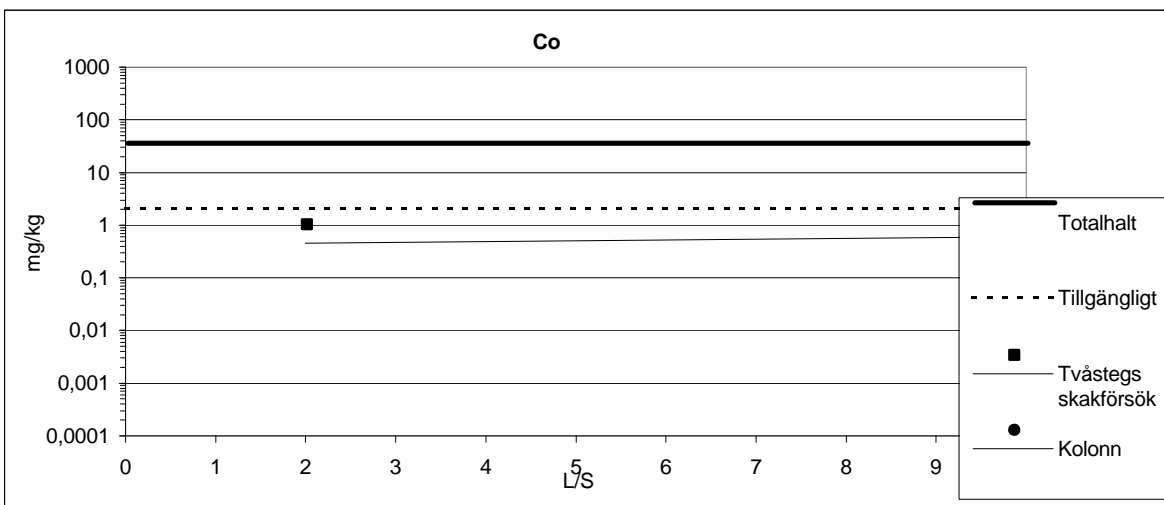
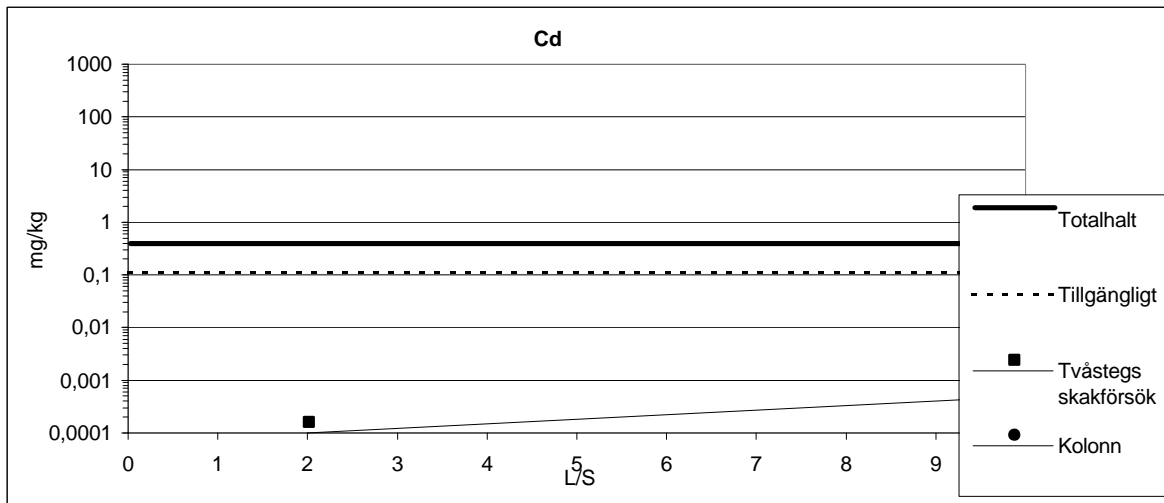
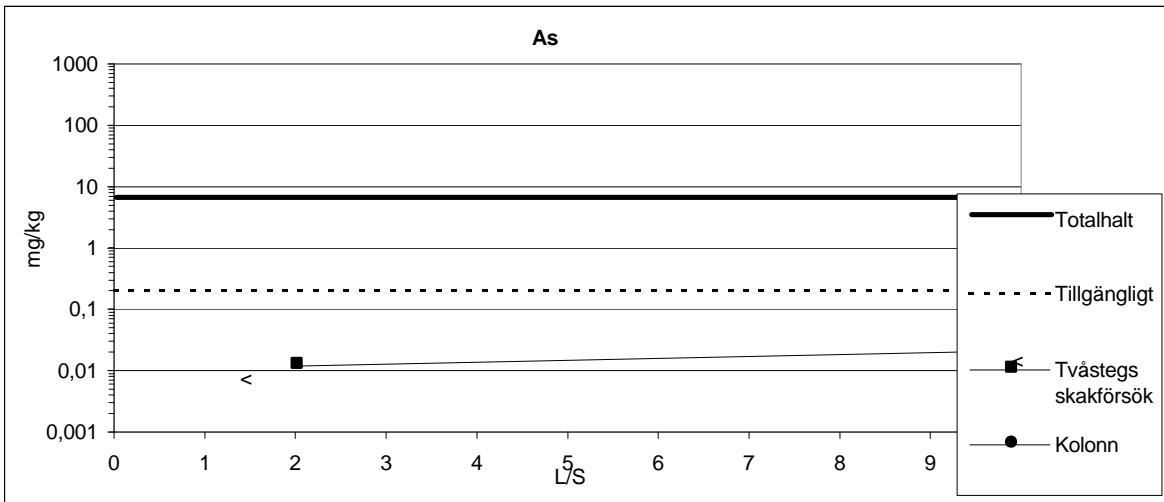


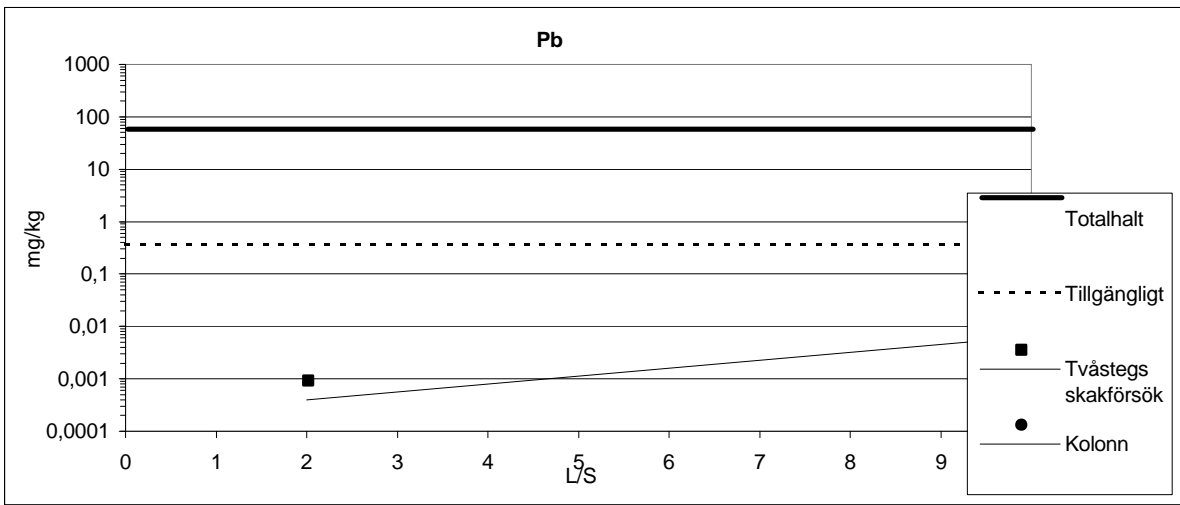
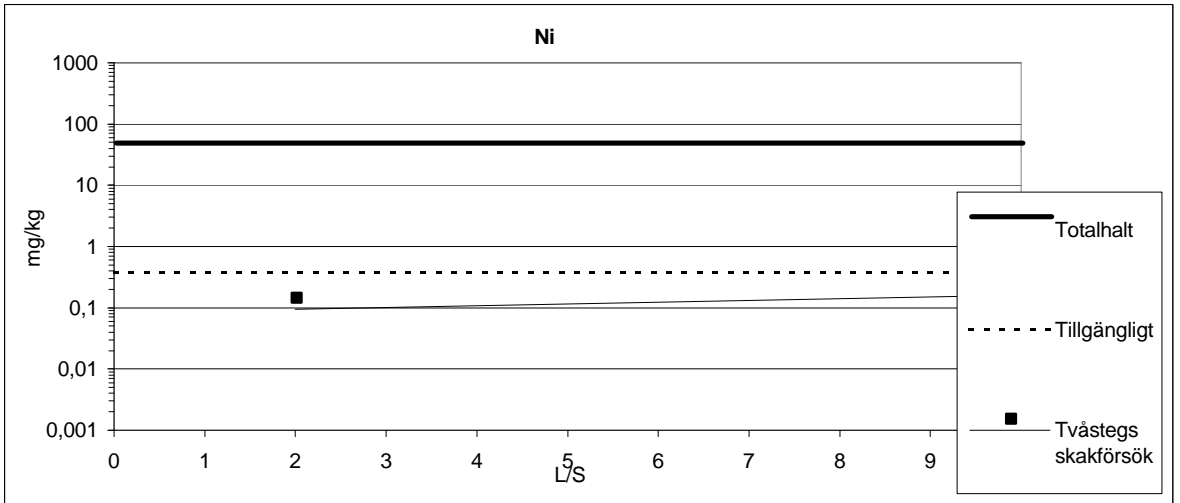
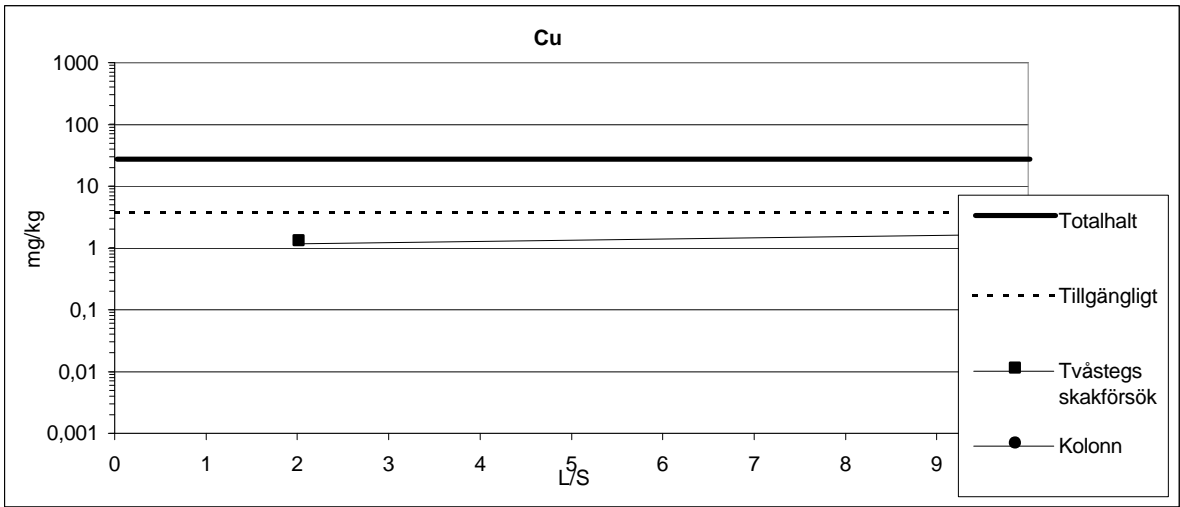
Lkpg CL

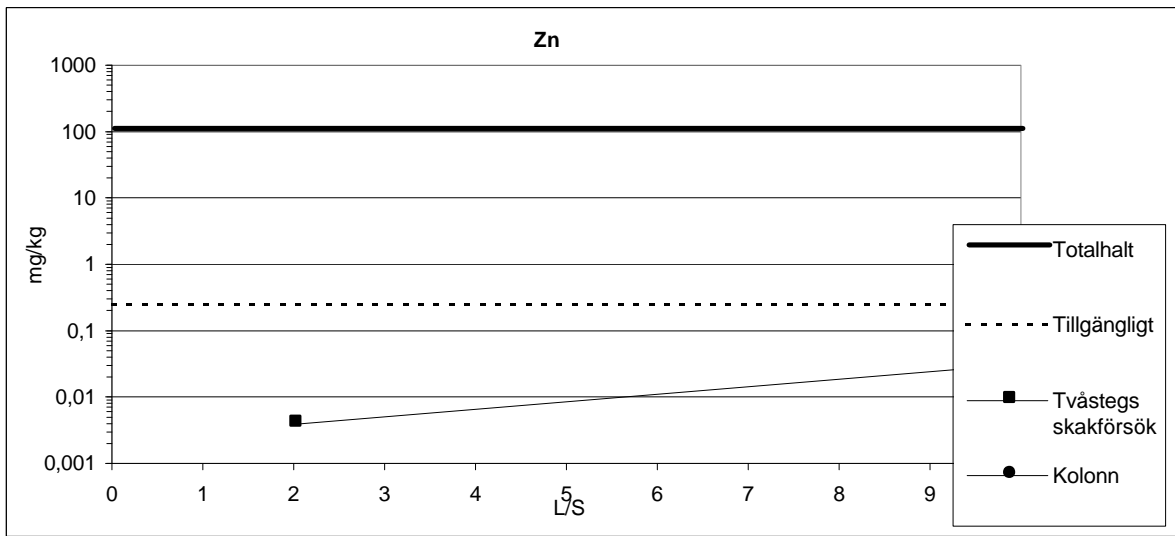
Totalhalter och utlakade mängder

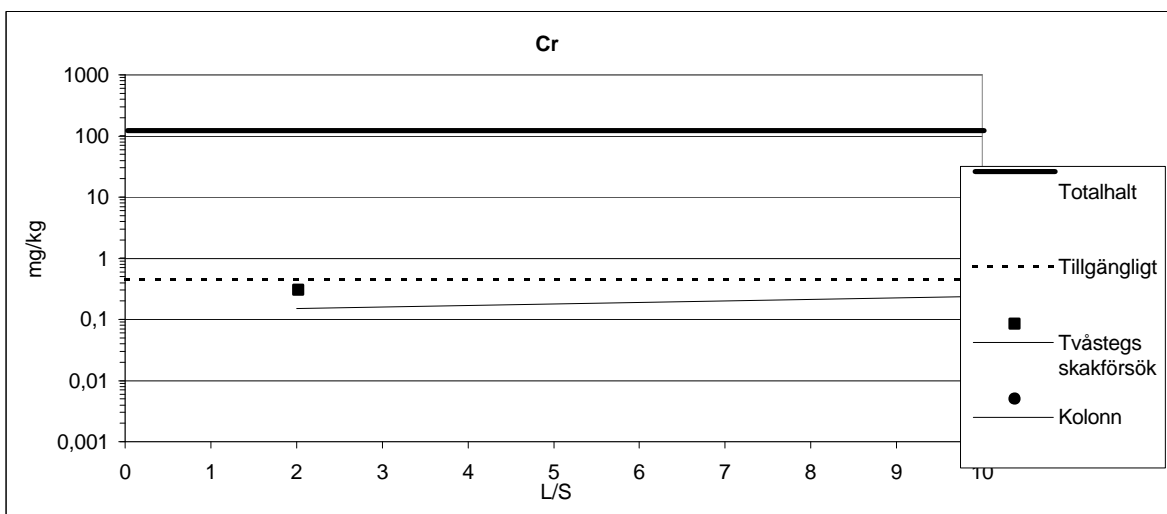
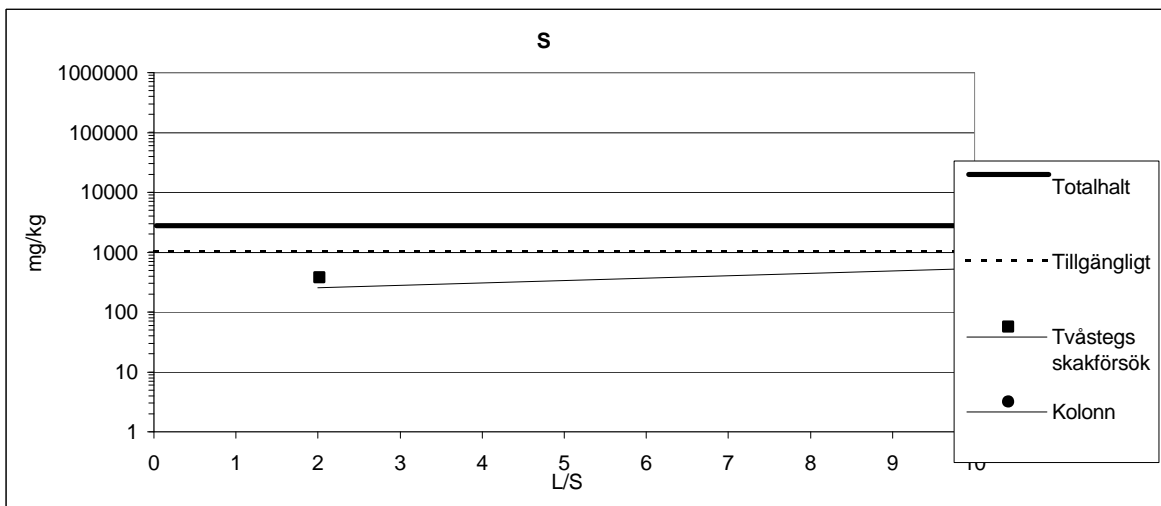
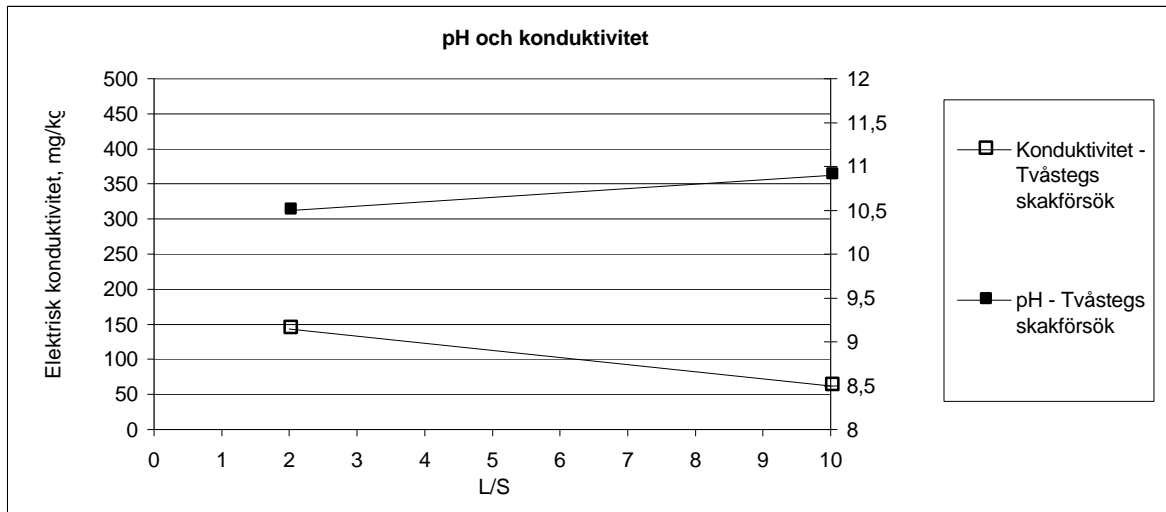
BILAGA 1







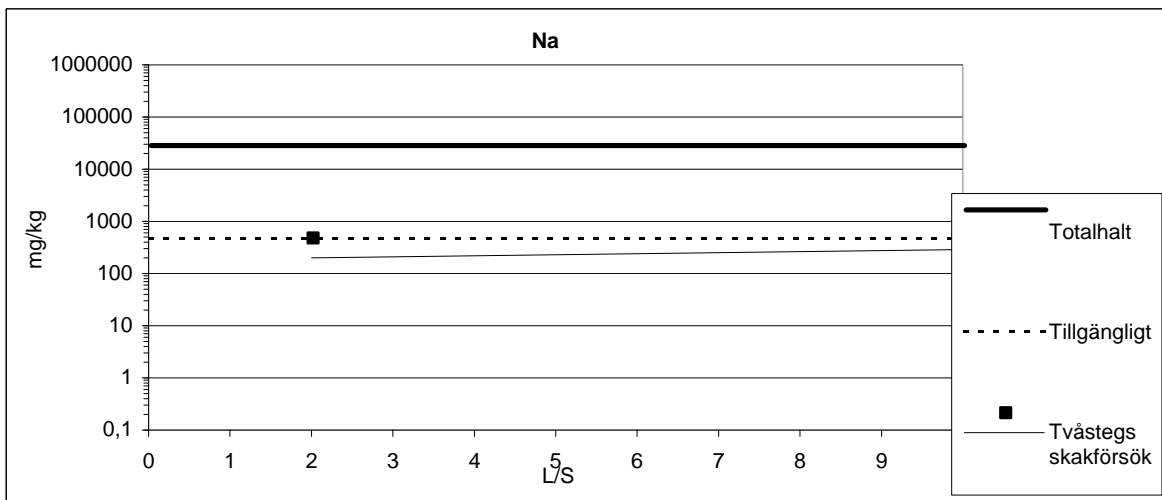
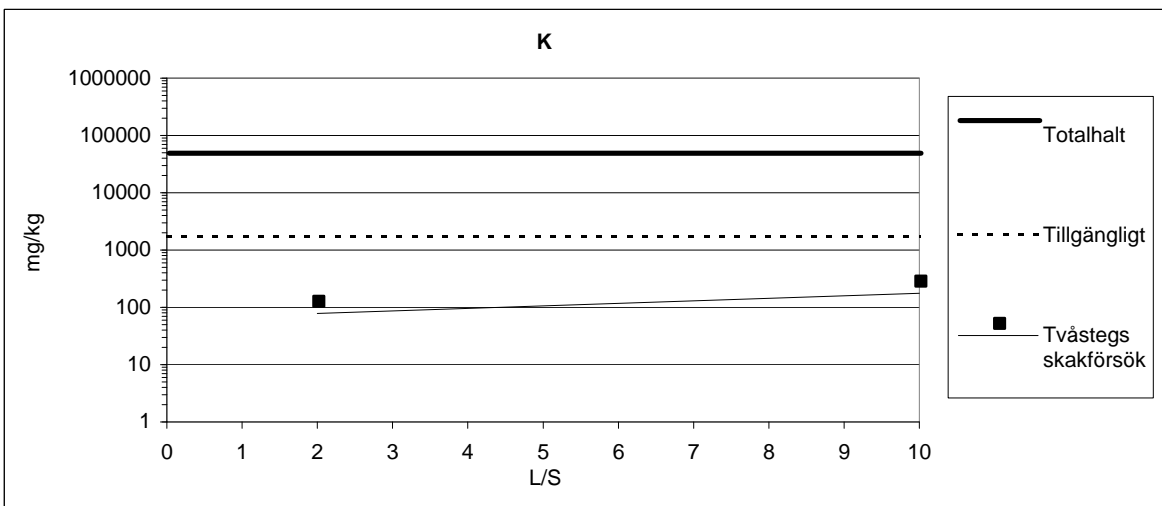
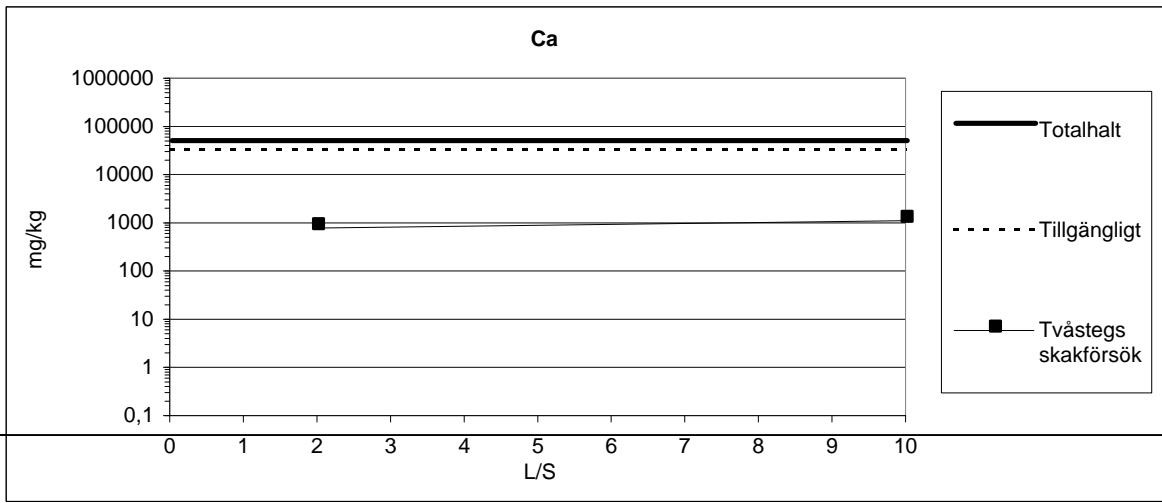


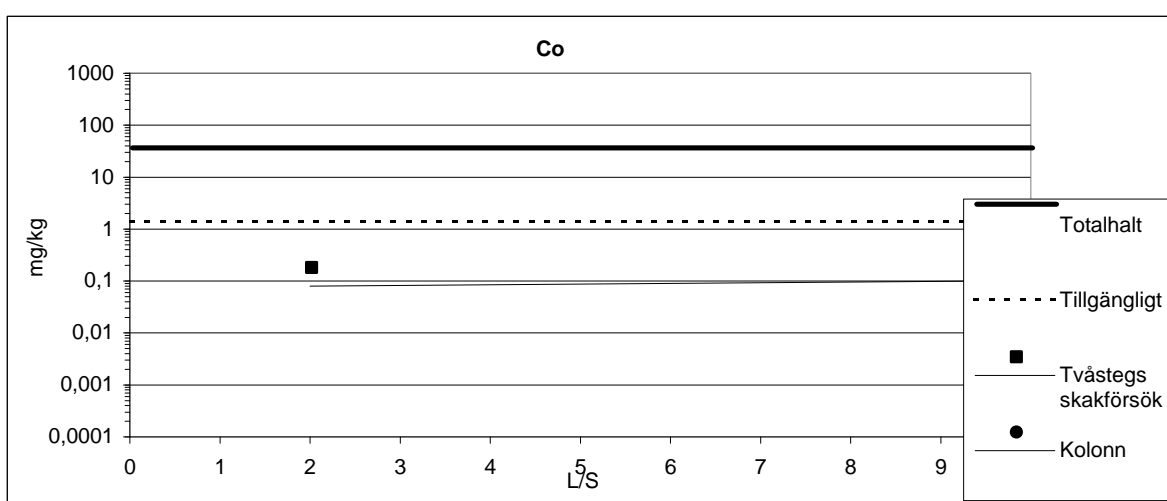
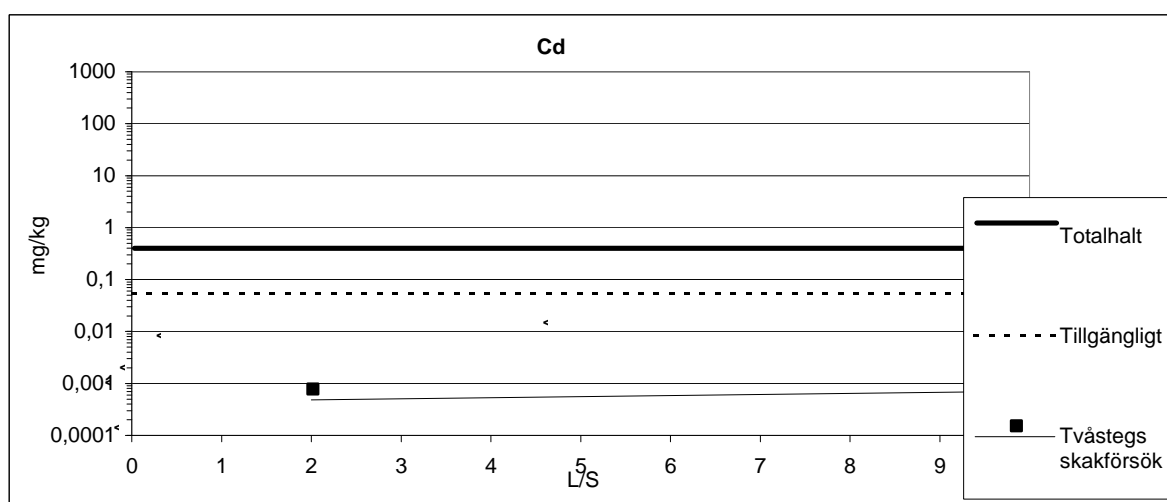
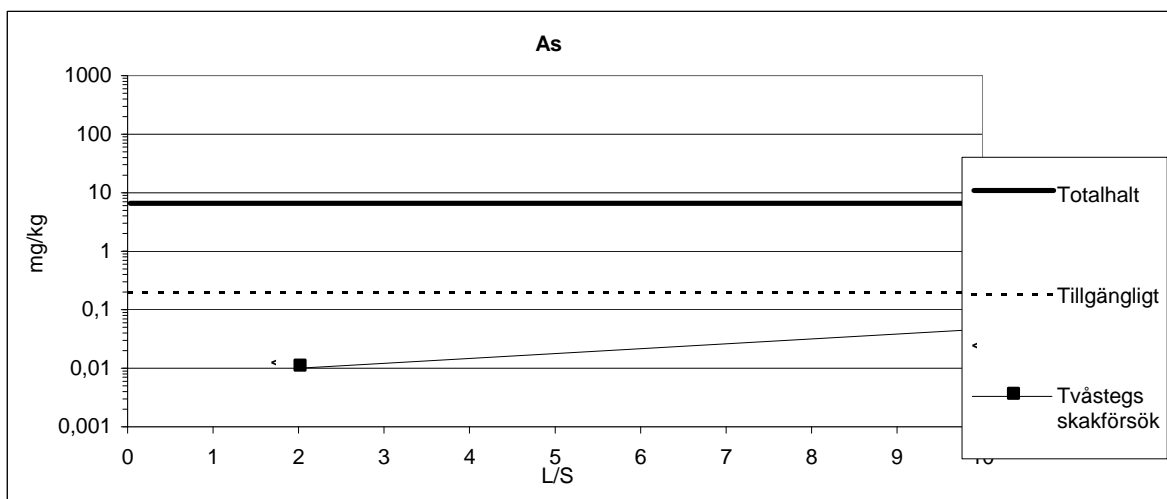


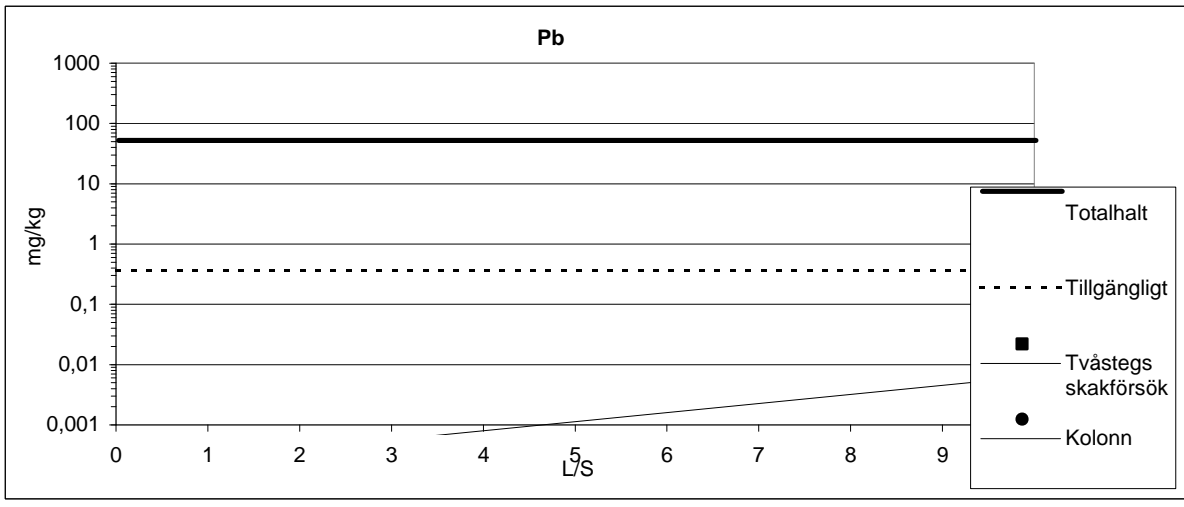
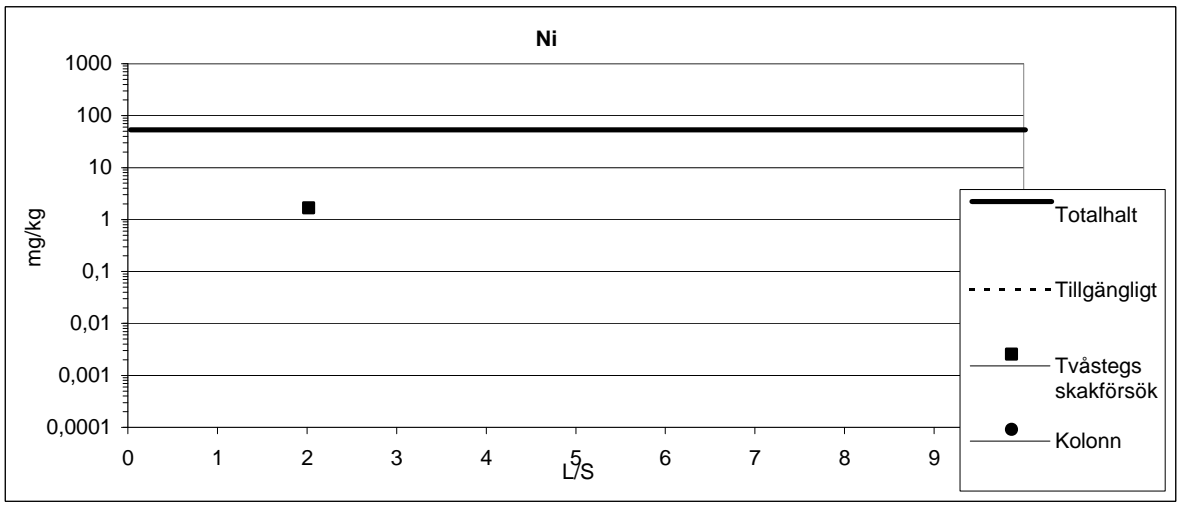
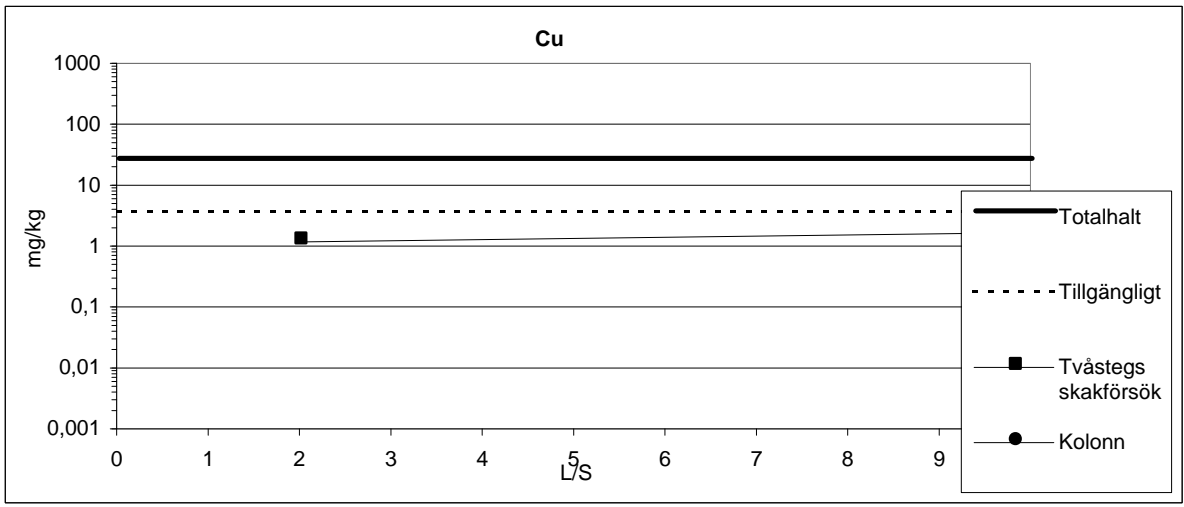
Lkpg CS

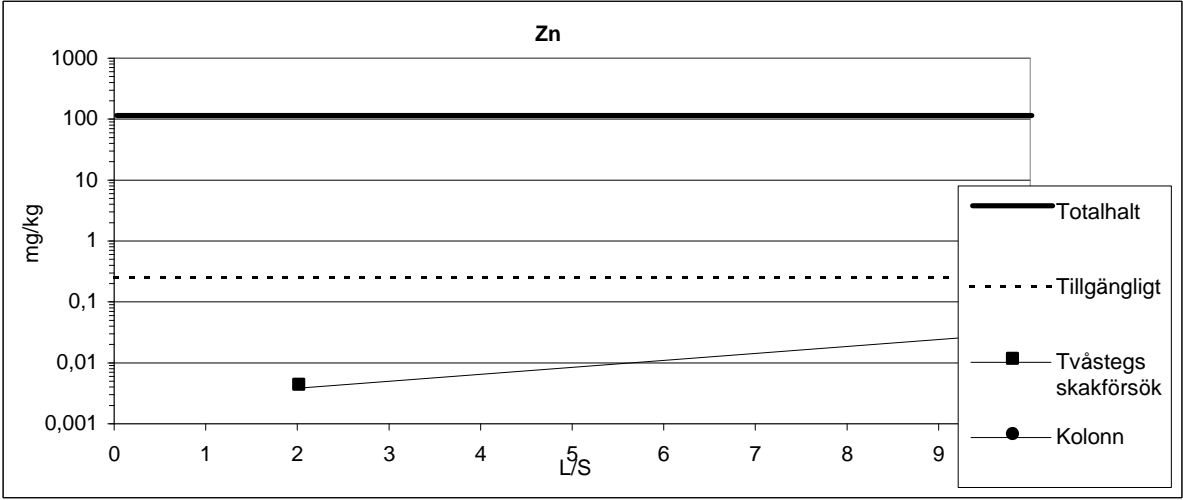
Totalhalter och utlakade mängder

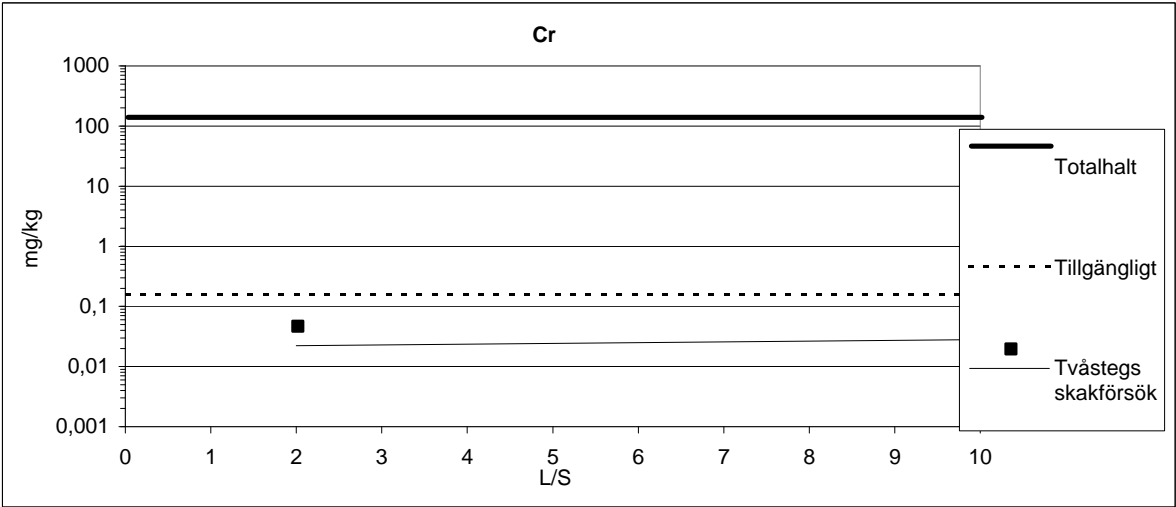
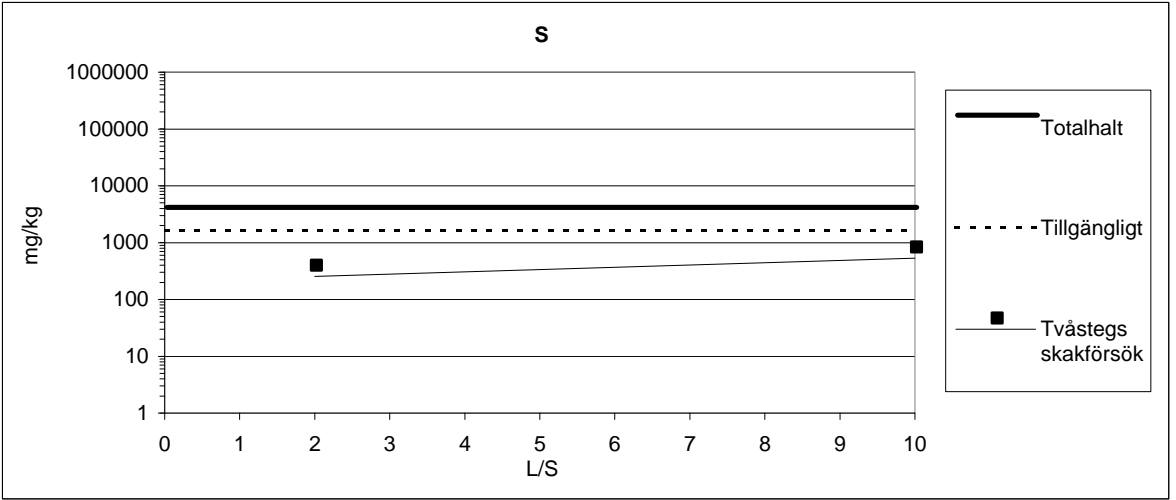
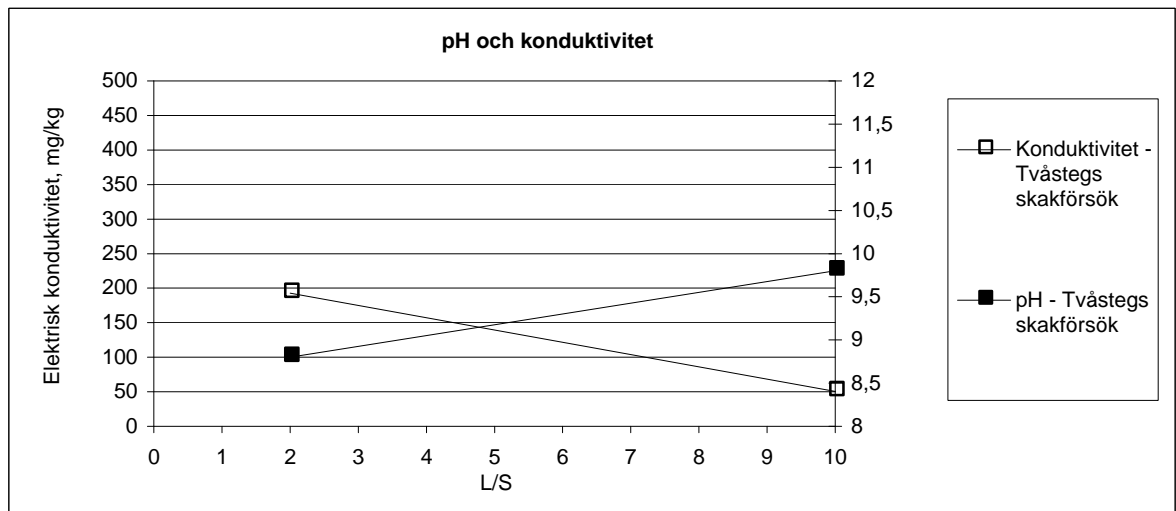
BILAGA 1











Bilaga 2

Analysresultat Löftabrolera

SD, Delprojekt 5 CL

Löftabro

Tillgänglighetstest

ELEMENT	SAMPLE	2338 Prov 1	2339 Prov 2
L/S		202	201
L/S left			
pH		5,7	5,9
redox	mV	380	397
Konduktivitet	mS/m, 25	201,6	207,6
Ca	mg/l	352	358
Cl	mg/l		
Fe	mg/l	0,903	0,601
K	mg/l	13,8	15,3
Mg	mg/l	14,2	14,1
Na	mg/l	20,9	20,8
S	mg/l	10,7	10,7
Si	mg/l	30,5	28,4
Al	µg/l	3150	2040
As	µg/l	1	1
Ba	µg/l	91,7	87,9
Cd	µg/l	0,14	0,111
Co	µg/l	6,34	5,01
Cr	µg/l	0,964	0,797
Cu	µg/l	7,28	5,7
Hg	µg/l	0,02	0,02
Mn	µg/l	638	575
Ni	µg/l	2,17	2,17
Mo	µg/l	10,6	9,12
Pb	µg/l	0,946	0,633
V	µg/l	1,68	1,45
Zn	µg/l	42,5	32,1
Cl	mg/l		
TOC	mg/l		

Tvåstegs skakförsök

ELEMENT	CEN 2329	CEN 2330
L/S	2	2-10
L/S left		
pH	11,5	11,7
redox	187	174
Konduktivitet	793	264,2
Ca	164	106
Cl		
Fe	0,195	0,0527
K	392	114
Mg	0,09	0,09
Na	1400	247
S	140	38,2
Si	4,4	3,68
Al	5680	7320
As	5	1
Ba	28,9	7,8
Cd	0,05	0,05
Co	22,2	3,67
Cr	13,3	4,02
Cu	210	28
Hg	0,02	0,02
Mn	0,756	0,2
Ni	145	25,3
Mo	87,8	11,9
Pb	0,471	0,2
V	23,3	12,9
Zn	11,2	5,39
Cl		
TOC		

Akkumulerad utlakad mängd

ELEMENT	SAMPLE	0,01		10	
		2338 Prov 1	2339 Prov 2	Medel	Medel
L/S		200,9	200,8		
L/S left					
Ca	mg/kg	71104	71958	71531	71531
Fe	mg/kg	182,406	120,801	151,604	151,604
K	mg/kg	2787,6	3075,3	2931,45	2931,45
Mg	mg/kg	2868,4	2834,1	2851,25	2851,25
Na	mg/kg	4221,8	4180,8	4201,3	4201,3
S	mg/kg	2161,4	2150,7	2156,05	2156,05
Si	mg/kg	6161	5708,4	5934,7	5934,7
Al	mg/kg	636,3	410,04	523,17	523,17
As	mg/kg	0,202	0,201	0,2015	0,2015
Ba	mg/kg	18,523	17,668	18,0957	18,0957
Cd	mg/kg	0,02828	0,02231	0,0253	0,0253
Co	mg/kg	1,28068	1,00701	1,14385	1,14385
Cr	mg/kg	0,19473	0,1602	0,17746	0,17746
Cu	mg/kg	1,47056	1,1457	1,30813	1,30813
Hg	mg/kg	0,004	0,004	0,004	0,004
Mn	mg/kg	128,876	115,575	122,226	122,226
Mo	mg/kg	0,43834	0,43617	0,43726	0,43726
Ni	mg/kg	2,1412	1,83312	1,98716	1,98716
Pb	mg/kg	0,19109	0,12723	0,15916	0,15916
V	mg/kg	0,33936	0,29145	0,31541	0,31541
Zn	mg/kg	8,585	6,4521	7,51855	7,51855
Cl	mg/kg				
TOC	mg/kg				

ELEMENT	2		10	
	2329	2330		
L/S	2	2-10		
L/S left				
Ca	328	1120,533		
Fe	0,39	0,687957		
K	784	1453,787		
Mg	0,18	0,8946		
Na	2800	3784,973		
S	280	497,1173		
Si	8,8	37,4096		
Al	11,36	70,86933		
As	0,01	0,014553		
Ba	0,0578	0,101867		
Cd	0,0001	0,000497		
Co	0,0444	0,057851		
Cr	0,0266	0,050662		
Cu	0,42	0,488227		
Hg	0,00004	0,000199		
Mn	0,00151	0,002629		
Mo	0,29	0,389536		
Ni	0,1756	0,205824		
Pb	0,00094	0,002301		
V	0,0466	0,140221		
Zn	0,0224	0,060277		
Cl				
TOC				

Totalhalt

Enhet	754		754		754		754	
	Prov 1	Prov 2			0,01	10		
			ppm	ppm	Medel			
LOI	%							
Si	%	22,5361	22,5361	225361	225361	225361	225361,1	
Al	%	7,14706	7,94118	71470,6	79411,8	75441,2	75441,18	
Ca	%	8,57754	7,21943	85775,4	72194,3	78984,8	78984,85	
Fe	%	4,15353	3,89481	41535,3	38948,1	40241,7	40241,73	
K	%	2,73949	3,74397	27394,9	37439,7	32417,3	32417,3	
Mg	%	1,64613	1,65216	16461,3	16521,6	16491,4	16491,44	
Mn	%	0,07573	0,07178	757,295	717,804	737,549	737,5494	
Na	%	1,24645	1,74355	12464,5	17435,5	14950	14950	
P	%	0,07554	0,07248	755,352	724,789	740,07	740,0704	
Ti	%	0,39447	0,39747	3944,71	3974,68	3959,69	3959,693	
As	ppm	7,76	6,08			6,92	6,92	
Ba	ppm	473	542			507,5	507,5	
Be	ppm	2,92	2,18			2,55	2,55	
Cd	ppm	0,121	0,149			0,135	0,135	
Co	ppm	12,2	11,7			11,95	11,95	
Cr	ppm	66,3	54,5			60,4	60,4	
Cu	ppm	23,6	21,8			22,7	22,7	
Hg	ppm	0,04	0,0436			0,0418	0,0418	
La	ppm	50,4	47,8			49,1	49,1	
Mo	ppm	2	6			4	4	
Nb	ppm	9,73	13,5			11,615	11,615	
Ni	ppm	28,4	25,5			26,95	26,95	
Pb	ppm	19,6	17,1			18,35	18,35	
S	ppm	3960	4000			3980	3980	
Sc	ppm	12	12,1			12,05	12,05	
Sn	ppm	5	20			12,5	12,5	
Sr	ppm	204	216			210	210	
V	ppm	100	99,1			99,55	99,55	
W	ppm	10	60			35	35	
Y	ppm	30,8	36,1			33,45	33,45	
Zn	ppm	97	96,4			96,7	96,7	
Zr	ppm	180	182			181	181	

ELEMENT SAMPLE CL

Al2O3	% TS	13,5	15
CaO	% TS	12	10,1
Fe2O3	% TS	5,94	5,57
K2O	% TS	3,3	4,51
LOI	% TS	12	12
MgO	% TS	2,73	2,74
MnO2	% TS	0,0978	0,0927
Na2O	% TS	1,68	2,35
P2O5	% TS	0,173	0,166
SiO2	% TS	48,2	48,2
Summa	% TS	99,6208	100,729
TiO2	% TS	0,658	0,663
TS	%		

L/S		TT/tot
Ämne		
Ca	%	90,6
Fe	%	0,4
K	%	9,0
Mg	%	17,3
Na	%	28,1
S	%	54,2
Si	%	2,6
Al	%	0,7
As	%	2,9
Ba	%	3,6
Cd	%	18,7
Co	%	9,6
Cr	%	0,3
Cu	%	5,8
Hg	%	9,6
Mn	%	16,6
Mo	%	49,7
Ni	%	#####
Pb	%	0,9
Zn	%	0,3
V	%	4,2

SD, Delprojekt 5 SL

Tillgänglighetstest

ELEMENT	SAMPLE	2340 Prov 1	2341 Prov 2
L/S		202	202
L/S left			
pH		6,1	5,9
redox	mV	373	391
Konduktiv	mS/m, 25 °C	208,6	206,7
Ca	mg/l	338	316
Cl	mg/l		
Fe	mg/l	1,4	1,72
K	mg/l	11,9	11,5
Mg	mg/l	31,8	30,3
Na	mg/l	23,6	22,9
S	mg/l	12,5	12,9
Si	mg/l	31,8	32,2
Al	µg/l	3200	4360
As	µg/l	1	1
Ba	µg/l	149	143
Cd	µg/l	0,189	0,193
Co	µg/l	5,33	5,82
Cr	µg/l	0,732	0,893
Cu	µg/l	6,91	9,32
Hg	µg/l	0,02	0,02
Mn	µg/l	1310	1220
Ni	µg/l	1,86	1,96
Mo	µg/l	8,98	9,21
Pb	µg/l	0,627	0,818
V	µg/l	5,02	5,3
Zn	µg/l	23,9	28
Cl	mg/l		
TOC	mg/l		

Tvåstegs skakförsök

ELEMENT	CEN 2331	CEN 2332
L/S	2	2-10
L/S left		
pH	11,1	11,3
redox	223	197
Konduktiv	700	180,8
Ca	199	101
Cl		
Fe	0,0922	0,0328
K	246	73,7
Mg	0,09	0,09
Na	1330	222
S	223	85,5
Si	2,96	7,35
Al	1820	3320
As	5	1
Ba	43,5	10,4
Cd	0,05	0,05
Co	6,06	1,54
Cr	2,81	1,11
Cu	129	18,7
Hg	0,02	0,02
Mn	0,2	0,2
Ni	111	22,3
Mo	56,3	8,34
Pb	0,2	0,2
V	76	64,4
Zn	5,38	5,75
Cl		
TOC		

Akkumulerad utlakad mängd

ELEMENT	SAMPLE	0,01		10	
		2340 Prov 1	2341 Prov 2	Medel	Medel
L/S		202	202		
L/S left					
Ca	mg/l	68276	63832	66054	66054
Fe	mg/l	282,8	347,44	315,12	315,12
K	mg/l	2403,8	2323	2363,4	2363,4
Mg	mg/l	6423,6	6120,6	6272,1	6272,1
Na	mg/l	4767,2	4625,8	4696,5	4696,5
S	mg/l	2525	2605,8	2565,4	2565,4
Si	mg/l	6423,6	6504,4	6464	6464
Al	µg/l	646,4	880,72	763,56	763,56
As	µg/l	0,202	0,202	0,202	0,202
Ba	µg/l	30,098	28,886	29,492	29,492
Cd	µg/l	0,03818	0,03899	0,03858	0,03858
Co	µg/l	1,07666	1,17564	1,12615	1,12615
Cr	µg/l	0,14786	0,18039	0,16413	0,16413
Cu	µg/l	1,39582	1,88264	1,63923	1,63923
Hg	µg/l	0,004	0,004	0,00404	0,00404
Mn	µg/l	264,62	246,44	255,53	255,53
Mo	µg/l	0,37572	0,39592	0,38582	0,38582
Ni	µg/l	1,81396	1,86042	1,83719	1,83719
Pb	µg/l	0,12665	0,16524	0,14595	0,14595
V	µg/l	1,01404	1,0706	1,04232	1,04232
Zn	µg/l	4,8278	5,656	5,2419	5,2419
Cl	mg/kg				
TOC	mg/kg				

ELEMENT	2		10	
	2331	2332		
L/S	2	2-10		
L/S left				
Ca	398	1132,041		
Fe	0,1844	0,400051		
K	492	944,5486		
Mg	0,18	0,906081		
Na	2660	3537,649		
S	446	1022,432		
Si	5,92	178,44		
Al	3,64	31,66081		
As	0,01	0,01477		
Ba	0,087	0,143618		
Cd	0,0001	0,000503		
Co	0,01212	0,020818		
Cr	0,00562	0,013174		
Cu	0,258	0,317941		
Hg	0,00004	0,000201		
Mn	0,0004	0,002014		
Mo	0,222	0,328789		
Ni	0,1126	0,140349		
Pb	0,0004	0,002014		
V	0,152	0,661989		
Zn	0,01076	0,057454		
Cl				
TOC				

Totalhalt

Enhet	799		799		799		799	
	Prov 1	Prov 2					0,01	10
			ppm	ppm	Medel			
LOI	%							
Si	%	22,5829	22,8166	225829	228166	226998	226997,5	
Al	%	7,25294	8,1	72529,4	81000	76764,7	76764,71	
Ca	%	7,29091	6,13294	72909,1	61329,4	67119,3	67119,25	
Fe	%	5,05556	4,78985	50555,6	47898,5	49227,1	49227,07	
K	%	2,73949	3,80208	27394,9	38020,8	32707,9	32707,86	
Mg	%	2,06218	2,05615	20621,8	20561,5	20591,7	20591,69	
Mn	%	0,09911	0,09447	991,142	944,683	967,913	967,9126	
Na	%	1,27613	1,74355	12761,3	17435,5	15098,4	15098,39	
P	%	0,07554	0,07685	755,352	768,451	761,901	761,9014	
Ti	%	0,44543	0,44903	4454,28	4490,25	4472,27	4472,265	
As	ppm	8,81	7,67			8,24	8,24	
Ba	ppm	492	561			526,5	526,5	
Be	ppm	3,25	2,38			2,815	2,815	
Cd	ppm	0,109	0,164			0,1365	0,1365	
Co	ppm	13,4	10,6			12	12	
Cr	ppm	84,9	69,5			77,2	77,2	
Cu	ppm	37,7	31,9			34,8	34,8	
Hg	ppm	0,04	0,04			0,04	0,04	
La	ppm	52,1	61,4			56,75	56,75	
Mo	ppm	6	6			6	6	
Nb	ppm	11,4	12,8			12,1	12,1	
Ni	ppm	34,2	29,8			32	32	
Pb	ppm	18,4	16,4			17,4	17,4	
S	ppm	8060	7890			7975	7975	
Sc	ppm	13,5	13,5			13,5	13,5	
Sn	ppm	20	20			20	20	
Sr	ppm	201	211			206	206	
V	ppm	118	118			118	118	
W	ppm	60	60			60	60	
Y	ppm	32,7	37,6			35,15	35,15	

ELEMENT SAMPLE CS

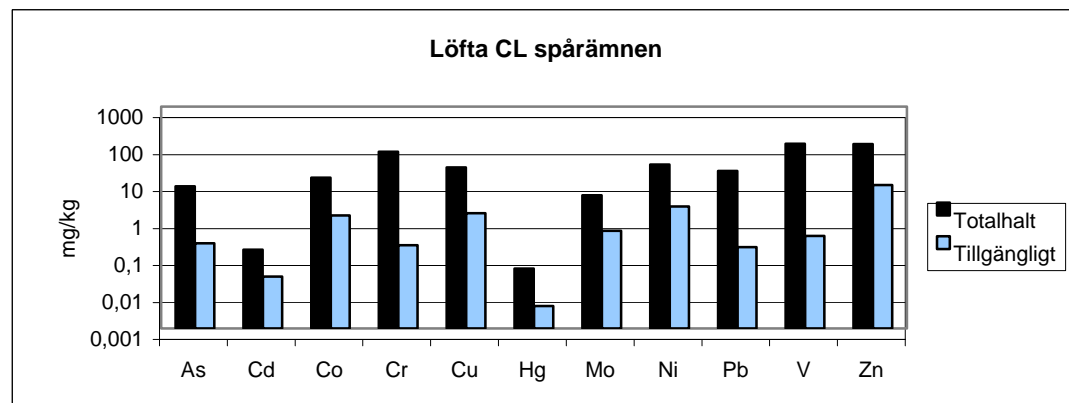
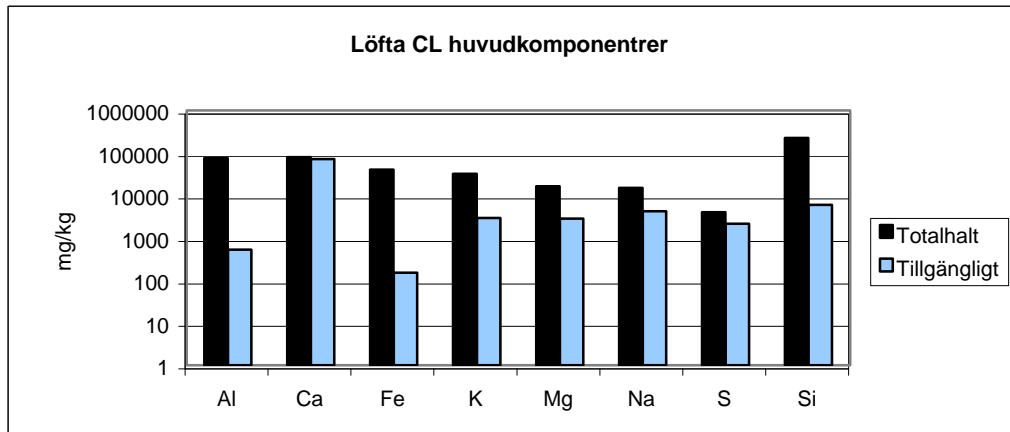
Al2O3	% TS	13,7	15,3
CaO	% TS	10,2	8,58
Fe2O3	% TS	7,23	6,85
K2O	% TS	3,3	4,58
LOI	% TS	11,1	11,1
MgO	% TS	3,42	3,41
MnO2	% TS	0,128	0,122
Na2O	% TS	1,72	2,35
P2O5	% TS	0,173	0,176
SiO2	% TS	48,3	48,8
Summa	% TS	99,271	101,268
TiO2	% TS	0,743	0,749
TS	%		

Zn	ppm	88,6	83,5	86,05	86,05
Zr	ppm	190	193	191,5	191,5

L/S		TT/tot
Ämne		
Ca	%	98,4
Fe	%	0,6
K	%	7,2
Mg	%	30,5
Na	%	31,1
S	%	32,2
Si	%	2,8
Al	%	1,0
As	%	2,5
Ba	%	5,6
Cd	%	28,3
Co	%	9,4
Cr	%	0,2
Cu	%	4,7
Hg	%	10,1
Mn	%	26,4
Mo	%	6,4
Ni	%	5,7
Pb	%	0,8
Zn	%	1,2
V	%	2,7

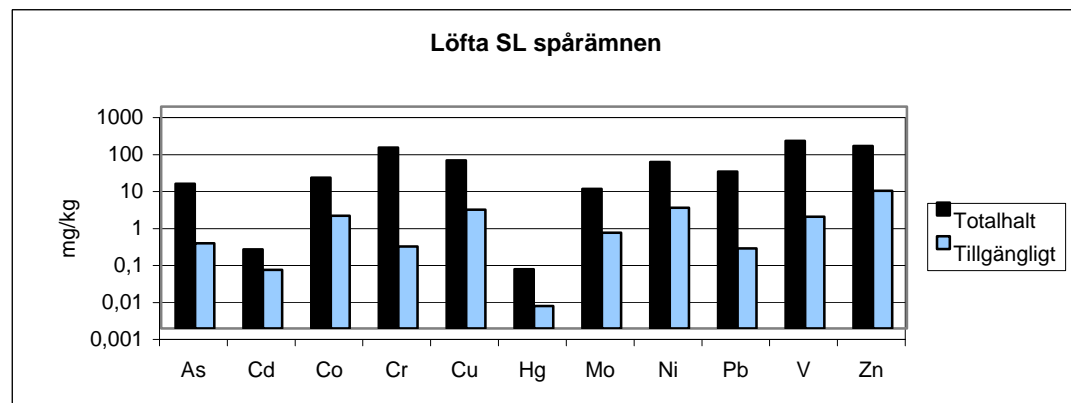
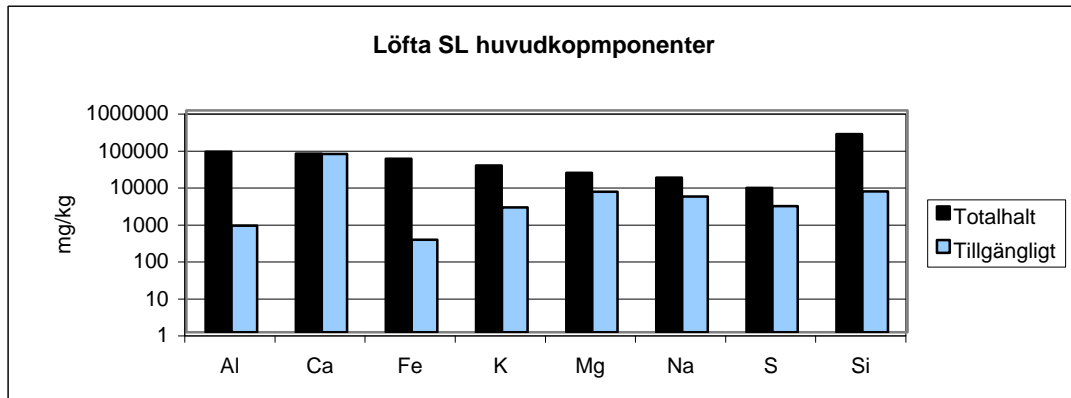
Löfta CL

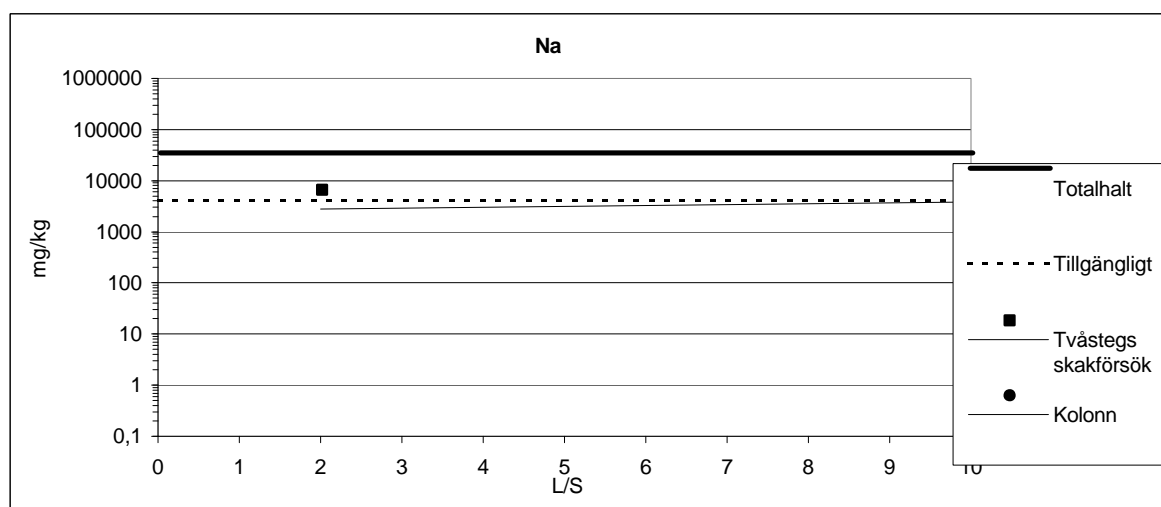
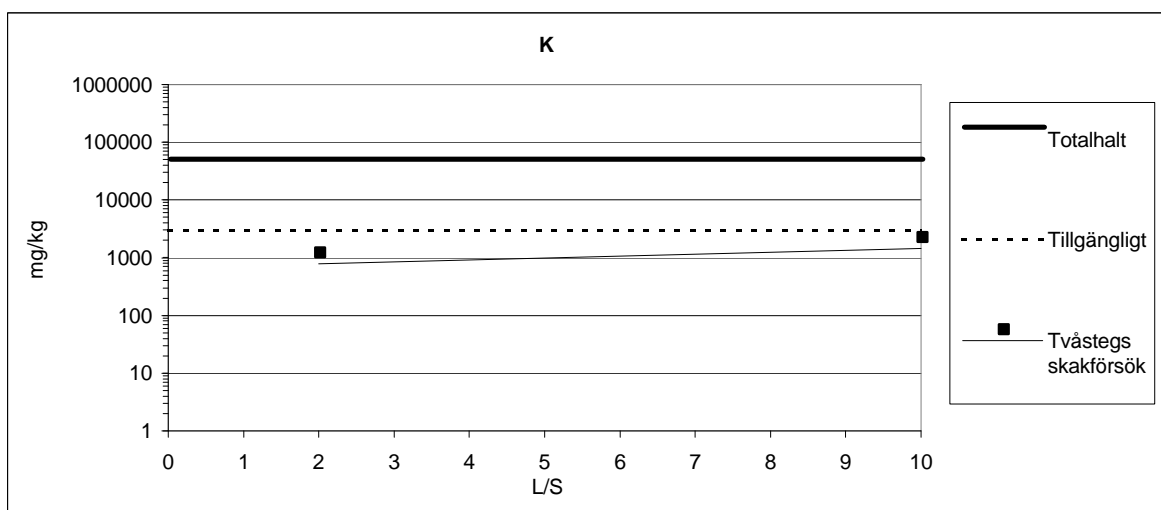
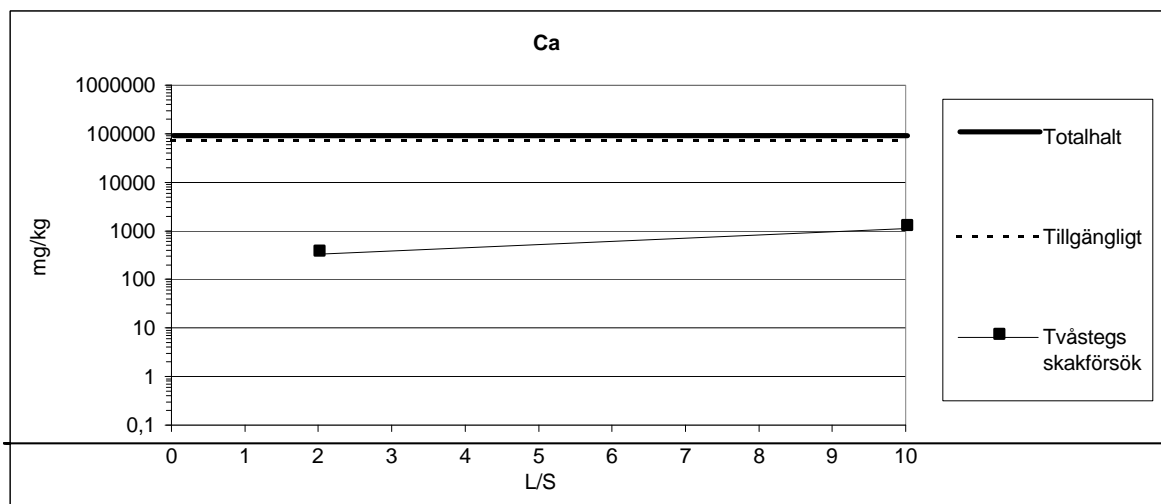
Totalhalter och tillgänglighetstester

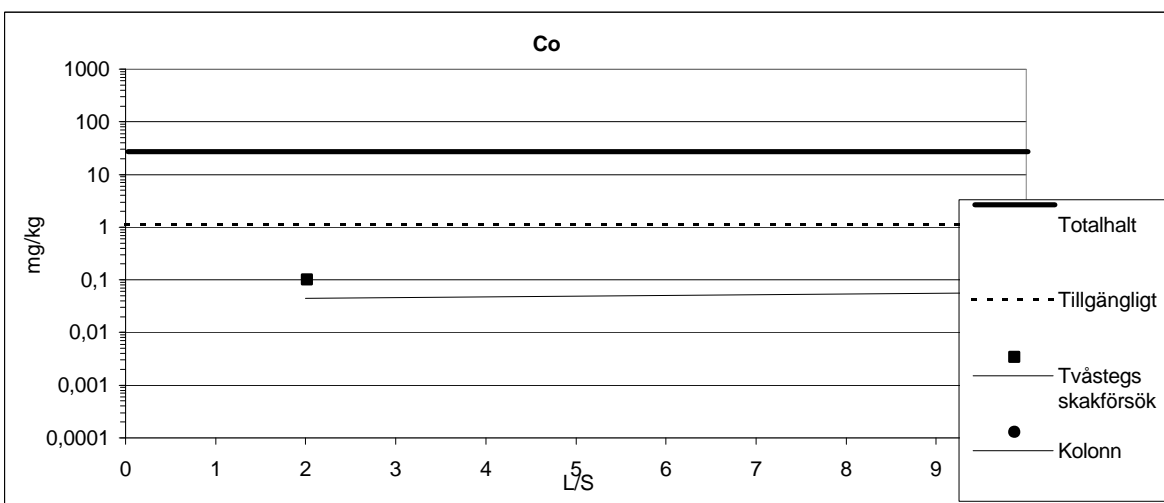
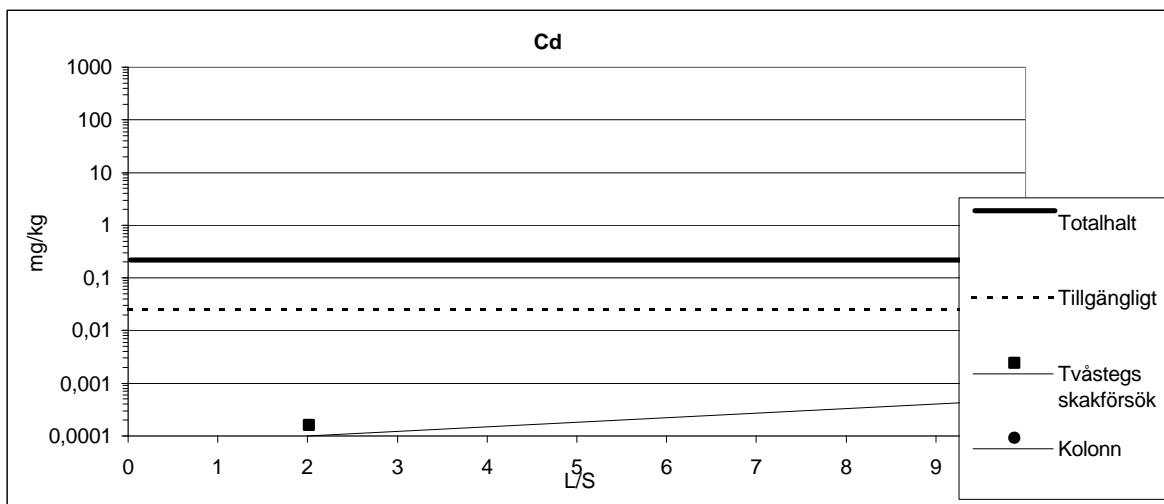
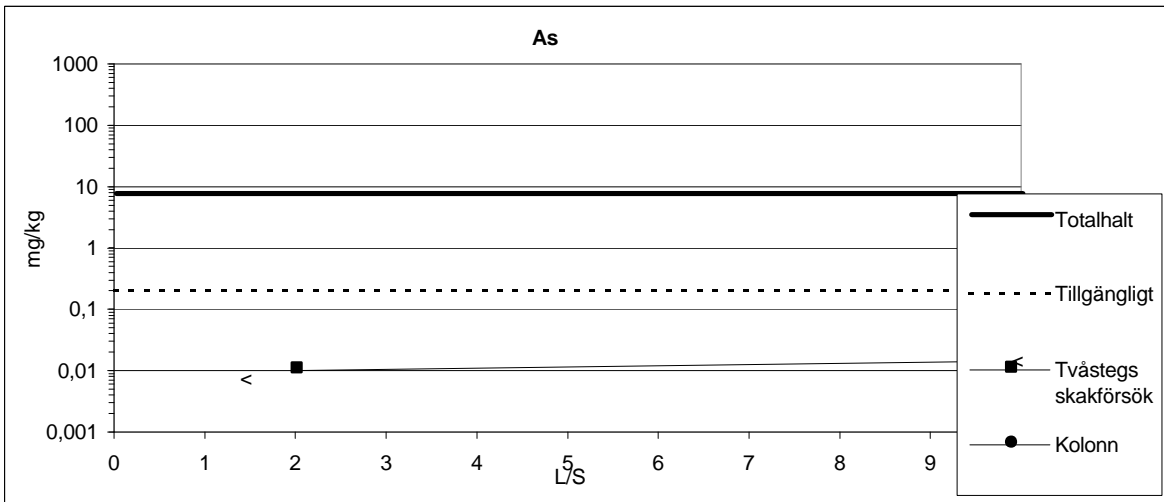


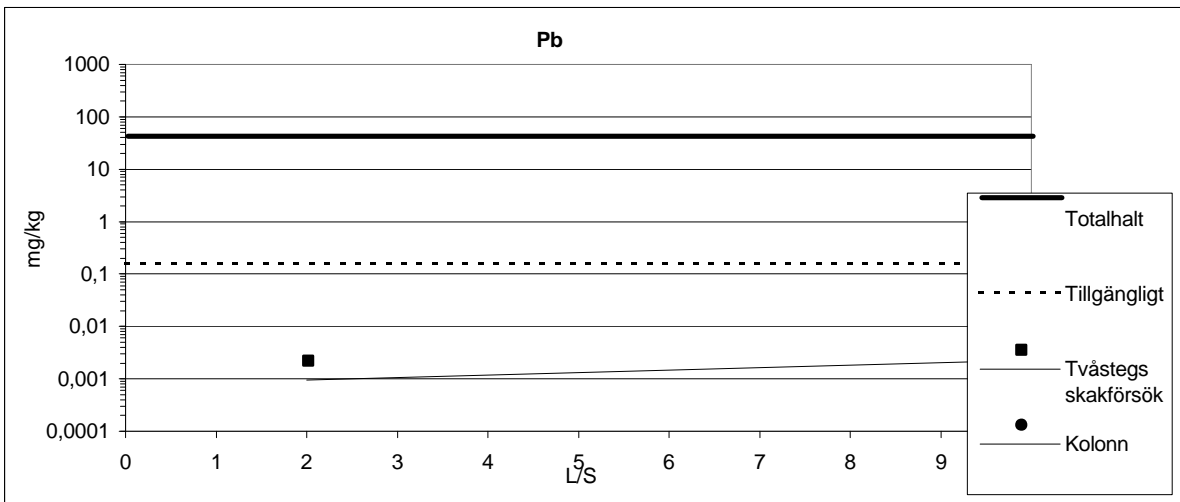
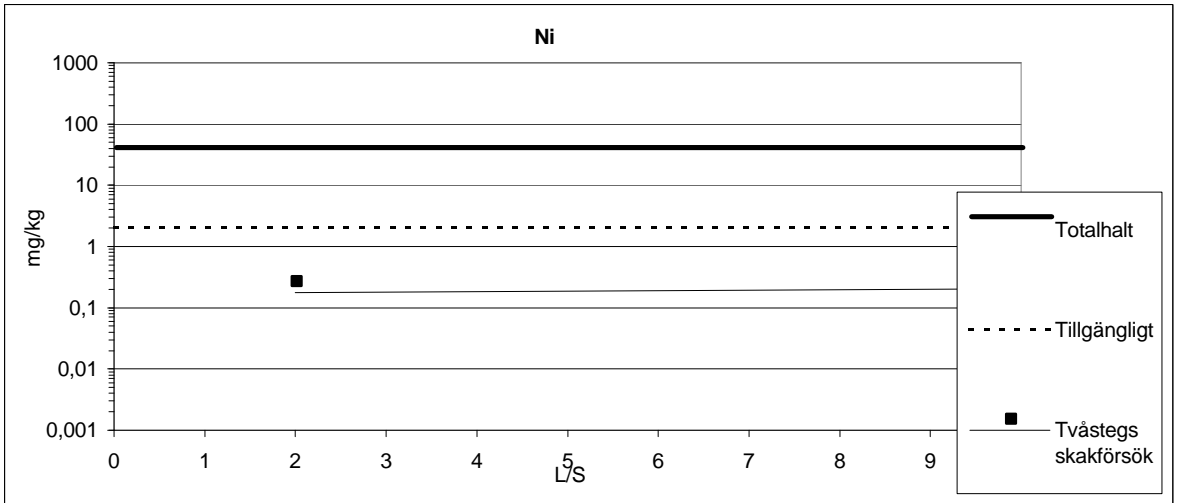
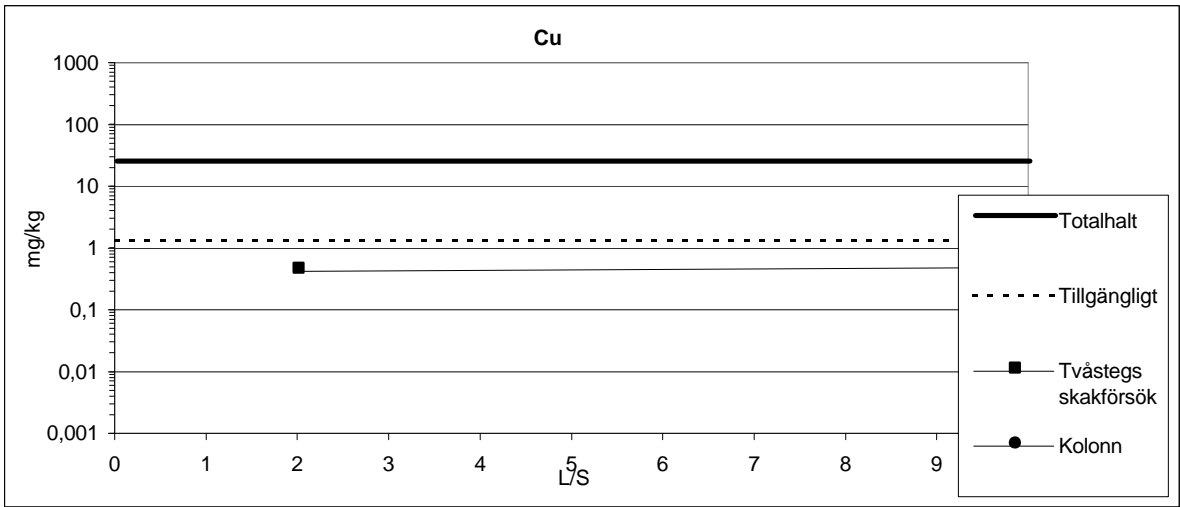
Löfta SL

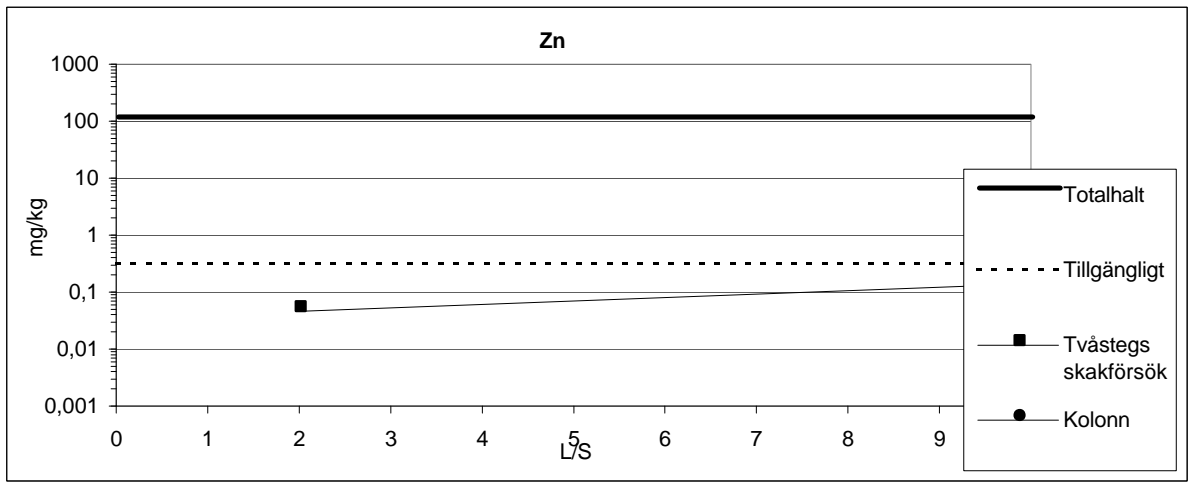
Totalhalter och tillgänglighetstester

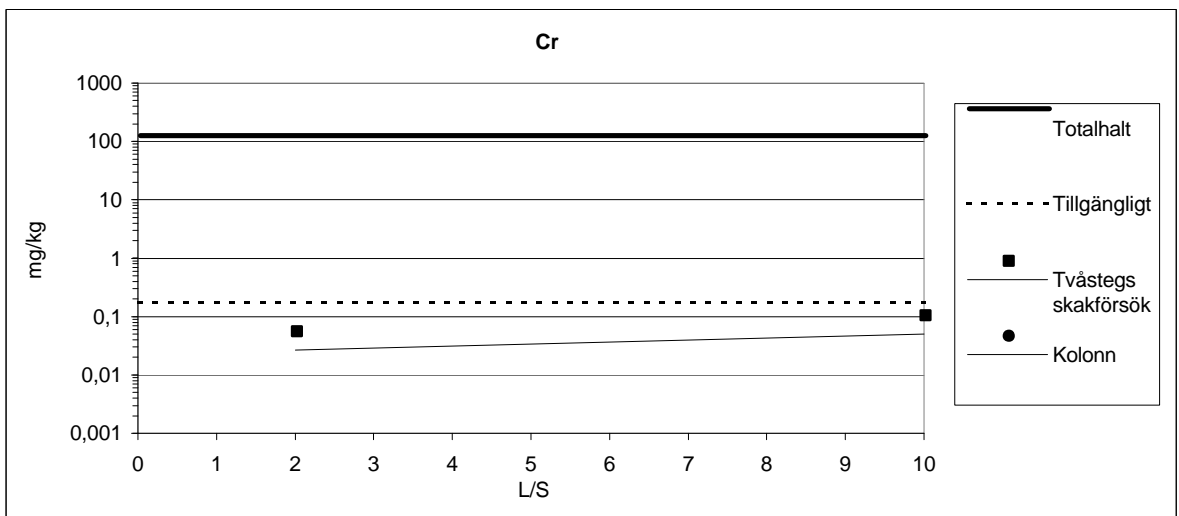
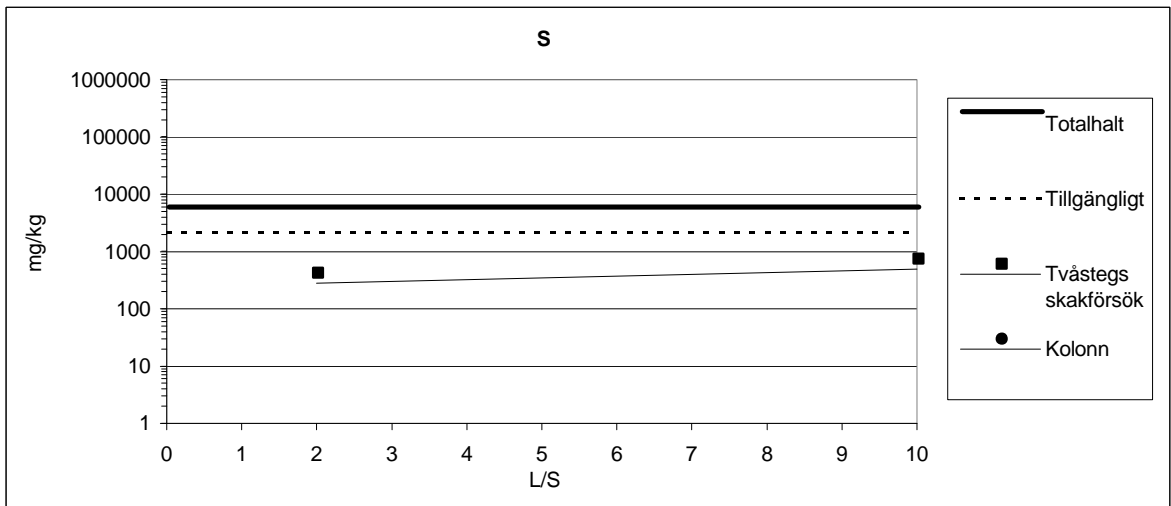
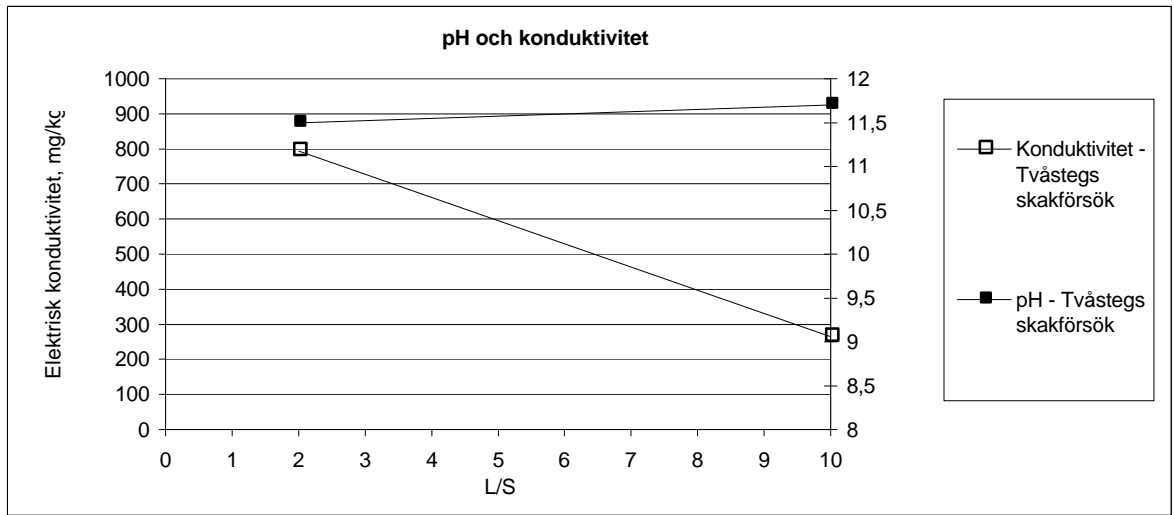




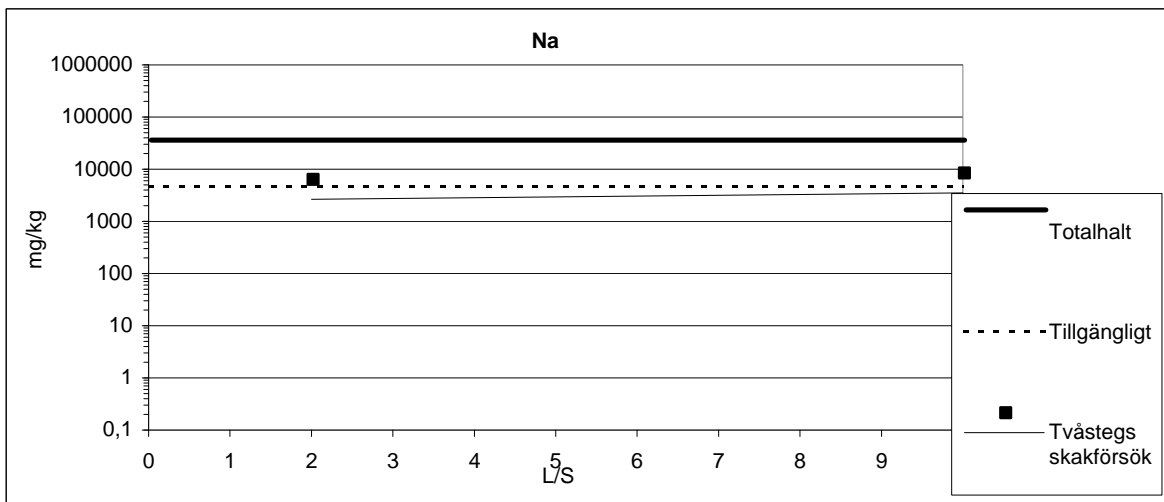
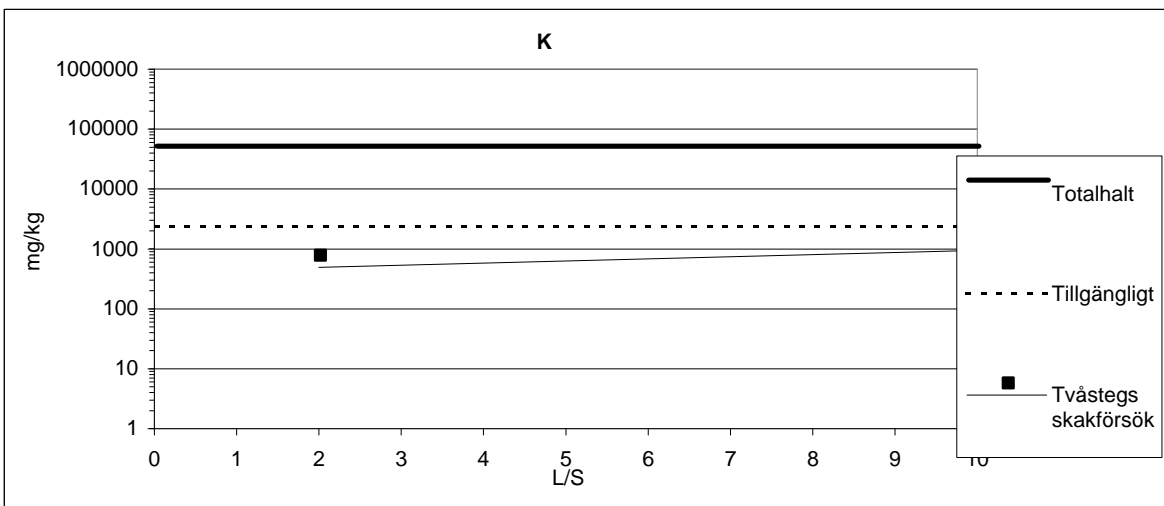
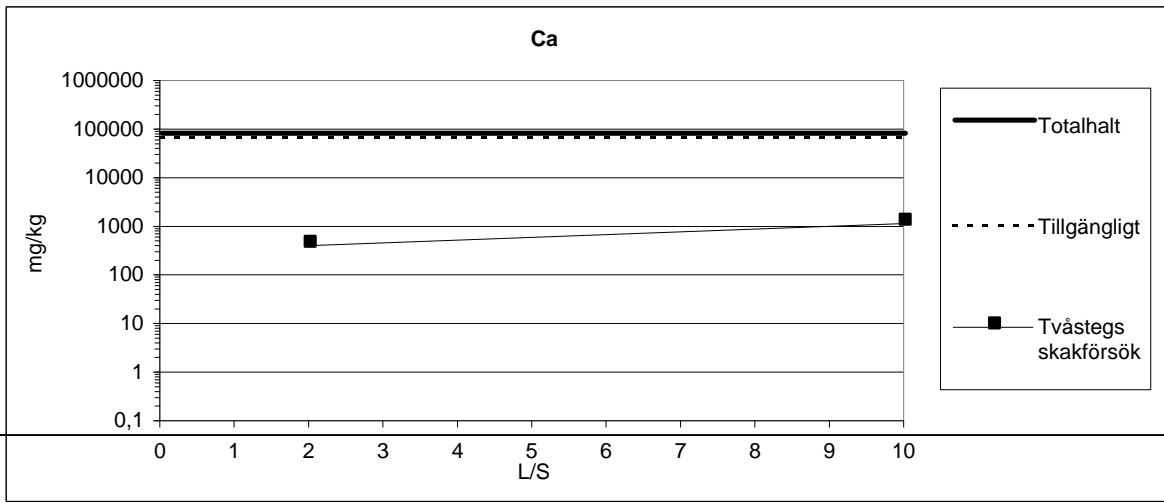


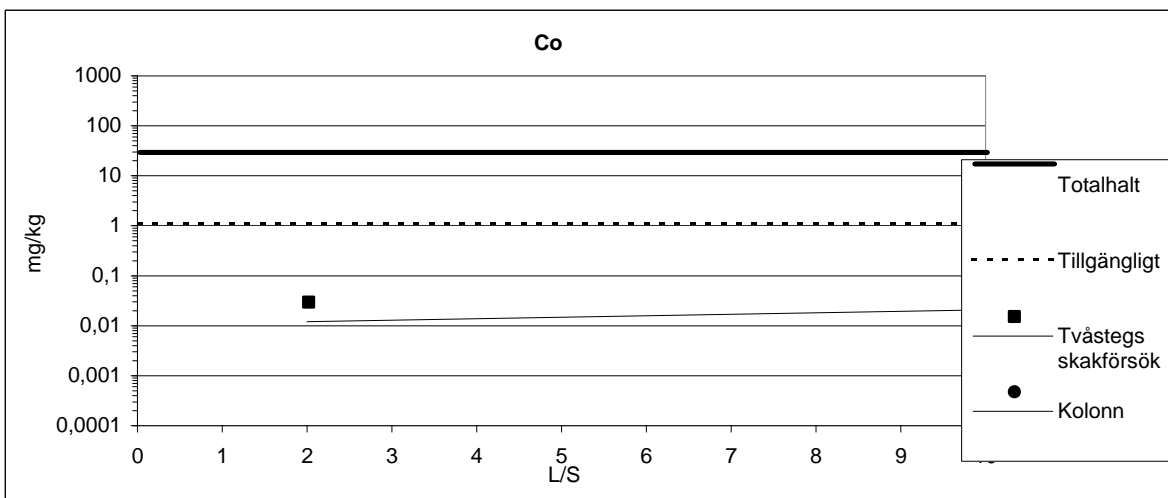
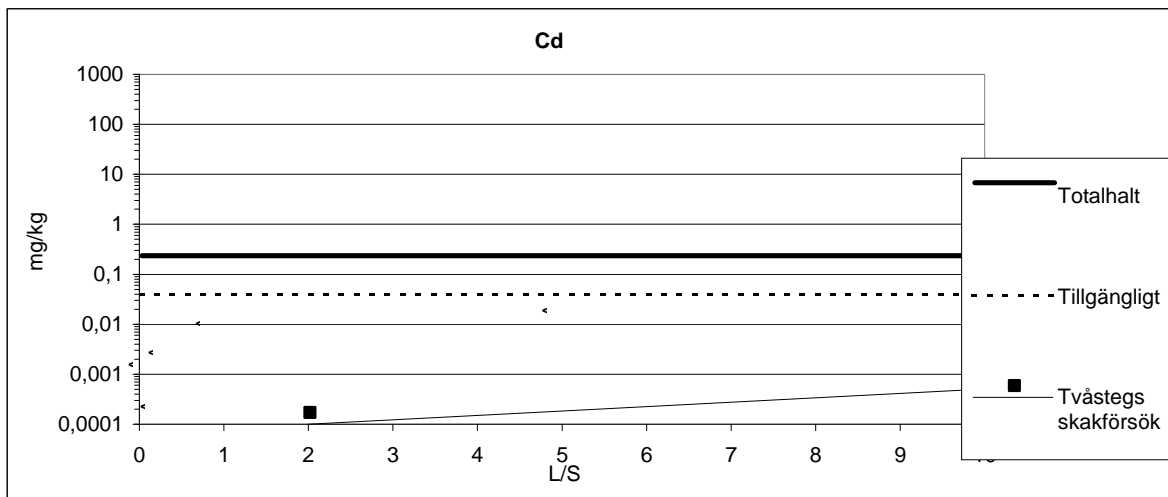
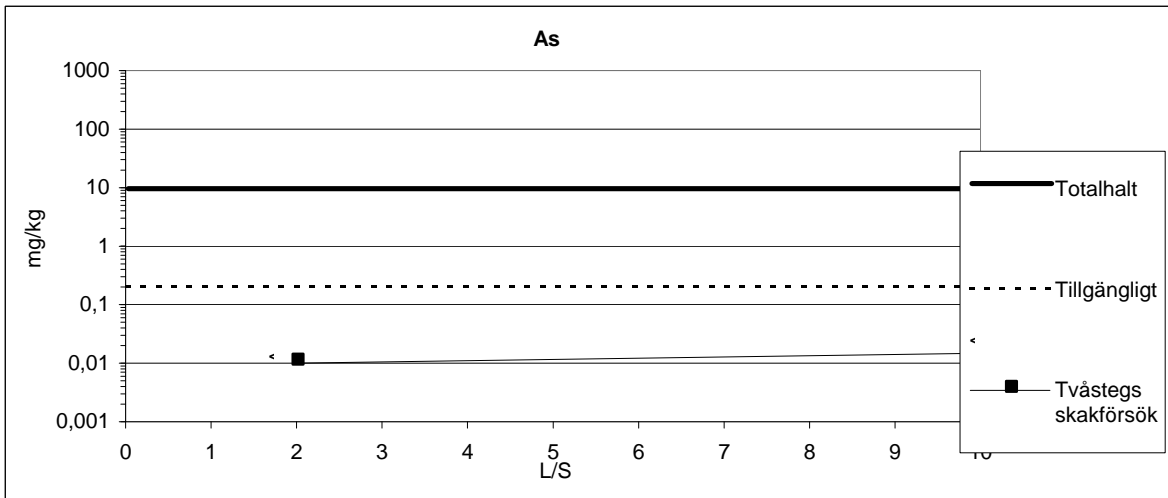


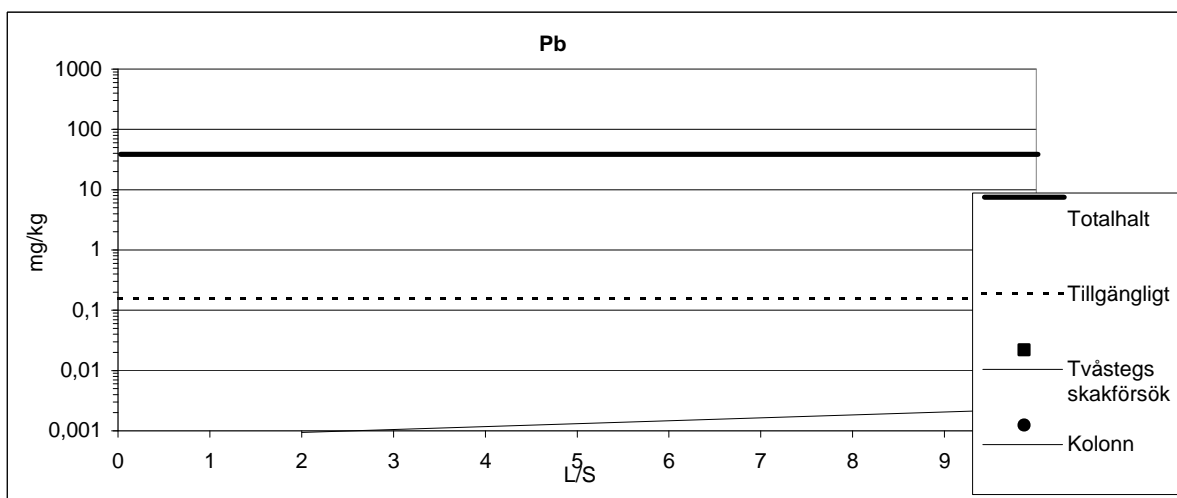
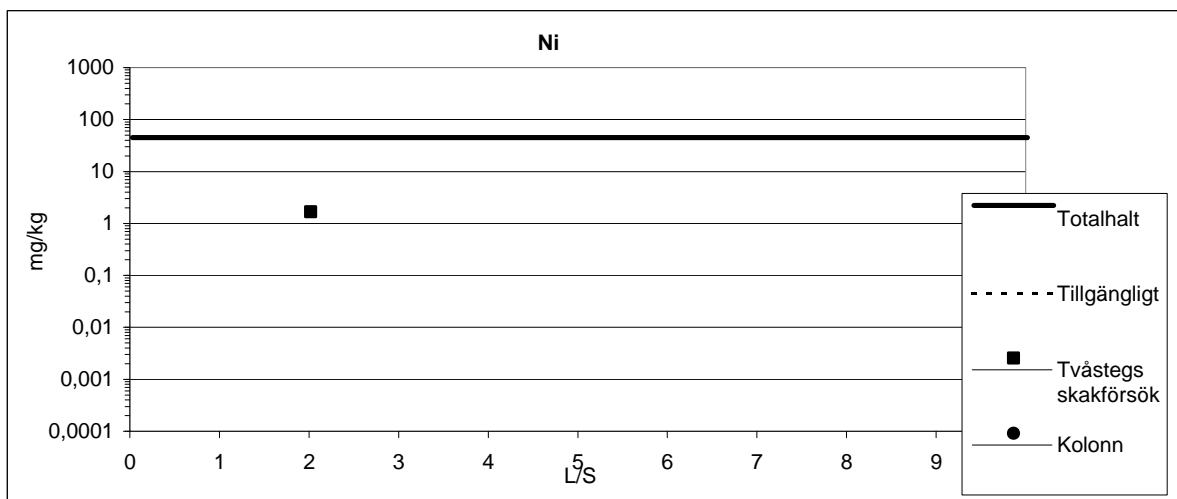
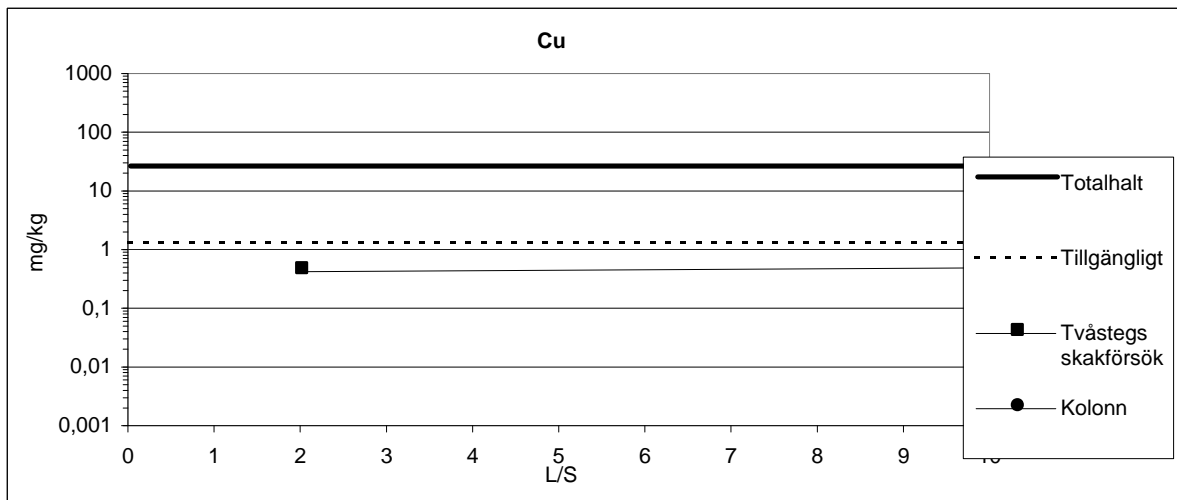


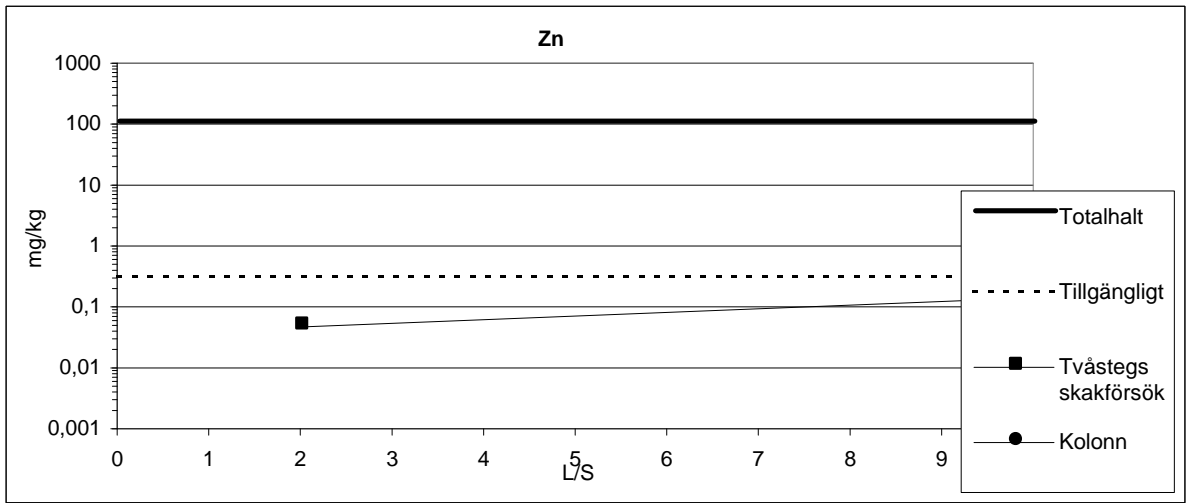


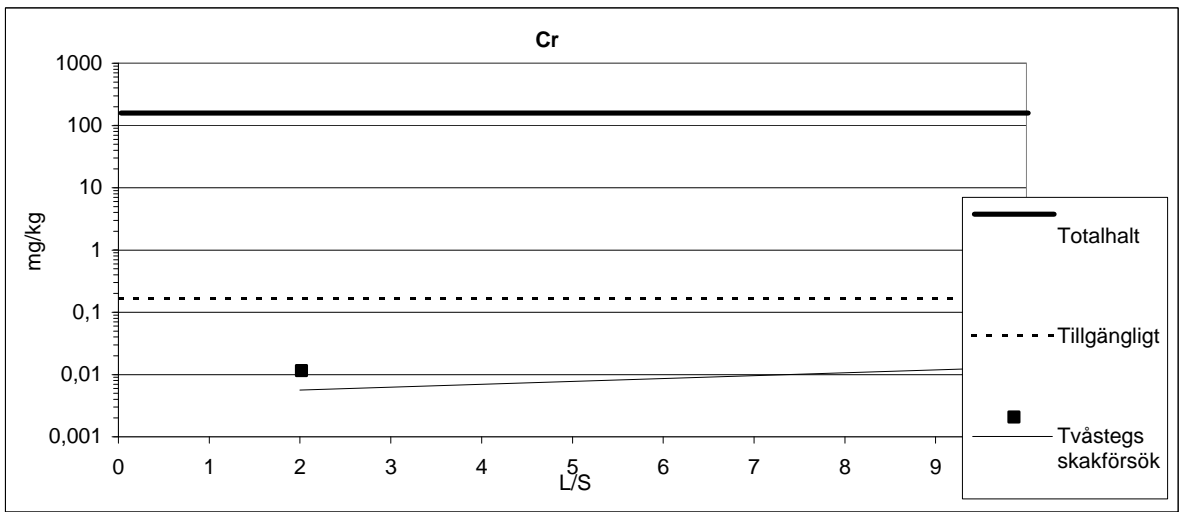
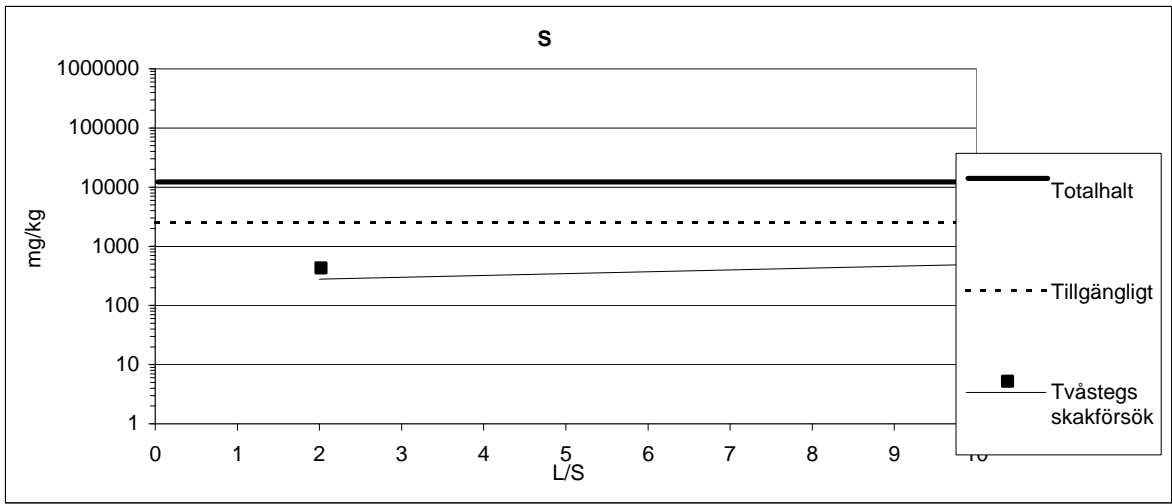
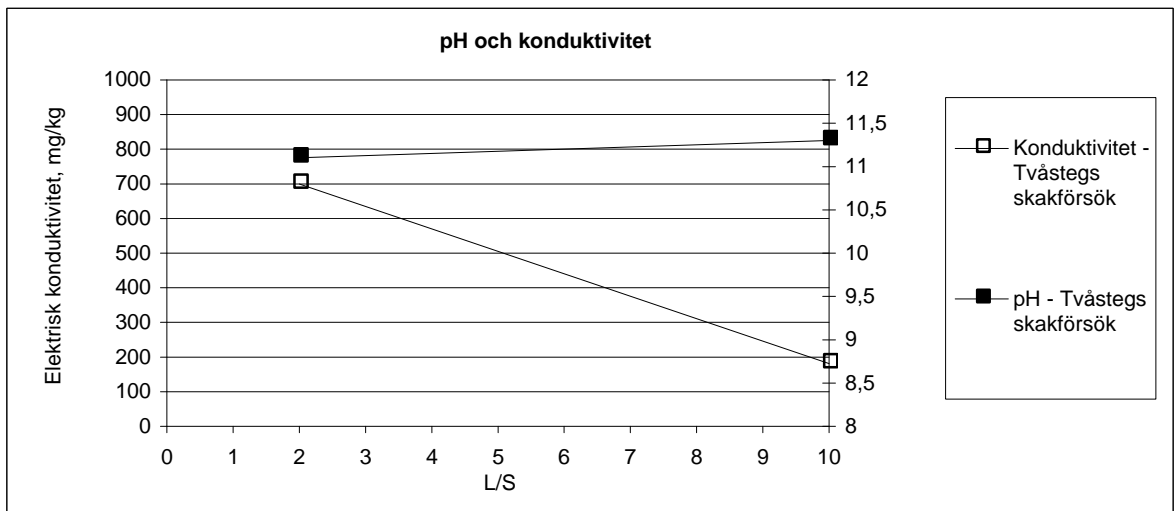
Totalhalter och utlakade mängder

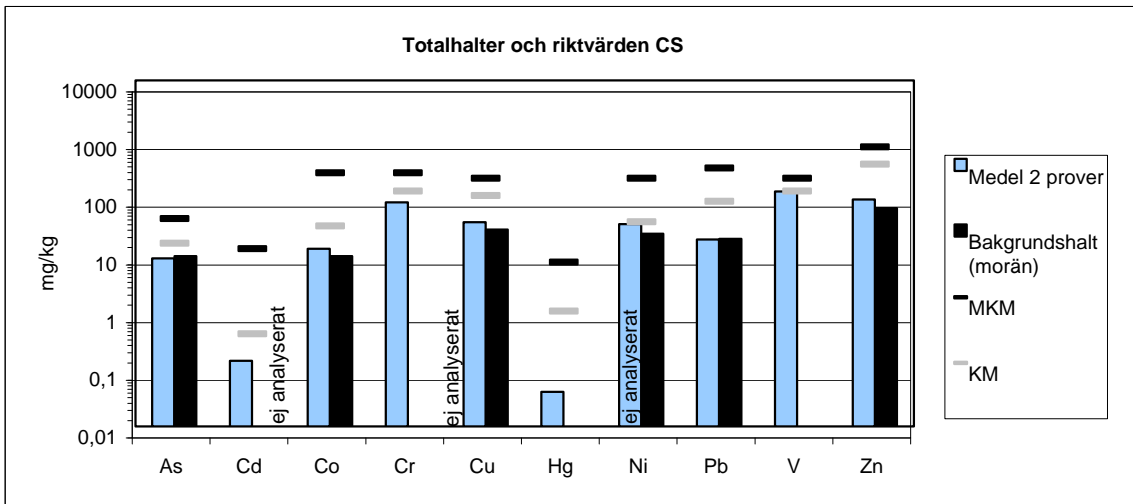
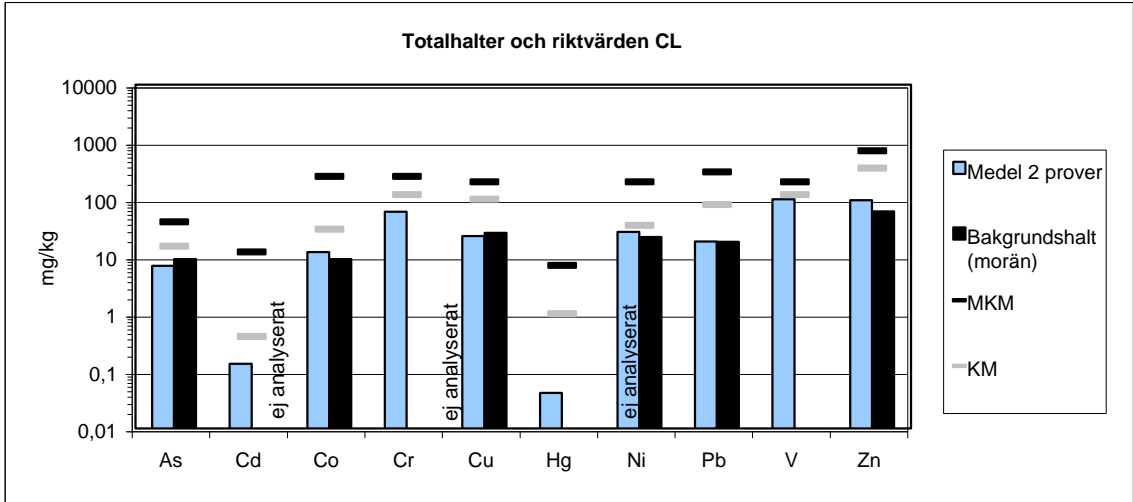












Analysresultat
Kompletterande
analyser Löftabro,
ren jord

Akkumulerad utlakad mängd

0,01 10

ELEMENT	SAMPLE	3285	3285		
		Prov 1	Prov 2	Medel	Medel
L/S		198	198		
L/S left					
Ca	mg/kg	18454	18454	18454	18454
Fe	mg/kg	522,7	522,7	522,7	522,7
K	mg/kg	1420	1420	1420	1420
Mg	mg/kg	2277	2277	2277	2277
Na	mg/kg	4297	4297	4297	4297
S	mg/kg	526,7	526,7	526,7	526,7
Si	mg/kg	308,9	308,9	308,9	308,9
Al	mg/kg	33,86	33,86	33,86	33,86
As	mg/kg	0,204	0,204	0,204	0,204
Ba	mg/kg	3,703	3,703	3,703	3,703
Cd	mg/kg	0,021	0,021	0,021	0,021
Co	mg/kg	1,824	1,824	1,824	1,824
Cr	mg/kg	0,1	0,1	0,1	0,1
Cu	mg/kg	0,422	0,422	0,422	0,422
Hg	mg/kg	0,004	0,004	0,004	0,004
Mn	mg/kg	170,3	170,3	170,3	170,3
Mo	mg/kg	0,106	0,106	0,106	0,106
Ni	mg/kg	3,128	3,128	3,128	3,128
Pb	mg/kg	0,099	0,099	0,099	0,099
V	mg/kg	0,228	0,228	0,228	0,228
Zn	mg/kg	2,515	2,515	2,515	2,515
Cl	mg/kg				
TOC	mg/kg				

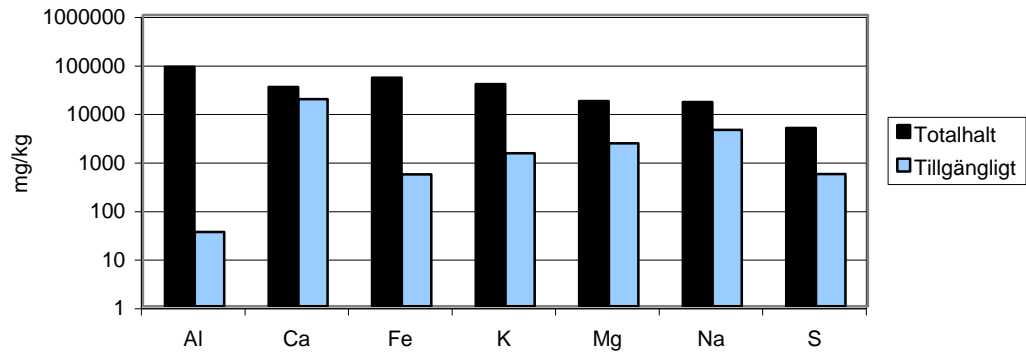
Totalhalt

	Enhet	Enl. SJE		0,01		10	
		ppm	ppm	Medel			
LOI	%						
Si	%	27,6792	27,6792	276792	276792	276792	276792
Al	%	8,57647	8,57647	85764,7	85764,7	85764,7	85764,71
Ca	%	3,30235	3,30235	33023,5	33023,5	33023,5	33023,53
Fe	%	5,08353	5,08353	50835,3	50835,3	50835,3	50835,34
K	%	3,76887	3,76887	37688,7	37688,7	37688,7	37688,75
Mg	%	1,68382	1,68382	16838,2	16838,2	16838,2	16838,15
Mn	%	0,0532	0,0532	531,965	531,965	531,965	531,9647
Na	%	1,61	1,61	16100	16100	16100	16100
P	%	0	0	0	0	0	0
Ti	%	0	0	0	0	0	0
As	ppm	5,08	5,08			5,08	5,08
Ba	ppm					#####	#####
Be	ppm					#####	#####
Cd	ppm	0,317	0,317			0,317	0,317
Co	ppm	15,3	15,3			15,3	15,3
Cr	ppm	42,9	42,9			42,9	42,9
Cu	ppm	34,9	34,9			34,9	34,9
Hg	ppm	0,054	0,054			0,054	0,054
La	ppm					#####	#####
Mo	ppm					#####	#####
Nb	ppm					#####	#####
Ni	ppm	33,7	33,7			33,7	33,7
Pb	ppm	18,4	18,4			18,4	18,4
S	ppm	4684	4684			4684	4684
Sc	ppm					#####	#####
Sn	ppm					#####	#####
Sr	ppm					#####	#####
V	ppm	64,6	64,6			64,6	64,6
W	ppm					#####	#####
Y	ppm					#####	#####
Zn	ppm	116	116			116	116
Zr	ppm					#####	#####

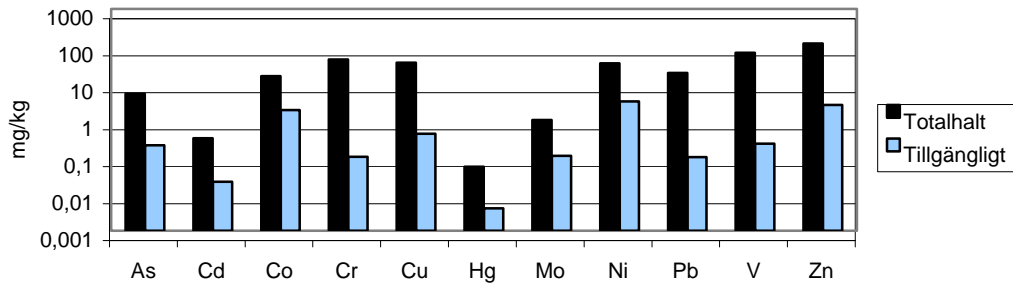
ELEMENT SAMPLE CL

Al2O3	% TS	16,2	16,2
CaO	% TS	4,62	4,62
Fe2O3	% TS	7,27	7,27
K2O	% TS	4,54	4,54
LOI	% TS	4,06	4,06
MgO	% TS	2,7925	2,7925
MnO2	% TS	0,0687	0,0687
Na2O	% TS	2,17	2,17
P2O5	% TS		
SiO2	% TS	59,2	59,2
Summa	% TS	100,9212	100,921
TiO2	% TS		
TS	%		

Löftabrolera, huvudkomponenter



Löftabro, spårämnen



Analysresultat
Kompletterande
analyser Holma,
ren jord

Akkumulerad utlakad mängd

0,01 10

ELEMENT	SAMPLE	3284 Prov 1	3284 Prov 2	Medel	Medel
L/S		200	200		
L/S left					
Ca	mg/kg	2098	2098	2098	2098
Fe	mg/kg	7,253	7,253	7,253	7,253
K	mg/kg	293,7	293,7	293,7	293,7
Mg	mg/kg	1425	1425	1425	1425
Na	mg/kg	1758	1758	1758	1758
S	mg/kg	3417	3417	3417	3417
Si	mg/kg	331,7	331,7	331,7	331,7
Al	mg/kg	67,53	67,53	67,53	67,53
As	mg/kg	0,354	0,354	0,354	0,354
Ba	mg/kg	1,61	1,61	1,61	1,61
Cd	mg/kg	0,037	0,037	0,037	0,037
Co	mg/kg	1,127	1,127	1,127	1,127
Cr	mg/kg	0,1	0,1	0,1	0,1
Cu	mg/kg	0,384	0,384	0,384	0,384
Hg	mg/kg	0,004	0,004	0,004	0,004
Mn	mg/kg	45,55	45,55	45,55	45,55
Mo	mg/kg	0,1	0,1	0,1	0,1
Ni	mg/kg	3,317	3,317	3,317	3,317
Pb	mg/kg	0,052	0,052	0,052	0,052
V	mg/kg	0,134	0,134	0,134	0,134
Zn	mg/kg	6,553	6,553	6,553	6,553
Cl	mg/kg				
TOC	mg/kg				

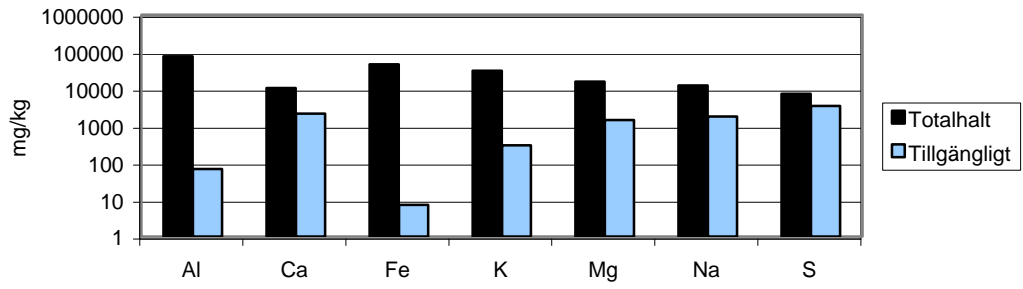
Totalhalt

	Enhet	Enl. SJE				0,01	10
				ppm	ppm	Medel	
LOI	%						
Si	%	26,6038	26,6038	266038	266038	266038	266038,3
Al	%	7,46471	7,46471	74647,1	74647,1	74647,1	74647,06
Ca	%	1,05075	1,05075	10507,5	10507,5	10507,5	10507,49
Fe	%	4,58707	4,58707	45870,7	45870,7	45870,7	45870,68
K	%	3,05495	3,05495	30549,5	30549,5	30549,5	30549,47
Mg	%	1,5602	1,5602	15602	15602	15602	15602,05
Mn	%	0,06644	0,06644	664,375	664,375	664,375	664,3752
Na	%	1,21677	1,21677	12167,7	12167,7	12167,7	12167,74
P	%	0	0	0	0	0	0
Ti	%	0	0	0	0	0	0
As	ppm	3,91	3,91			3,91	3,91
Ba	ppm					#####	#####
Be	ppm					#####	#####
Cd	ppm	0,272	0,272			0,272	0,272
Co	ppm	25,2	25,2			25,2	25,2
Cr	ppm	66,7	66,7			66,7	66,7
Cu	ppm	54,7	54,7			54,7	54,7
Hg	ppm	0,068	0,068			0,068	0,068
La	ppm					#####	#####
Mo	ppm					#####	#####
Nb	ppm					#####	#####
Ni	ppm	44,1	44,1			44,1	44,1
Pb	ppm	27,4	27,4			27,4	27,4
S	ppm	7210	7210			7210	7210
Sc	ppm					#####	#####
Sn	ppm					#####	#####
Sr	ppm					#####	#####
V	ppm	76,1	76,1			76,1	76,1
W	ppm					#####	#####
Y	ppm					#####	#####
Zn	ppm	140	140			140	140
Zr	ppm					#####	#####

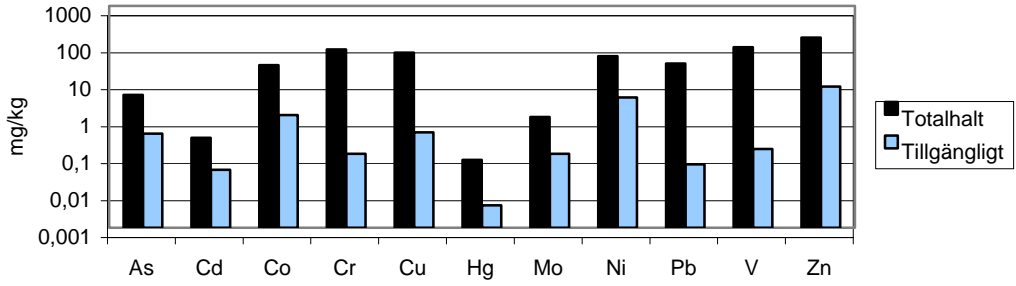
ELEMENT SAMPLE CL

Al2O3	% TS	14,1	14,1
CaO	% TS	1,47	1,47
Fe2O3	% TS	6,56	6,56
K2O	% TS	3,68	3,68
LOI	% TS	14,8	14,8
MgO	% TS	2,5875	2,5875
MnO2	% TS	0,0858	0,0858
Na2O	% TS	1,64	1,64
P2O5	% TS		
SiO2	% TS	56,9	56,9
Summa	% TS	101,8233	101,823
TiO2	% TS		
TS	%		

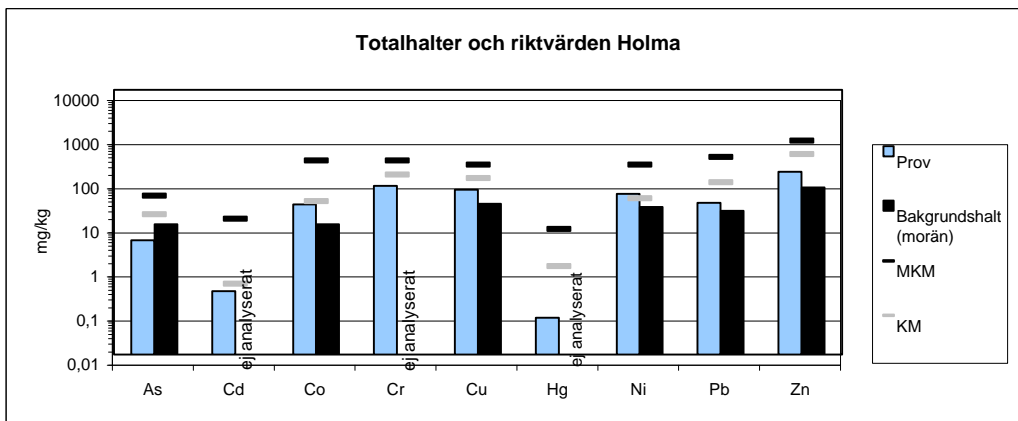
Holmagyttja huvudkomponenter

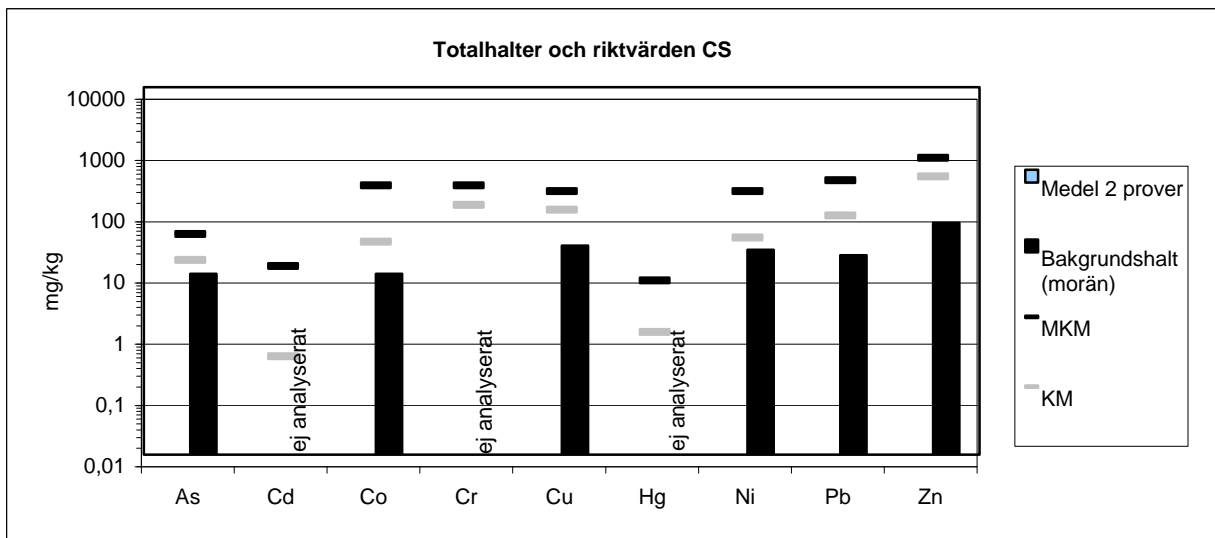
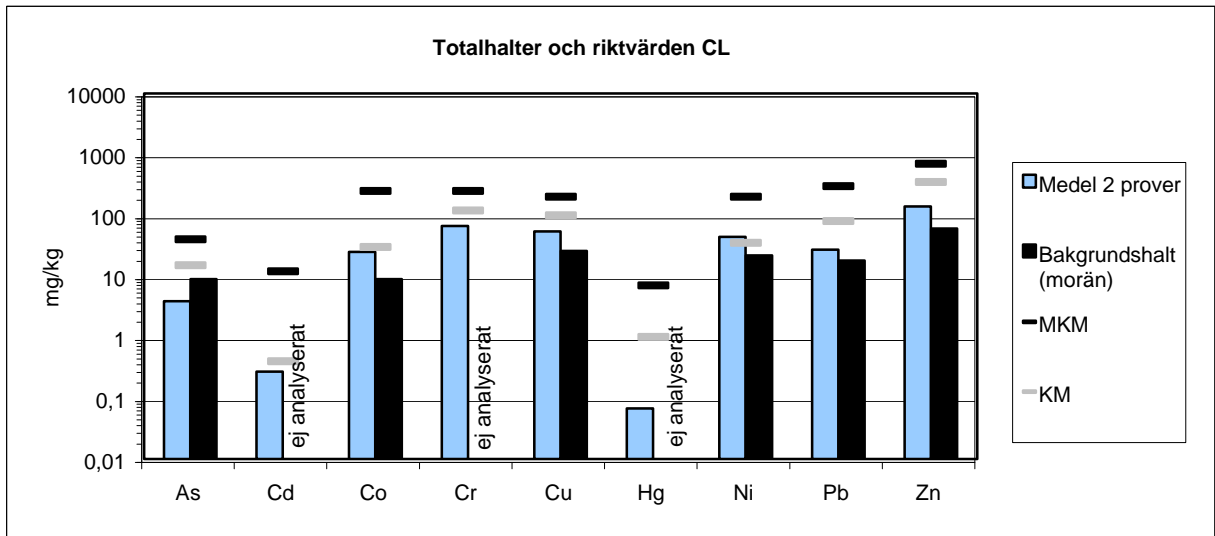


Holmagyttja spårämnen



Totalhalter Metaller				NV rapport 4640 Bakgrundshalter i mark landsbygd	Naturmaterial Totalhalt mg/kg 14 prov	Naturmaterial Tillgängl.test mg/kg 14 prov			
KM	MKM GV	MKM							
mg/kg	mg/kg	mg/kg	90 percentil	10-90 percentil	1) SGI dnr 1- 9601-026, 2) SGI dnr 3- 9608-418	CL	CS	1) SGI dnr 1- 9601-026, 2) SGI dnr 3- 9608-418	
As	15	15	40	9 1-9	0,36 - 68,7	3,91		As	0,16 - 0,73
Cd	0,4	1	12	ej analyserat	0,071 - 0,67	0,272		Cd	0,015 - 0,11
Co	30	60	250	9 2-9	3,10 - 16,9	25,2		Co	0,064 - 1,81
Cr	120	250	250	ej analyserat	31,4 - 196	66,7		Cr	<0,1 - 0,78
Cu	100	200	200	26 5-26	10,2 - 92,7	54,7		Cu	<0,02 - 10,1
Hg	1	5	7	ej analyserat	<0.04-21	0,068		Hg	
Ni	35	150	200	22 4-22	8,68 - 555	44,1		Ni	0,7 - 80,4
Pb	80	300	300	18 <7-18	5,88 - 59	27,4		Pb	0,05 - 7,7
Zn	350	700	700	61 <1-61	28,2 - 224	140		Zn	1,34 - 16,9





Publikationer utgivna av Svensk Djupstabilisering

Arbetsrapport

1. **Arlandabanan, Norra Böjen. Sättningar hos järnvägsbank på kc-pelare (1998)**
Ulf Stjerngren
2. **KC-förstärkning för schakt inom spont, Filipstad Brygge, Oslo (1998)**
Phung Doc Long & Håkan Bredenberg
3. **Inblandningsmekanismer vid djupstabilisering med kalk-, kalk/cementpelare och cementpelare (1998)**
Stefan Larsson
4. **Undersökning av KC-pelare med avseende på dess "homogenitet" (1998)**
Roland Tränk
5. **Bestämning av egenskaper i cellstabiliserad torv (1998)**
Nenad Jelusic, Torbjörn Edstam & Yvonne Rogbeck
6. **Rörelser och portryck vid kalkpelarinstallation Redovisning av mätresultat (1998)**
Åke Johansson
7. **Masstabilisering av väg 590, Askersund (1998)**
Yvonne Rogbeck
8. **KC-pelarförstärkning av instabil slänt. E4, delen Nyland – Ullånger, Västernorrlands län. Åtgärder och mätningar (1998)**
Leiv Viberg, Bertil Eriksson & Stefan Johansson
9. **Grunnforsterkning med kalksementpælar (1999)**
Stein Christensen, Arnstein Watn, Steinar Nordal, Arnfinn Emdal, Torbjørn Lund & Thomas Kristiansen
10. **Dimensioneringsvägledning för djupstabilisering (1999)**
Översättning av Finska Vägverkets klarlägganden 18/1997
11. **Historik och svenska erfarenheter av kalkstabilisering av vägterrasser (1999)**
Stefan Gustafsson
12. **Undersökning i fält av stabiliseringseffekt i organisk jord och lera (2000)**
Tobias Hansson, Yvonne Rogbeck & Leif Säfström
13. **Utvärdering av verksamheten inom Svensk Djupstabilisering. Vetenskaplig uppläggning. Måluppfyllelse av FoU-plan (2000)**
14. **Stabilisering av torv i laboratoriemiljö – utveckling av referensmetod (2000)**
Fredrik Larsson & Stefan Mårtensson
15. **Djupstabilisering med kalk-cementpelare – Provfält (2000)**
Lars O Johansson
16. **Laboratorieinblandning för stabilisering av lera – Referensmetod (2000)**
Torbjörn Edstam
17. **Kalkcementpelarförstärkning för bro – Funktionsuppföljning. Väst kustbanan, delen Sättinge – Lekarekulle. Bro över väg N359U (km 35/603) (2000)**
Marius Tremblay
18. **Kalk- och kalkcementpelare – Jämförelse mellan laboriestabilisering och pelarinstallation (2001)**
Erika Haglund & Evelina Nilsson
19. **Kalkcementpelare i skivor – Modellförsök (2001)**
Jan Honkanen & Johan Olofsson
20. **Stabilisering av torv. Referensmetod för laboratorieinblandning. Steg 1 – Insamling av erfarenheter (2001)**
Ronny Andersson, Arvid Jacobsson & Karin Axelsson
21. **Erfarenhetsbank – Etapp 2: Erfarenhetsåterföring (2002)**
Magnus Karlsson, Göran Holm & Leif Säfström
22. **International Workshop on Deep Mixing Technology for Infrastructure Development – Current Practice & Research Needs (2002)**
Göran Holm
23. **Studie av inverkan av faktorer i blandningsprocessen vid djupstabilisering med kalkcementpelare – Fältförsök i Häby (2002)**
Stefan Larsson, Marcus Dahlström & Bengt Nilsson
24. **Peptisering vid djupstabilisering (2002)**
Matilda Hoffstedt & Sven-Erik Johansson
25. **Stabilisering/solidifiering av förorenad jord – en förstudie (2003)**
Göran Holm
26. **Gränsszon (2003)**
Sven-Erik Johansson
27. **A complementary field study on the uniformity of lime-cement columns – Field tests at Strängnäs (2003)**
Stefan Larsson, Marcus Dahlström & Bengt Nilsson
28. **Stabilisering av torv – ringtest av referensmetod för tillverkning av laboratorieprov (2003)**
Kerstin Pousette
29. **Hållfasthetsfördelning i kalkcementpelare – Fältförsök i Strängnäs (2003)**
Per Hedman & Mari Kuokkanen

Rapport

1. **Erfarenhetsbank för kalk-cementpelare (1997)**
Torbjörn Edstam
2. **Kalktypens inverkan på stabiliseringsresultatet. En förstudie (1997)**
Helen Åhnberg & Håkan Pihl
3. **Stabilisering av organisk jord med cement- och puzzolanreaktioner (2000)**
Karin Axelsson, Sven-Erik Johansson & Ronny Andersson
4. **Provbänk på kalk/cementpelarförstärkt gytta och sulfidhaltig lera i Norrala (1999)**
Rolf Larsson
5. **Masstabilisering (2000)**
Nenad Jelusic
6. **Blandningsmekanismer och blandningsprocesser – med tillämpning på pelarstabilisering (2000)**
Stefan Larsson
7. **Deformation Behaviour of Lime/Cement Column Stabilized Clay (2000)**
Sadek Baker
8. **Djupstabilisering med kalkcementpelare – metoder för produktionsmässig kvalitetskontroll i fält (2001)**
Morgan Axelsson
9. **Olika bindemedels funktion vid djupstabilisering (2001)**
Mårten Janz & Sven-Erik Johansson

10. Mitigation of track and ground vibrations by high speed trains at Ledsgård, Sweden (2002)

Göran Holm, Bo Andréasson, Per-Evert Bengtsson,
Anders Bodare & Håkan Eriksson

11. Miljöeffektbedömning (LCA) för markstabilisering (2003)

Tomas Rydberg & Ronny Andersson



Svensk Djupstabilisering

**c/o SGI, 581 93 Linköping
Tel: 013-20 18 61, Fax: 013- 20 19 14
<http://www.swedgeo.se/sd>**