

LAK- och FILTERFÖRSÖK

Lakbarhet av jord, sediment och konstruktionsmaterial samt filter- och fastläggningsförsök

Rapport nr EKA 2002:5

Bengtsfors kommun

2004-02-20

Författad av

Marie Arnér, WSP Environmental¹
Mikael Eriksson, WSP Environmental¹
Elke Myrhede, Geo Innova AB²
Jan Sundberg, Geo Innova AB²

¹Miljökemi och miljöriskanalys

²Geoteknik, geologi och geohydrologi

Sammanfattning

Lakteter har genomförts på jord, konstruktionsmaterial och sediment från EKA-området i Bengtsfors. Försök har också utförts för att undersöka hur partikelbunden föroreningstransport påverkas vid passage genom fyllningsmaterial samt hur föroreningshalterna påverkas när förorenat vatten passerar sandfilter med varierande kornstorlek.

Utförda tillgänglighetstest på jord visar att flertalet undersökta metaller, inklusive kvicksilver, har högre beräknade fördelningskonstanter mellan fastfas och vätska (K_d -värden) än vad som generellt antas vid Naturvårdsverkets beräkning av generella riktvärden. Detta indikerar en relativt sett lägre lakningsbenägenhet. För bly, koppar och zink är beräknade K_d -värden lägre vilket indikerar en relativt högre spridningspotential. Kolonnförsök visar att metallkoncentrationen i lakvätskan generellt är högre vid låga L/S-kvoter, medan den totala mängden utlakat ämne ökar med ökad L/S-kvot. Baserat på lakning av kvicksilver, indikerar kolonnförsöket att undersökta fastfas prover (7 respektive 260 mg Hg/kg TS) klassificeras som avfall vid ev. deponering. Kompletterande tester över ett större haltintervall erfordras dock för att göra en säkrare bedömning. Försöken tyder inte på att närvaro av tetrakloreten (PCE) påverkar utlakningen av metaller. Utförda tillgänglighetstest och sekventiella lakningsförsök på jord indikerar ökad lakning vid sänkt pH och redox-potential (d v s vid lägre syrekoncentrationer).

Lakbarheten av dioxiner från analyserade jordprover är generellt sett låg. Vid närvaro av höga PCE-halter i grundvatten kan inte högre utlakning av dioxiner uteslutas. I kolonnförsöken var dioxinhalterna i lakvätskan högre vid L/S 10 än vid L/S 2, vilket kan indikera att en högre vattengenomströmning kan ge såväl ökad koncentration som ökad totalt utlakad mängd.

Skakförsök på konstruktionsmaterial (puts, tegel, bruk) visar att lakbarheten av kvicksilver är hög och baserat på lakningsegenskaperna bedöms undersökta prover klassas som farligt avfall med avseende på kvicksilver. Proverna representerade ett haltintervall mellan 32 och 735 mg Hg/kg TS, vilket med hänsyn till uppmätta halter i f a cellhallen troligen leder till att en stor del av konstruktionsmaterialet kommer att klassas som farligt avfall. Övriga undersökta metaller uppfyllde kriterierna för inert avfall. Skaktesterna m a p dioxiner indikerar låg lakbarhet men resultaten bedöms som osäkra.

Lakning av sediment från Bengtsbrohöljen har utförts m a p kvicksilver i reducerande respektive oxiderande miljö. Resultaten indikerar i båda fallen att kvicksilver har låg lakningsbenägenheten. Enligt utförda diffusionsberäkningar sker inget läckage av totalkvicksilver från analyserade sedimentprover, däremot visar beräkningarna att ett läckage av metylkvicksilver kan ske. P g a den stora utspädningen i Bengtsbrohöljen kan detta vara svårt att detektera vid ytvattenprovtagning.

Vid lägre redoxpotentialen och syrenivåerna kan deklorinerings- och metyleringsprocesser öka. Detta kan medföra att PCE omvandlas till bl a vinylklorid och att metylkvicksilver bildas. Dessa förhållanden kan inträffa vid t ex minskad infiltration och minskad grundvattenströmning inom det förorenade området.

I utförda filterförsök observerades att kvicksilverkoncentrationen i förorenat vatten reducerades med mellan 70 och 85 % vid passage genom en kolonn med fyllning från EKA-området. Även dioxinhalterna (summa PCDD och PCDF) reducerades vid passage genom fyllningsmaterialet. Reduktionen varierar mellan 55 % och 94 % och skiljer mellan kongener. En ökning av halten bly och zink (löst eller bundet till partiklar $< 0,45 \mu\text{m}$) observerades dock vid passage genom fyllningsmaterialet. Vid höga halter av kvicksilver, dioxin och metaller i fyllningen minskar den relativa föroreningsreduktionen i det påförda förorenade vattnet.

Vid passage av ofiltrerat och filtrerat förorenat vatten genom sandfilter med medelkornstorlek mellan 0,1 och 0,95 mm reduceras kvicksilverkoncentrationen mellan 95 och >99 % (från ca 80 µg/l till 0,5 µg/l). Haltreduktionen av ”löst” kvicksilver (löst eller bundet till partiklar <0,45µm) är störst vid den minsta kornstorleken. Reduktionen av partikulärt bundet bly, koppar och zink varierar mellan 98 % och >99 %. Ingen eller liten reduktion av löst bly, koppar och zink sker vid passage genom sandfiltren..

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	BAKGRUND	7
2	SYFTE	7
3	FRÅGESTÄLLNINGAR	7
3.1	JORD	7
3.2	SEDIMENT	8
3.3	KONSTRUKTIONSMATERIAL	8
4	GENOMFÖRANDE	8
4.1	JORD	8
4.1.1	Strategi	8
4.1.2	Provtagning	10
4.1.3	Karaktärisering	10
4.1.4	Tillgänglighetstest – oorganiska ämnen	11
4.1.5	Sekventiell lakning – oorganiska ämnen	11
4.1.6	Kolonntest – oorganiska och organiska ämnen	12
4.1.7	Förutsättningar för partikulär föroreningstransport	13
4.1.8	Förutsättningar att hindra partikulär föroreningstransport	14
4.2	SEDIMENT	15
4.2.1	Provtagning och analys	15
4.3	KONSTRUKTIONSMATERIAL	15
4.3.1	Strategi	15
4.3.2	Provtagning	15
4.3.3	Skaktest	15
4.3.4	Analys	15
5	RESULTAT	15
5.1	JORD	16
5.1.1	Karaktärisering	16
5.1.2	Förutsättningar för partikulär partikeltransport	19
5.1.3	Förutsättningar att hindra partikulär föroreningstransport	23
5.1.4	Tillgänglighetstest	24
5.1.5	Sekventiell lakning	26
5.1.6	Kolonntest	28
5.1.6.1	Metaller och andra grundämnen	28
5.1.6.2	Dioxiner	31
5.2	SEDIMENT	34
5.3	KONSTRUKTIONSMATERIAL	34
5.3.1	Skaktest - Metaller	34
5.3.2	Skaktest - dioxiner	35
6	UTVÄRDERING	37
6.1	JORD	37
6.1.1	Förutsättningar för partikeltransport och fastläggning	37
6.1.2	Tillgänglighetstest	38
6.1.3	Sekventiell lakning	38

6.1.4	Kolonnförsök - metaller	38
6.1.5	Spridningsbenägenhet för metaller i jord	38
6.1.6	Kolonnförsök – dioxiner.....	42
6.2	SEDIMENT	42
6.3	KONSTRUKTIONSMATERIAL	42
7	DISKUSSION	42
8	REFERENSER.....	44

BILAGOR

Bilaga 1	Förutsättningar för partikulär föroreningstransport
Bilaga 2	Siktcurvor för jordprover
Bilaga 3	Analysresultat filterförsök
Bilaga 4	Beskrivning sekventiell lakning

FIGURFÖRTECKNING

Figur 4.1	Program för undersökning av utlakning av förorenad jord (tillgänglighetstest, sekventiell lakning och kolonntest).
Figur 4.2	Provgroparnas läge inom EKA-området
Figur 4.3	Försöksuppställning med fyllning.
Figur 5.1.	Resultat från filterförsök med fyllnadsmaterial från Eka-området. Ofiltrerade prover.
Figur 5.2.	Resultat från filterförsök med fyllnadsmaterial från Eka-området, filtrerade vattenprov.
Figur 5.3.	Resultat från filterförsök dioxinanalyser. Blå staplar beskriver summa detekterade dioxin kongener och röda staplar omräknat till summa PCDD/PCDF I-TEQ.
Figur 5.4.	Kongensammansättning i ingående och utgående vatten från filter med fyllning. Observera vattenprov (ng/l) ej omräknat till PCDD/PCDF I-TEQ
Figur 5.5.	Kongensammansättning i motsvarande prov på fyllnadsmaterial (provgrop). Observera fastfasprov (ng/kg TS) ej omräknat till PCDD/PCDF I-TEQ.
Figur 5.6.	In- och utgående vatten från filterförsök med sand. In- och utgående vatten har inte filtrerats genom filter 0,45µm. Observera logaritmisk skala.
Figur 5.7.	In och utgående vatten, filterförsök med sand. Filtrerade vattenprov 0,45 µm.
Figur 5.8a	Sekventiell lakning av jord. Prov E7431
Figur 5.8b.	Sekventiell lakning av jord. Prov E7432
Figur 5.8c.	Sekventiell lakning av jord. Prov E7434
Figur 5.8d.	Sekventiell lakning av jord. Prov E7435
Figur 5.9.	Kolonntester m a p lakbarhet för kvicksilver i jord
Figur 5.10a.	Kolonntester på Samlingsprov med Milli-Q-vatten
Figur 5.10b.	Kolonntester på Samlingsprov med PCE
Figur 5.10c..	Kolonntester på enskilt prov, E7434, med Milli-Q-vatten
Figur 5.10b.	Kolonntester på enskilt prov, E7434, med PCE

TABELLFÖRTECKNING

Tabell 4.1	Sammanställning av uppmätta koncentrationer av tetrakloreten och klorid i grundvatten inom EKA-området.
Tabell 4.2.	Egenskaper för sand som använts i kolonnerna
Tabell 5.1.	Fysikaliska – kemiska data för jord
Tabell 5.2.	Sammanställning över metallhalter i jordproverna E7431 till E7435.
Tabell 5.3.	Halter av dioxiner i samlingsprov på jord respektive stickprov på jord före kolonnförsök
Tabell 5.4.	Halter av övriga ämnen i jord
Tabell 5.5	Föroreningshalter i fyllnadsmaterial i kolonnförsöken
Tabell 5.6.	In- och utgående halter kvicksilver genom filter av fyllnadsmaterial
Tabell 5.7:	Resultat från filterförsök genom sand med avseende på kvicksilver.

- Tabell 5.8a. Tillgänglighet uttrycks som procent av totalhalten av respektive ämne i jord. 100% betyder att lika stor mängd ämne frigörs vid tillgänglighetstestet som vid vanlig totalhaltsanalys
- Tabell 5.8b. Beräkning av nya Kd-värden ur tillgänglighetstester. Kd_{min} = minsta Kd från prov E7431 – E7435
- Tabell 5.9a. Kolontester på grundämnen. Fetstil markerar halter som överskrider kriteriet för inert material. Värdena är korrigerade för respektive L/S-kvot och redovisas som mg ämne i lakvätskan / kg fastfas TS.
- Tabell 5.9b. Kolontester på grundämnen. Fetstil markerar halter som överskrider kriteriet för inert material. Värdena är korrigerade för respektive L/S-kvot och redovisas som mg ämne i lakvätskan / kg fastfas TS.
- Tabell 5.10. EU:s deponikriterier baserat på laktester Halter i mg ämne i lakvätskan / kg fastfas TS
- Tabell 5.11a. Laktester avseende kvicksilver i konstruktionsmaterial vid L/S 2 resp. 10
- Tabell 5.11b. Provbeteckningar
- Tabell 5.12a. Skaktester på konstruktionsmaterial m a p dioxiner urval för TCDF.
- Tabell 5.12b. Skaktester på konstruktionsmaterial m a p dioxiner.
- Tabell 5.13. Prov-id till tabell 5.12b.
- Tabell 6.1. Delområden med tillhörande prover som används i lakförsöken
- Tabell 6.2. Sammanställning av data för kvicksilver inför spridningsuppskattning
- Tabell 6.3a. Data för zink
- Tabell 6.3b. Data för bly
- Tabell 6.3c. Data för koppar

1 BAKGRUND

I anslutning till den nedlagda kloralkalifabriken i Bengtsfors kommun har höga till mycket höga halter av föroreningar, främst kvicksilver och dioxiner, men även PAH:er och perkloretylen (PCE) påträffats i jord och sediment. Naturvårdsverket har anslagit pengar till efterbehandling av området. Inför kommande åtgärder, kompletteras det befintliga underlaget med ytterligare undersökningar av mark, sediment- och grundvatten. Tillsammans med tidigare resultat, kommer detta att utgöra underlag för förnyad riskbedömning, riskvärdering samt val av efterbehandlingsåtgärder.

Föreliggande program omfattar laktester av jord och sediment samt filterförsök som utförs i syfte att ge ett underlag för bedömning av utläckage och spridning av föroreningar i dagsläget och vid olika åtgärdsalternativ. Laktester har även utförts på konstruktionsmaterial som underlag för klassning inför rivning och deponering av förorenat byggnadsmaterial.

2 SYFTE

Syftet med undersökningarna är att inför beräkning av spridning, riskbedömning och utformning av åtgärder bedöma

- lakbarhet av oorganiska och organiska ämnen på kort och lång sikt
- effekter av förhöjda koncentrationer av PCE på lakbarhet av kvicksilver respektive organiska föreningar
- potentiella effekter på lakbarheten vid olika efterbehandlingsåtgärder som kan leda till bl a förändrade pH- och redoxförhållanden
- bedömning av potentialen för partikulär föroreningstransport samt olika barriärers/partikelstorlekars potential att motverka föroreningstransport

3 FRÅGESTÄLLNINGAR

3.1 JORD

Följande frågeställningar har identifierats för föroreningar i jord:

- **Möjlig lakbarhet:** Vilken är den övre gränsen för möjlig lakbarhet av oorganiska ämnen, dvs. den potentiella mängden av ämnen som kan spridas på mycket lång sikt?
- **Lakbarhet på kort och medellång sikt:** Hur stor är lakbarheten av organiska och oorganiska ämnen vid olika L/S-kvoter? Hur varierar lakbarheten över tid? Till vilken deponiklass ska ett eventuellt avfall föras?
- **Samverkans effekter:** Påverkar PCE-koncentrationen i grundvattnet lakbarheten av kvicksilver respektive dioxiner? Hur varierar lakbarheten över tid?
- **Effekter vid olika efterbehandlingsalternativ eller naturliga förändringar:** Hur påverkar förändrade redox- och pH-förhållanden lakbarheten av oorganiska ämnen?
- **Partikulär föroreningstransport:** Hur stor är potentialen för partikulär transport? Hur skall kornfördelningen se ut för att motverka partikulär och kolloidal spridning?

- **Konstruktion av barriär:** Vilken partikelstorlek ska ev. barriärer ha för att optimalt stoppa partikulär föroreningstransport?

3.2 SEDIMENT

Följande frågeställning har identifierats för föroreningar i sediment:

- **Effekter vid olika efterbehandlingsalternativ eller naturliga förändringar:** Hur påverkas lakbarheten av kvicksilver och metylkvicksilver vid mer reducerande eller oxiderande förhållanden?

3.3 KONSTRUKTIONSMATERIAL

Följande frågeställning har identifierats för föroreningar i konstruktionsmaterial:

- **Lakbarhet på kort och medellång sikt:** Hur stor är lakbarheten av organiska och oorganiska ämnen vid olika L/S-kvoter? Till vilken deponiklass ska ett eventuellt avfall föras?

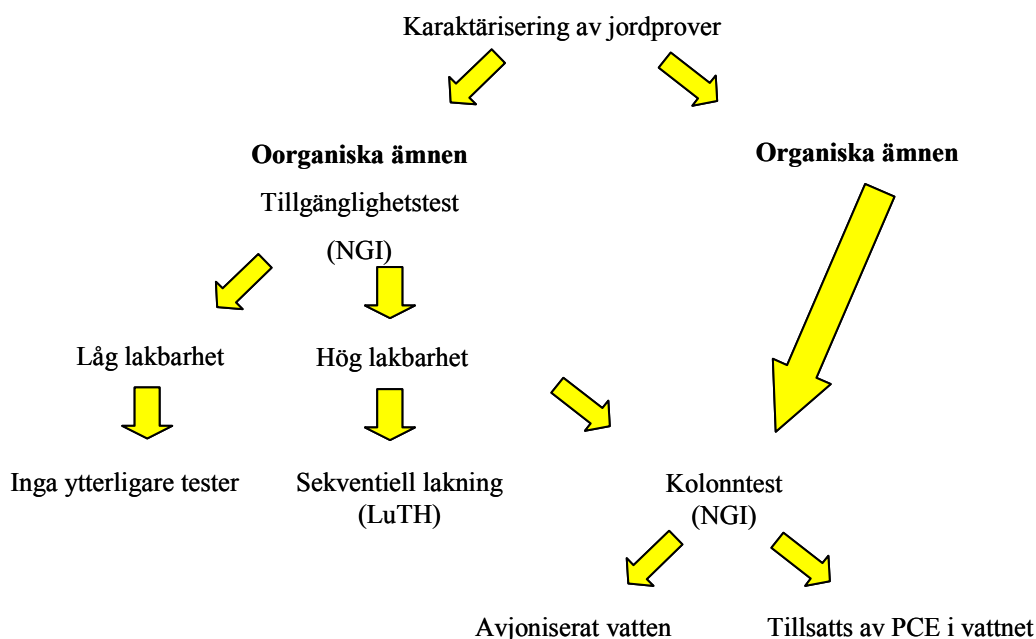
4 GENOMFÖRANDE

4.1 JORD

4.1.1 Strategi

För att om möjligt reducera antalet tester och analyser, genomfördes testerna stegvis enligt Figur 4.1. Beskrivningen av tillgänglighets- och kolonntest följer huvudsakligen Naturvårdsverkets rapport 5207 (2002), med modifikationer anpassade till platsspecifika förhållanden.

Den sekventiella lakningen bygger på en metod framtagen i en doktorsavhandling vid Luleå Tekniska Universitet (Land, 1998). Metoden är relativt ny i Sverige men har använts i stor omfattning utomlands, bl a vid undersökning av deponier.



Figur 4.1. Program för undersökning av utlakning av förorenad jord (tillgänglighetstest, sekventiell lakning och kolonntest). NGI = Norges Geotekniska Institut. LuTH=Luleå Tekniska Högskola.

Jordarna inom området är heterogena, vilket innebär att en inledande *karaktärisering* genomfördes för att beskriva bl a kornstorleksfördelning pH och koncentration av föroreningar (totalhalter).

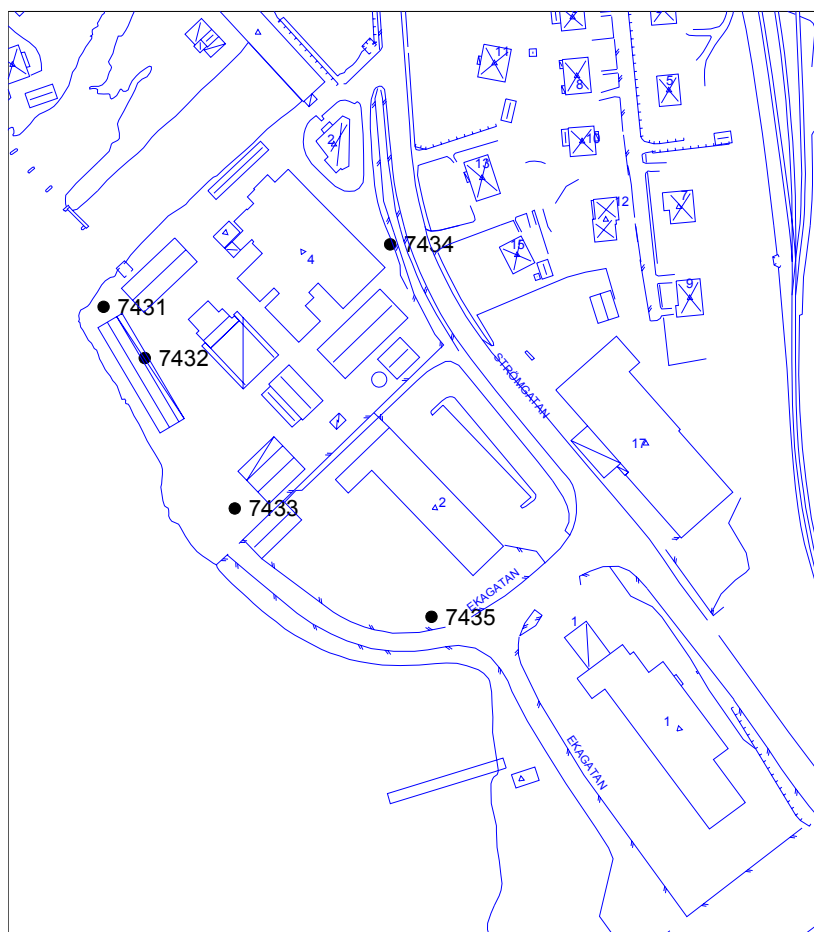
Tillgänglighetstestet beskriver den potentiellt utlakbara mängden av oorganiska ämnen, d v s den mängd som totalt kan laka ut då kornstorlek, alkalinitet, koncentrationsskillnader eller tid inte begränsar utlakningen. Testet anger lakbarheten på lång sikt och kan sägas skatta den övre gränsen för möjlig lakbarhet.

Det *sekventiella laktestet* av oorganiska ämnen är baserat på en femstegsprocedur där det fasta materialet lakas med olika reagenser med separering av vätskan och provmaterialet mellan varje steg. Vätskan från varje steg analyseras med avseende på metallinnehåll, varefter det fasta materialet lakas på nytt i nästa steg. Lakningsstegen representerar olika kemiska miljöer (redox, pH) där lakbenägenheten är olika. Förändrade betingelser kan uppstå vid olika efterbehandlingsalternativ och den potentiella lakbarheten är av vikt för bedömning av olika åtgärder. Försöket ger totalt fem olika värden som fastställer den metallmängd som kan lakas ut under inverkan av upplösnings-, jonbytes-, reduktions-, samt oxidationsprocesser.

Kolonntest beskriver utlakningsförloppet av oorganiska och organiska ämnen på kort och medellång sikt och ger information om sammansättning och variation från första lakvattnet vid låga L/S-kvoter (0,1) upp till L/S 10. Detta är ett av de grundläggande testerna för att bedöma till vilken deponiklass ett avfall ska föras. I detta fall undersöks även om förekomst av höga halter av PCE påverkar utlakningen av oorganiska ämnen (framförallt kvicksilver) respektive organiska ämnen.

4.1.2 Provtagning

Provtagning av jord för laktest har utförts i fem provgropar (provpunkterna 7431-7435) (Figur 4.2). Provgroparna grävdes till ca 1 m djup. Ett samlingsprov representerande schaktbotten togs ut med grävskopan. Proverna förvarades i hinkar med plastlock i kallförråd under vintern och sändes i mars-april för laktester. En mer detaljerad beskrivning av provtagningsförfarandet finns i Eka rapport 2002:7.



Figur 4.2. Provgroparnas läge inom EKA-området.

4.1.3 Karaktärisering

Prover från fem områden karaktäriseras med avseende på följande parametrar:

- Kornstorleksfördelning
- Vatteninnehåll
- TOC (totalt organiskt kol)
- pH och ledningsförmåga
- Kloridkoncentration

- Elementanalys (inkl tungmetaller)
- Volatila föreningar
- Semivolatila föreningar
- Klorerade dibensodioxiner och dibensofuraner

4.1.4 Tillgänglighetstest – oorganiska ämnen

Tillgänglighetstestet utförs enligt NT ENVIRON 003. Tillgänglighetstestet utförs på fem prover (E7443-E7435), med varierande föroreningsgrad och sammansättning. Provmängd ca 1 kg/test. Tillgänglighetstestet utfördes av Norges Geotekniske Institutt och analyserna av Analytica AB.

Ett torkat och nedkrossat/malt prov (minst 95% av provet har en partikelstorlek på mindre än 125 mm) blandas med vatten i två steg:

1. Omrörning i 3 timmar med avjoniserat vatten (L/S 100) där pH justeras kontinuerligt till pH 7 med HNO₃. Provet filtreras. I detta första steg utlakas bl a oxyanjoner som Mo, As, Sb och V.
2. Den filtrerade massan omrörs på nytt i 18 timmar med avjoniserat vatten som justeras kontinuerligt till pH 4 med HNO₃. Proverna filtreras.

Lakvatten från steg 1 och 2 blandas före analys.

4.1.5 Sekventiell lakning – oorganiska ämnen

Testet är baserat på en femstegsprocedure där det fasta materialet lakas med olika reagenser med separering av vätskan och provmaterialet mellan varje steg. Vätskan från varje steg analyseras med avseende på metallinnehåll, varefter det fasta materialet lakas på nytt i nästa steg. Lakningsstegen representerar olika kemiska miljöer (redox, pH) i vilka lakbenägenheten är olika. Försöket ger totalt fem olika värden som fastställer den metallmängd som kan lakas ut under inverkan av upplösnings-, jonbytes-, reduktions-, samt oxidationsprocesser. De olika lakningsstegen beskrivs nedan.

Tester utfördes på fyra prover (E7431, E7432, E7434 och E7435). Provmängd ca 10 g per lakttest. Lena Alakangas, Luleå Tekniska Högskola utförde den sekventiella lakningen och Analytica AB svarade för analyserna.

Steg 1 - Adsorberade och utbytbara metaller

Denna behandling försöker efterlikna effekterna av ett försurningstillstånd. Lakning sker med en natriumacetatbuffert vid pH 5 (Na-acetatbuffert, 30 ml tot). I detta steg frigörs bara de ämnen som är lösliga eller löst adsorberade till materialytorna inklusive de som är bundna till karbonatfaser. Utbytbara fraktioner frigörs genom jonbyte (se laksteg 1 i Land, 1998).

Steg 2 - Labila organiska former

I det andra steget lakas materialet med en lakvätska (Na₄P₂O₇, 110 ml) som frigör de metallföreningar som sitter bundna i labila organiska former. Dessa utgörs av olika former av organiskt material såsom humus- och fulvosyror, levande organismer, etc (se laksteg 2 i Land, 1998).

Steg 3 - Reduktion av Fe/Mn-oxider

I det tredje steget används en starkt reducerande reagens (1 M hydroxylaminhydroklorid - NH₂OH·HCl i 25% ättiksyra - CH₃COOH, 40 ml) som reducerar järn- och mangan-oxider till lösliga, reducerade former, dvs Fe (III) reduceras till Fe (II) och Mn (IV) till Mn (II). Både amorfa järn(oxy)hydroxider och manganoxider frigörs liksom kristallina järnoxider (t ex götit, hematit,

magnetit). Metaller som är bundna till dessa faser samt ytkomplexbundna metaller frigörs därmed. Detta steg anger andelen som kan frigöras om redoxpotentialen sänks betydligt och anoxiska förhållanden råder i materialet (t ex vid hög syrekonsumtionen pga förekomst av mycket organiskt material, se laksteg 4 i Land, 1998).

I viss mån kan frigörelsen av metaller i hydroxidform i det tredje steget snarare ske till följd av den sura miljön (lågt pH-värdet) än den ändrade redoxpotentialen.

Steg 4 - Stabila organiska former

I det fjärde steget används en mildt oxiderande vätska (H_2O_2 och HNO_3 , 50 ml) vilket skall ge svar på den andel som kan lakas ut om materialet befinner sig i en oxisk/syrerik miljö. Detta laksteg oxiderar och löser upp mer svårösligt organiskt material som inte lakats ut i steg 2 (se laksteg 5 i Tessier, 1979), men är mildare än steg 5.

Steg 5 - Sulfider

Det sista lakningssteget består av lakning under starkt oxiderande förhållanden (kaliumklorat - $KClO_3$ i 12 M HCl samt vidare tillsats av 4 M HNO_3 , tot 50 ml), där ämnen som är bundna till sulfider frigörs. Även nedbrytbart organiskt material (som inte lakats ut i steg 4) oxideras och metaller som är bundna till dessa faser löses ut. De kemiska betingelserna i detta steg beskriver hur frigörelsen av metaller ser ut då redoxpotentialen ökar till följd av en tillförsel av syre. Det sista steget är "brutalare" än det näst sista, men löser inte ut den silikatbundna fraktionen (se laksteg 5 i Land, 1998).

4.1.6 Kolonntest – oorganiska och organiska ämnen

Kolonntestet utfördes enligt förslaget till ny europeisk standard metod, prEN 14405, som bygger på NEN 7345 och NT ENVIR 002. Norges Geotekniska Institut genomförde lakningarna och Analytica AB analyserna. Totalt utfördes fyra kolonntest, två med och två utan tetrakloreten (PCE). Jord från provpunkt E7434 samt ett samlingsprov bestående av jord från provpunkterna E7431, E7432 och E7433 utnyttjades. Samlingsprovet bildades för att erhålla tillräcklig provmängd.

Ett krossat, lufttorkat prov lakas i en kolonn där L/S-kvoten ökas kontinuerligt genom att avjoniserat vatten sakta pumpas in från botten av kolonnen. Kolonnens storlek anpassas efter materialets partikelstorlek (diameter 5 cm vid partikelstorlek < 4 mm, diameter 10 cm vid partikelstorlek < 10 mm). Laktestet tar en till två månader beroende på materialet.

Parallella kolonnförsök utförs med lakvätska bestående av avjonat vatten (referens) och avjonat vatten med tillsats av PCE. Utifrån uppmätta halter i analyserat grundvatten från EKA området (Tabell 4.1) har en koncentration av 5 000 $\mu\text{g/l}$ valts. Ca 75% av analyserade prover underskrider denna koncentration, och den motsvarar också ca 1/30 av tetrakloretens löslighet i vatten.

Tabell 4.1. Sammanställning av uppmätta koncentrationer av tetrakloreten i grundvatten inom EKA-området. Enhet $\mu\text{g/l}$.

Max	Min	Medel	Median	90:e percentilen	Antal prover
220 000	0,1	10 234	910	18 000	53

Efter filtrering (oorganiska ämnen) eller (centrifugering/) dekantering (organiska ämnen) togs prov ut från 7 lakvätskefraktioner vid L/S-kvoterna 0,1, 0,2, 0,5, 1, 2, 5 och 10. I första hand analyserades fraktionerna från L/S-kvoterna 2 och 10.

4.1.7 Förutsättningar för partikulär föroreningstransport

Filterförsöken utfördes i form av kolonnförsök. Till försöken behövdes ett kvicksilver- och dioxinförorenat vatten som sakta flödar genom de olika filtermaterialen. Detta tillverkades av förorenat material från Eka-tomtens udde.

Det förorenade vattnet tillverkades på laboratorium genom att fyllnadsmaterial från provgrop 7431 slammades upp i avjonat milli-Q-vatten. Inför tillverkningen gjordes initiala försök med uppslamning för att erhålla ett ”optimalt” vatten. Målet var ett vatten med partiklar eller kolloider i suspension och en kvicksilverhalt kring 100 µg/l. De initiala testerna utfördes för att bestämma vilket L/S (förhållandet mellan vätska och fast fas) skulle användas och hur länge lösningen skulle få vila innan ett kolloidhaltigt vatten skulle dekanteras av. De initiala försöken utfördes vid L/S 10 och L/S 20. Tester gjordes med olika längder av sedimentation (i kylrum) 24 och 48 timmar. Förorenat vatten med halter kring 100 µg/l kvicksilver tillverkades genom att material från grop 7431 skakades vid L/S 20 och vila 24 h varefter ca 50-70 % av vattnet med det uppslammade materialet kunde dekanteras. Vattnet förvarades i kylrum inför försöken.

Ett partikelinnehållande vatten med kvicksilver och dioxinförorening förs genom en kolonn med fyllnadsmaterial från Eka-området. Se försöksuppställning i figur 4.3. Inkommande vatten leds från en tät behållare och med omrörare i botten för att hålla små partiklar i suspension, in i kolonnen underifrån. Vattnet strömmar sedan genom filtermaterialet nerifrån och upp. Utgående vatten från filter materialet pumpades via en tunn slang upp till ett uppsamlingskärl. Ingen vattenyta blir stående i toppen av filtret. Vid uttag av prov har ett delprov filtrerats genom 0,45 µm filter (cellulosanitrat). Före filtrering var flera vattenprov grumliga. Efter filtrering erhöles endast klara vatten. Analys har utförts på både ofiltrerade och filtrerade prover. Försöken har utförts av SGI:s miljögeotekniska laboratorium och analyserna av Analytica. Se även beskrivning av försöken i bilaga 1.

Två olika fyllnadsmaterial från Eka-området användes i kolonnförsöken, 7432 och 7435. Fyllnadsmaterialen som använts i kolonnerna har analyserats med avseende på kornstorleksfördelning genom siktning.



Figur 4.3. Försöksupställning med fyllning.

4.1.8 Förutsättningar att hindra partikulär föroreningstransport

Försöken med sandfilter har utförts på motsvarande sätt som ovan beskrivna försök med fyllningsfilter. Tillverkning av ingående vatten utfördes på samma sätt som beskrivits i avsnitt 4.1.7 I tabell 4.2 visas sandfiltrens egenskaper.

Tabell 4.2. Egenskaper för sand som använts i kolonnerna.

	Baskarpsand 10	Baskarpsand 55	Baskarpsand 95
Mediankornstorlek d50	0,10 mm	0,55 mm	0,95 mm
d10	0,04 mm	0,32 mm	0,55
d90	0,177 mm	0,707 mm	1,41
Finjordshalt <0,063 mm	12 %	0 %	0 %
glödförlust	0,40 %	0,29 %	0,40 %

4.2 SEDIMENT

4.2.1 Provtagning och analys

Parallella lakttester utförs i syfte att studera kvicksilver och metylkvicksilvers mobilitet under olika oxiderande och reducerande förhållanden. Totalkvicksilver och metylkvicksilver analyserades i sediment, porvatten och lakvätskor. Lakttest och analyser utfördes av IVL. För en mer detaljerad beskrivning, se EKA 2002:21.

4.3 KONSTRUKTIONSMATERIAL

4.3.1 Strategi

Höga halter av kvicksilver och dioxiner har påträffats vid undersökningar av konstruktionsmaterial i ”Cellhallen”. Inför en eventuell rivning finns behov av information om hur ett eventuellt avfall ska klassificeras.

Kompletterande analys av kvicksilver- och dioxinkoncentrationer har utförts olika typer av konstruktionsmaterial, därefter har skaktest utförts för att erhålla information för klassificering av rivningsavfall.

4.3.2 Provtagning

I ett första steg undersöks samlingsprov, bestående av ca 5 delprov vardera. Ytliga prover tas där tidigare undersökning visat höga föroreningshalter. Provmängden ca 2 kg/material

Följande material undersöks:

- Puts
- Betong
- Tegel

4.3.3 Skaktest

Inför test krossas provet så att >95 % har en partikelstorlek på < 4 mm. Två L/S-kvoter (L/S 2 och L/S 10).

Skaktestet utförs enligt EN12457-3 av Norges Geotekniske Institutt och Analytica AB svarade för analyserna.

4.3.4 Analyser

Prov analyseras efter filtrering m a p metaller (ICP) och PCDD/PCDF (högupplösande GC-MS).

5 RESULTAT

Nedan redovisas resultaten från olika lakttester som utförts på jord och konstruktionsmaterial från EKA-området i Bengtsfors.

Lakttester används generellt för att dels bedöma mängden ämnen som är tillgängliga för exempelvis spridning via yt- och grundvatten från förorenade områden och dels för att beräkna nya fördelningskonstanter (Kd) för påträffade ämnen. Fördelningskonstanterna används senare i riskbedömningarna. Samtliga analyser på vattenprover m a p metaller har filtrerats med 0.45-µm-filter om inte annat angetts. Övriga prover har fått sedimentera för dekantering.

5.1 JORD

5.1.1 Karaktärisering

Fem jordprover har använts i tillgänglighetstesterna och fyra av dessa prover har använts i testerna för sekventiell lakning. Ursprungshalterna i jord avseende metaller och dioxiner före lakningen redovisas i tabellerna nedan. Observera att det inte kan uteslutas att koncentrationerna av analyserade ämnen avviker i de delprover som uttagits för de lak- och filtertester.

Det är stor spridning mellan de olika proverna, speciellt avseende koppar, bly, kvicksilver och dioxiner. För övriga ämnen (både metaller och organiska) är variationen mindre. Detta beror på att endast PAH:er har påträffats i detekterbara halter medan övriga ämnen ofta inte detekterats.

För provgrop 7432 finns två analyser och här kan en stor spridning för de flesta metaller se särskilt bly och kvicksilver. Även avseende dioxin kan samma iakttagelse göras för 7432.

Tabell 5.1. Fysikaliska – kemiska data för jord

Parameter		E7431	E7432	E7433	E7434	E7435
konduktivitet	mS/m	96	31	260	2	3.8
pH	-	8.4	8.5	12.1	8.3	8.1
klorid	mg/kg TS	39	17	460	21	23

Tabell 5.2. Sammanställning över metallhalter i jordproverna E7431 till E7435. Alla analyserade metaller.

[mg/kg TS]	E7431	E7432	E7433	E7434	E7435	E7431, E7432, E7433
TS %	74	75	63.8	92	86	77
Ca	ea	ea	ea	ea	ea	ea
Fe	ea	ea	ea	ea	ea	ea
K	ea	ea	ea	ea	ea	ea
Mg	ea	ea	ea	ea	ea	ea
Na	ea	ea	ea	ea	ea	ea
S	ea	ea	ea	ea	ea	ea
Al	ea	ea	ea	ea	ea	ea
As	3.6	<3	4.3	<1	1.4	14
Ba	ea	ea	ea	ea	ea	ea
Cd	0.9	<0.1	0.2	<0.1	0.07	1,4
Co	3.6	<2	2.4	2.6	4.0	6
Cr	4.2	4.5	2.7	4.8	14	7,8
Cu	158	527	14	13	12	81
Hg	721	186	0.7	6.7	2.8	263
Mn	824	207	320	94	286	ea
Ni	21	4.1	2.7	5.0	7.6	34
Pb	398	22100	201	27	23	5000
Zn	519	75	77	40	49	340

ea = ej analyserat

Tabell 5.3. Halter av dioxiner i samlingsprov på jord respektive stickprov på jord före kolonnförsök.

[ng/kg TS]	E7431	E7432	E7433	E7434	E7435	E7431, E7432, E7433
TS%	74.2	75.1	63.8	91.8	85.6	75,9
2,3,7,8-tetraCDD	<30	<30	<30	<30,0	<30,0	<8
1,2,3,7,8-pentaCDD	<60	<60	<60	<60,0	<60,0	<10
1,2,3,4,7,8-hexaCDD	150	<100	<100	<100	<100	<20
1,2,3,6,7,8-hexaCDD	3400	220	<100	<100	<100	1100
1,2,3,7,8,9-hexaCDD	490	<100	<100	<100	<100	76
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDD	3000	530	630	<200	200	1200
oktakilordibensdioxin	2500	3600	4200	<400	2000	3000
2,3,7,8-tetraCDF	21000	7000	110000	940	21000	23000
1,2,3,7,8-pentaCDF	11000	2400	20000	210	3500	7900
2,3,4,7,8-pentaCDF	7100	2900	18000	300	4100	6600
1,2,3,4,7,8-hexaCDF	15000	4600	14000	320	3100	9000
1,2,3,6,7,8-hexaCDF	3200	990	2100	100	470	2000
1,2,3,7,8,9-hexaCDF	310	150	320	<100	<100	370
2,3,4,6,7,8-hexaCDF	780	240	1300	<100	250	900
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDF	5300	1500	8300	<200	570	3800
1,2,3,4,7,8,9-heptaCDF	1500	490	700	<200	200	770
oktakilordibensfuran	2400	960	1800	<400	460	1300

Tabell 5.4. Halter av övriga ämnen i jord

Övriga ämnen	E7431	E7432	E7433	E7434	E7435
fraktion >C10-C12	<5,0	<5,0	<5,0	22	<5,0
fraktion >C12-C16	<5	<5	<5	110	<5
fraktion >C16-C35	81	110	130	1100	15
bensen	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
toluen	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
etylbenzen	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
summa xylener	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
summa TEX	<0,085	<0,085	<0,085	<0,085	<0,085
styren	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
naftalen	0.21	0.29	0.71	0.15	0.96
acenaftylen	<0,10	0.18	0.72	<0,10	<0,10
acenaften	0.087	0.064	0.32	<0,015	0.038
fluoren	0.076	0.069	0.64	<0,015	0.034
fenantren	1.9	2	10	0.073	0.17
antracen	0.49	0.63	4.5	<0,020	0.042
fluoranten	3.9	6.1	24	0.27	0.54
pyren	3.1	6	20	0.26	0.46
*bens(a)antracen	2.3	2.5	10	0.15	0.26
*krysen	2.5	3.1	12	0.2	0.3
*bens(b)fluoranten	3.4	4	13	0.59	0.52
*bens(k)fluoranten	1.7	2.1	5.9	0.12	0.26
*bens(a)pyren	2.2	2.9	10	0.18	0.32
*dibens(ah)antracen	0.5	0.5	1.9	<0,010	0.044
benso(ghi)perylen	1.7	1.8	5.9	0.18	0.24
*indeno(123cd)pyren	2.5	2.6	8.4	0.26	0.3
summa 16 EPA-PAH	27	35	130	2.4	4.5
*PAH cancerogena	15	18	62	1.5	2
PAH övriga	11	17	67	0.93	2.5
diklormetan	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80
1,2-diklorethan	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
1,2-diklorpropan	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
triklormetan	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
tetraklormetan	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Övriga ämnen	E7431	E7432	E7433	E7434	E7435
1,1,1-trikloreten	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
1,1,2-trikloreten	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
trikloreten	0.043	0.043	<0,010	<0,010	<0,010
tetrakloreten	1.1	0.14	<0,020	<0,020	<0,020
monoklorbensen	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
diklorbensener	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
1,2,3-triklorbensen	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
1,2,4-triklorbensen	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
1,3,5-triklorbensen	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
1234-tetraklorbensen	<0,090	<0,090	<0,090	<0,090	<0,090
1235-tetraklorbensen	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
pentaklorbensen	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
hexaklorbensen	0.027	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2-monoklorfenol	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
3-monoklorfenol	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
4-monoklorfenol	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
2,3-diklorfenol	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
2,4-diklorfenol	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
2,6-diklorfenol	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
3,4-diklorfenol	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
3,5-diklorfenol	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
2,3,4-triklorfenol	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
2,3,5-triklorfenol	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
2,3,6-triklorfenol	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
2,4,5-triklorfenol	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
2,4,6-triklorfenol	2.9	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
3,4,5-triklorfenol	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
2,3,5,6-tetraklorfenol	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
2,3,4,5-tetraklorfenol	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
pentaklorfenol	7.6	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
pcb 28	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
pcb 52	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
pcb 101	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
pcb 118	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
pcb 138	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
pcb 153	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
pcb 180	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
summa 7 st pcb	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
o,p'-DDT	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
p,p'-DDT	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
o,p'-DDD	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
p,p'-DDD	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
o,p'-DDE	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
p,p'-DDE	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
aldrin	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
dieldrin	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
endrin	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
isodrin	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
telodrin	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
a-HCH	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
b-HCH	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
lindan	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
heptaklor	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
cis-heptaklorepoxi	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
trans-heptaklorepoxi	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
a-endosulfan	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

5.1.2 Förutsättningar för partikulär partikeltransport

Föroreningshalter i fyllningsmaterialen som använts i försöken framgår av tabell 5.5. Siktningarna (se bilaga 2) visar att finjordshalten var större i 7435 (8,5 %) än i 7432 (3,1 %). 45,6 % har mindre kornstorlek än 1 mm i provet från 7435 respektive 33,3 % i prov från 7432. Detta innebär att fyllnadsjorden från 7435 är mer finkornig än fyllnadsjorden från 7432.

Tabell 5.5 Föroreningshalter i fyllnadsmaterial i kolonnförsöken

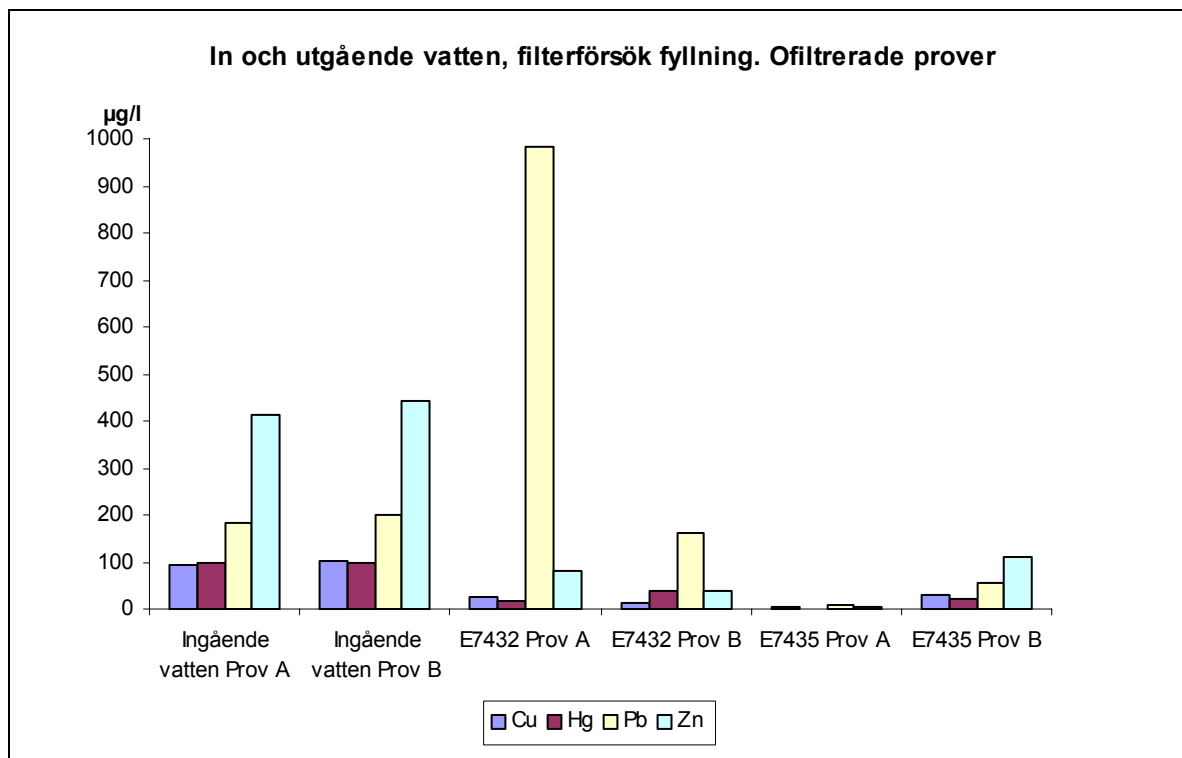
	Hg mg/kg TS	Pb mg/kg TS	Cu mg/kg TS	Zn mg/kg TS	S:a PCDD/PCDF I-TEQ ng/kg TS
7431 tillverkning av lakvatten	721	398	158	519	8636
7432 kolonn	186	22100	527	75	2920
7435 kolonn	2,76	23	12,2	49	22874

Kvicksilverhalten i det tillverkade vattnet var ca 98 µg/l (ofiltrerat). Löst kvicksilver eller bundet till partiklar mindre än 0,45 µm förekom i halter kring 5 µg/l. I tabell 5.6 redovisas resultaten från filterförsöken med fyllnadsmassor. Av tabellen framgår att största reduktionen av kvicksilver sker i fyllnadsmaterialet från provgröp 7435. Detta material har en större finjordshalt än fyllningen från provgröp 7432. Även reduktionen av kvicksilver i filtrerade prover var större i 7435 än i 7432. I figur 5.1 -5.2 redovisas diagram över resultat från filterförsöken. I bilaga 3 finns alla analysresultat.

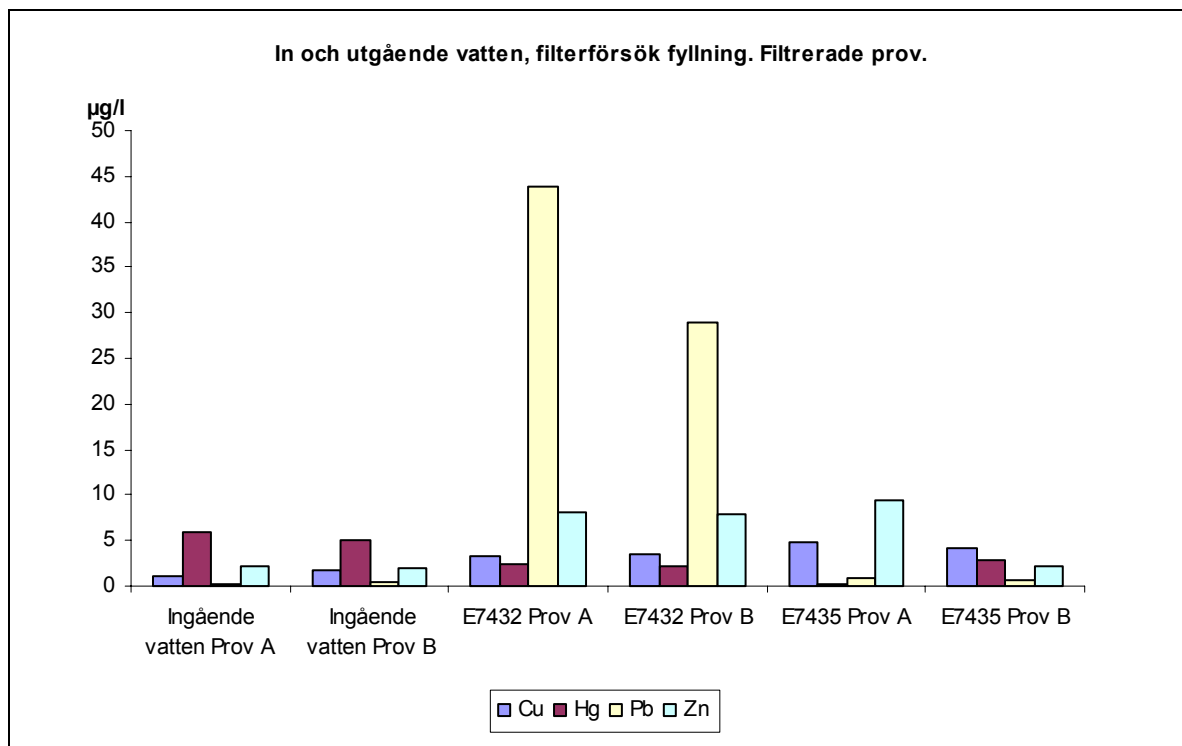
Resultaten visar att utlakning av bly sker från fyllningsmaterialen, framförallt från 7432. Materialet från provgröp 7432 har också en mycket hög halt bly. Ingående halter partikelburen zink är också förhöjda men halterna reduceras över filtren. Löst zink ökar dock.

Tabell 5.6. In- och utgående halter kvicksilver genom filter av fyllnadsmaterial. Vattenproverna analyserades ofiltrerade och filtrerade genom 0,45 µm cellulosafilter.

	Ingående		Utgående		E7435		
	halt	E7432	Reduktion	Reduktion	Halt		Reduktion
	µg/l	µg/l	µg/l	%			%
A ofiltrerat	97,30	15,80	81,50	83,76	1,14	96,16	98,83
A filtrerat	5,93	2,32	3,61	60,88	0,27	5,66	95,41
B ofiltrerat	98,30	36,50	61,80	62,87	23,00	75,30	76,60
B filtrerat	4,94	2,27	2,67	54,05	2,89	2,05	41,50
medel ofiltrerat	97,80	26,15	71,65	73,26	12,07	85,73	87,66
stdav ofiltrerat	0,71	14,64			15,46		
medel filtrerat	5,44	2,30	3,14	57,77	1,58	3,85	70,91
stda filtrerat	0,70	0,04			1,85		

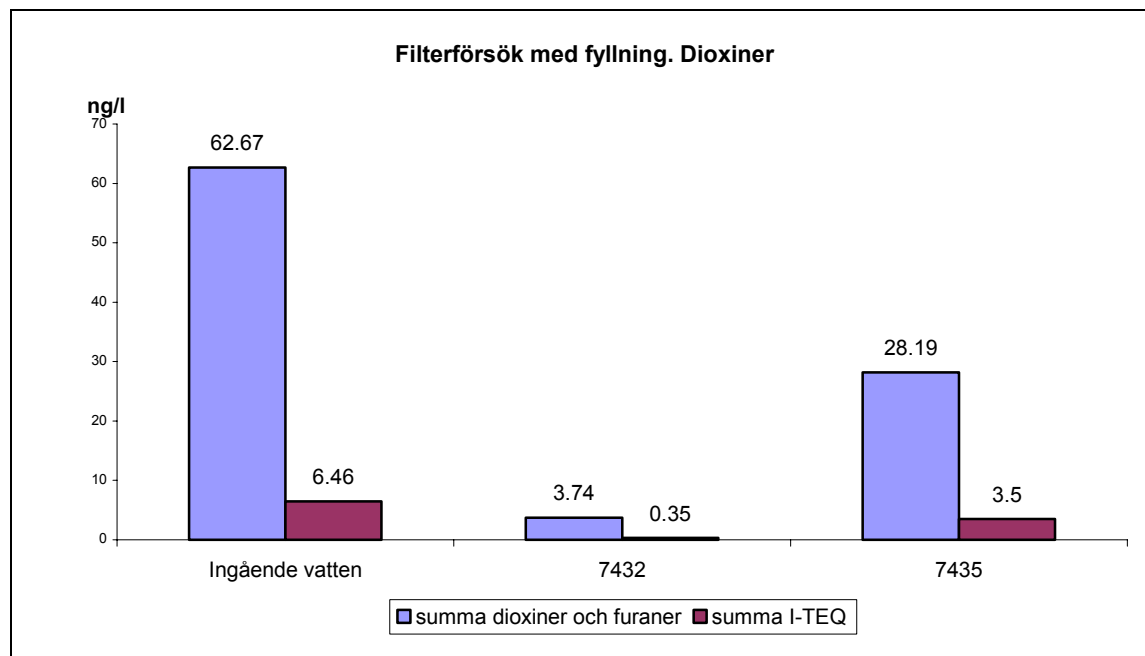


Figur 5.1. Resultat från filterförsök med fyllnadsmaterial från Eka-området. Ofiltrerade prover.



Figur 5.2. Resultat från filterförsök med fyllnadsmaterial från Eka-området, filtrerade vattenprov.

Ett vatten från varje kolonn och ingående vatten analyserades med avseende på dioxiner. Summa dioxiner och furaner och omräknade halter till Summa PCDD-/PCDF, ITEQ visas i diagram i figur 5.3.

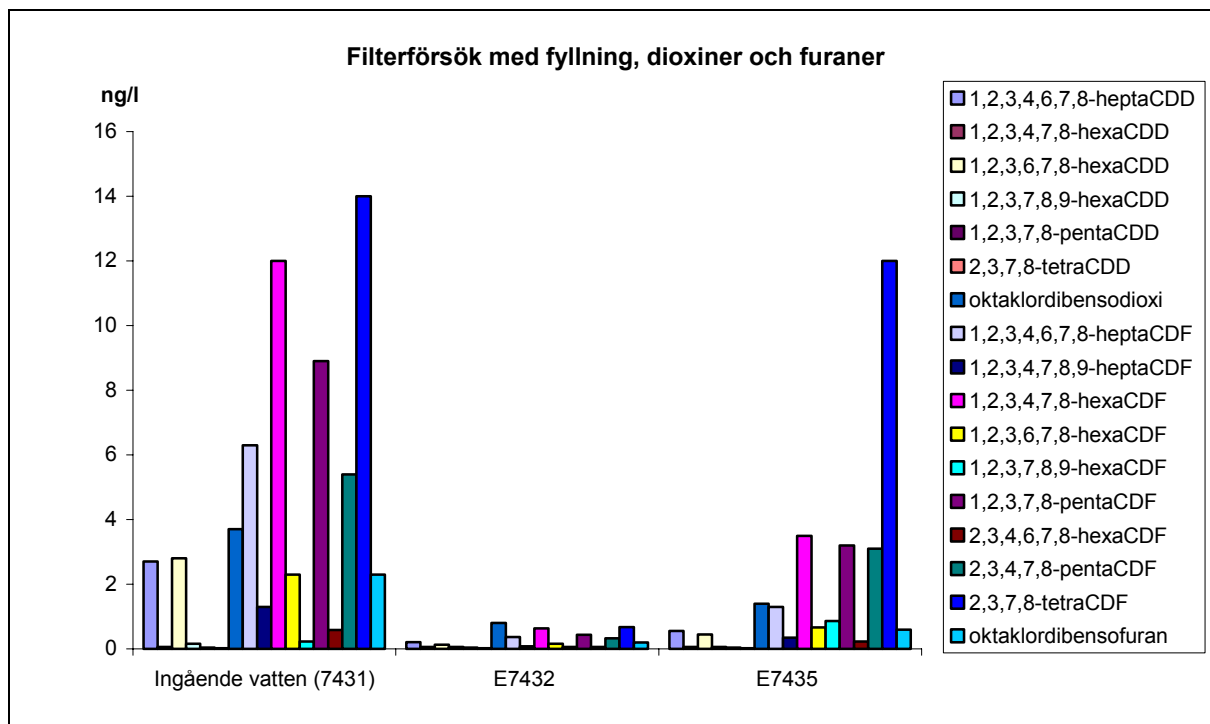


Figur 5.3. Resultat från filterförsök dioxinanalyser. Blå staplar beskriver summa detekterade dioxin kongener och röda staplar omräknat till summa PCDD/PCDF I-TEQ.

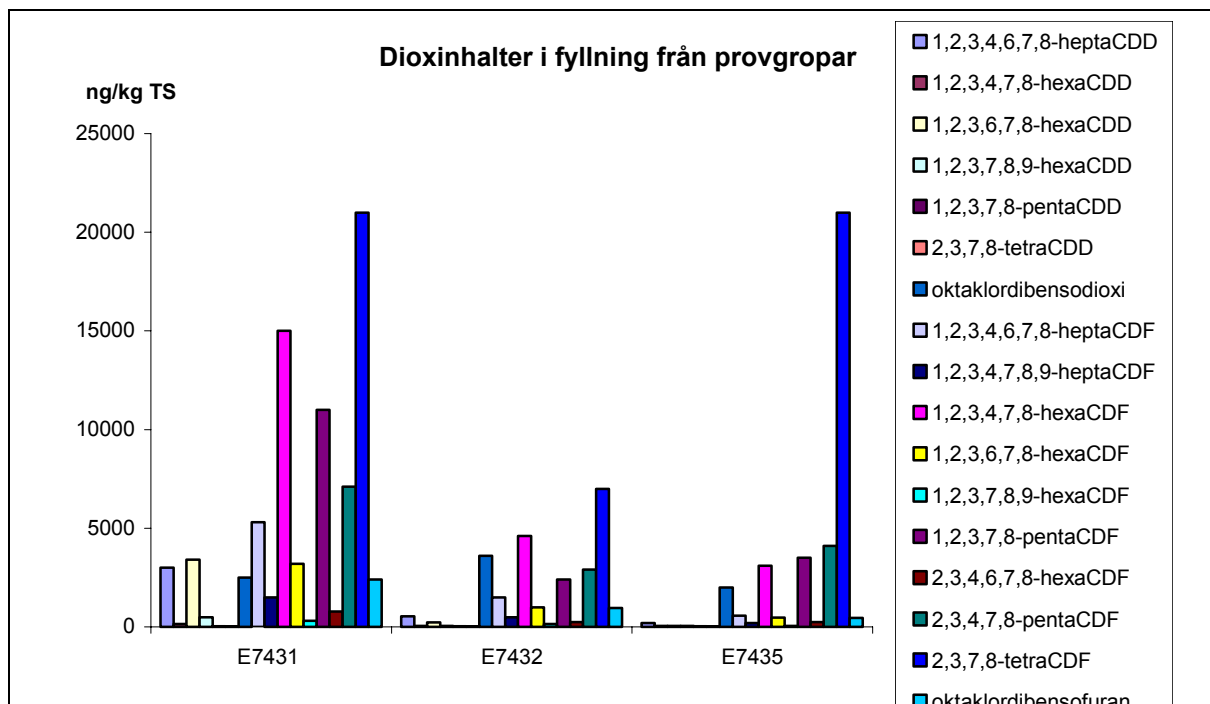
Resultaten visar att materialet från provgröp 7435 reducerar dioxiner sämre än materialet från 7432 trots att det reducerar kvicksilver bättre och har mer finkornig kornstorlekssammansättning. Av tabell 1 framgår att summa PCDD/PCDF ITEQ är störst i provet från 7435. I figur 5.4 och 5.5 visas diagram över dioxinernas kongensammansättning i vatten från filterförsök (figur 5.4) och fyllningens kongensammansättning (figur 5.5). Observera att det inte är möjligt att jämföra halter men däremot kan dioxinernas kongensammansättning jämföras med avseende på mönstret i diagrammen.

I ingående vatten till kolonnerna var tre kongener under detektionsgräns (2,3,7,8-tetraCDD, 1,2,3,7,8-pentaCDD, 1,2,3,4,7,8-hexaCDD). För halterna i utgående vatten hamnade även 1,2,3,7,8,9-hexaCDD under detektionsgräns för båda kolonnerna. För kolonn 7432 kom ytterligare 4 kongener under detektionsgräns, alla var furaner. Halterna i försöken har varit så pass höga att detektionsgränsen inte har försvårat utvärderingen särskilt mycket.

Eftersom dataunderlaget är begränsat till en analys per försöksupställning kan inte långtgående slutsatser dras avseende reduktion per kongen. Vid försöket med 7432 erhöles den minsta reduktionen för oktaklordibensodioxin medan försöket 7435 har minsta reduktionen (endast ca 15 %) för 2,3,7,8- tetra CDF. Högsta halten för kongener hade 2,3,7,8- tetra CDF i alla tre fyllnadsmaterialen.



Figur 5.4. Kongensammansättning i ingående och utgående vatten från filter med fyllning. Observera vattenprov (ng/l) ej omräknat till PCDD/PCDF I-TEQ



Figur 5.5. Kongensammansättning i motsvarande prov på fyllnadsmaterial (provgröpar). Observera fastfasprov (ng/kg TS) ej omräknat till PCDD/PCDF I-TEQ.

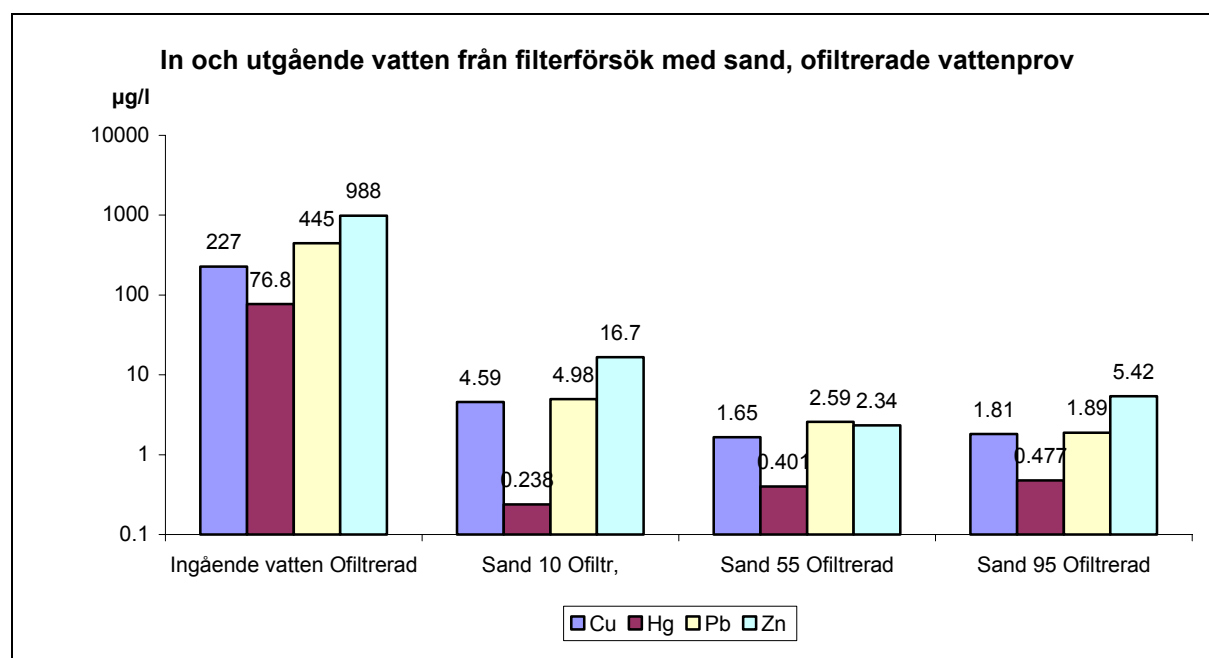
5.1.3 Förutsättningar att hindra partikulär föroreningstransport

Resultat från filterförsöken med avseende på kvicksilver redovisas i tabell 5.7. Reduktion över filtret med avseende på koppar, kvicksilver, bly och zink redovisas i figur 5.6 (ofiltrerade vattenprov) och 5.7 (filtrerade vattenprov). Resultaten visar att den finkornigaste sanden (Sand 10) reducerar kvicksilvret bäst. Sand 55 och 95 reducerade kvicksilver med över 99 % och halten sjönk från 77 µg/l till under 0,5 µg/l.

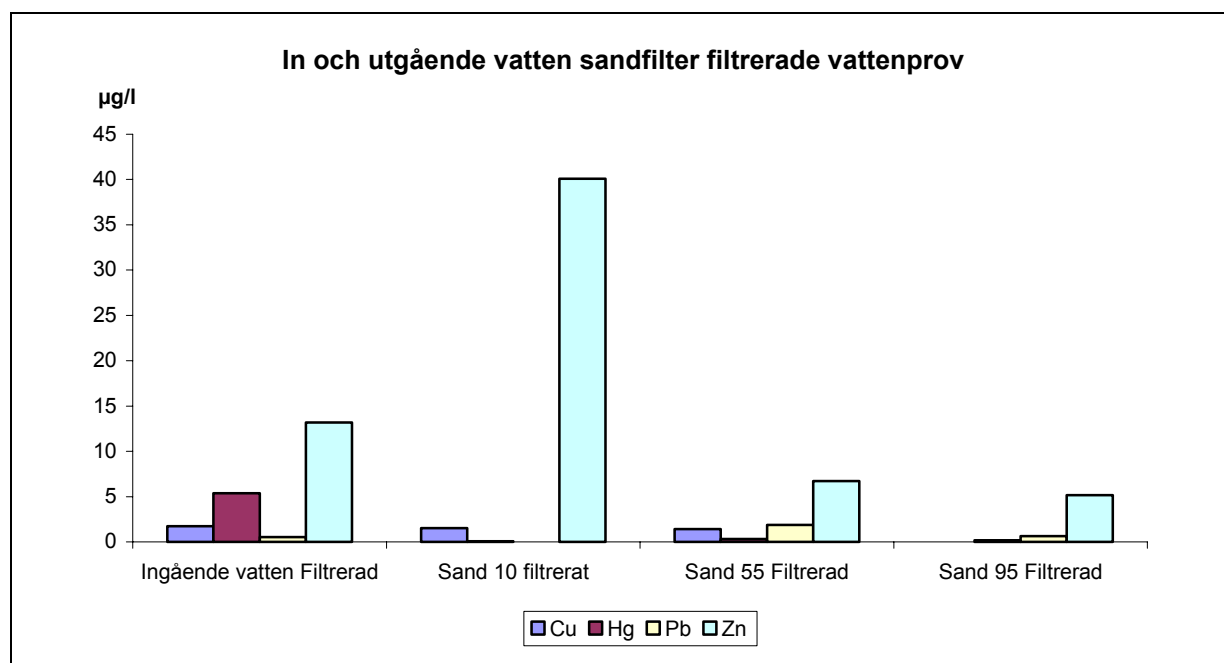
Reduktionen för koppar, bly och zink var mellan 98 % till >99 % genom alla sandfiltren. Det går inte att urskilja att kornstorleksfördelningen har betydelse för reduktion av koppar, bly och zink. För kvicksilver finns en tendens till ökande halter i utgående vatten med grövre filtermaterial.

Tabell 5.7: Resultat från filterförsök genom sand med avseende på kvicksilver.

		Filtrerad	Ofiltrerad	
Ingående vatten	Halt	µg/l	5,38	76,80
Sand 10	Halt	µg/l	0,06	0,24
	Reduktion	µg/l	5,32	76,56
	Reduktion	%	98,80	99,69
Sand 55	Halt	µg/l	0,31	0,40
	Reduktion	µg/l	5,07	76,40
	Reduktion	%	94,24	99,48
Sand 95	Halt	µg/l	0,18	0,48
	Reduktion	µg/l	5,20	76,32
	Reduktion	%	96,62	99,38



Figur 5.6. In- och utgående vatten från filterförsök med sand. In- och utgående vatten har inte filtrerats genom filter 0,45µm. Observera logaritmisk skala.



Figur 5.7. In och utgående vatten, filterförsök med sand. Filtrerade vattenprov 0,45 µm.

För filtrerade prover i filterförsöken för sand kan noteras att utgående halter ibland är högre än ingående halter för bly och zink. Förhållandet kan bero på variation i ingående vatten.

5.1.4 Tillgänglighetstest

Tillgänglighetstestet utfördes på 5 jordprover enligt tabell 5.8a nedan. Resultaten redovisas som procent tillgänglighet jämfört med totalextraktion, d v s procent av den mängd som erhålls vid en vanlig analys.

Resultaten visar att arsenik och kvicksilver ligger avsevärt lägre i tillgänglighet jämfört med totalhaltsanalyserna, medan kobolt, mangan, nickel, zink och koppar uppvisar stor variation och för vissa prover till och med uppvisar samma halter som vid totalhaltsbestämningen. Kadmium uppvisar dessutom egenskaper som högre tillgänglighet i flera prover vid laktestet än vid totalhaltsanalysen.

För prov E7432 och E 7435 blev andra laksteget vid tillgänglighetstestet avsevärt surare än avsett. Istället för pH 4 hamnade pH på ca 2. Detta kan förklara att vissa ämnen ligger på ca 100 % i tillgänglighet jämfört med totalanalyserna. Det bör även noteras att prov E7433 har ett högt pH (~12) och en förhöjd konduktivitet jämfört med övriga prover. Det inte kan uteslutas att koncentrationerna av analyserade ämnen i delprover för tillgänglighetstestet avviker från redovisad fastfas koncentration.

Det kan också konstateras att koncentrationen av kvicksilver, kadmium, bly och zink i lakvätskan överskred dricksvattennormen i 40, 60, 100 respektive 40 % av tillgänglighetstesten.

Tabell 5.8a. Tillgänglighet uttrycks som procent av totalhalten av respektive ämne i jord. 100 % betyder att lika stor mängd ämne frigörs vid tillgänglighetstestet som vid vanlig totalhaltsanalys.

Prov_id	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
E7431	3	83	34	7	18	1	53	24	6	41
E7432	3	110	61	32	2	2	97	82	46	37
E7433	9	101	30	28	37	1	107	78	5	70
E7434	10	51	21	16	41	0.04	44	34	26	15
E7435	7	141	22	22	130	0.07	51	28	100	30

Tillgänglighetstesterna är utförda vid L/S 100. För att kunna klassa materialet som avfall eller farligt avfall bör laktester utföras vid L/S 2 respektive L/S 10. Vid beräkning av nya Kd-värden antas jämvikt föreligga i systemet. Detta innebär att halten i lakvätskan uttryckt som mg/l antas vara konstant oavsett L/S-kvot.

Kd är ett ämnes fördelning mellan fast fas och vattenfas för metaller enligt följande:

$$Kd = [\text{halten i fast fas, mg/kg}] / [\text{halten i vätskefasen, mg/l}] \text{ vid jämvikt.}$$

I formeln för Kd förutsätts även att 100% av ett ämne i fastfasen är tillgängligt, och att det inte finns någon begränsning i frisättning (desorption).

Kd har enheten liter per kg. Ett Kd-värde högre än ett (1) innebär att ämnet föredrar den fasta fasen jämfört med vätskefasen. Ett högt Kd innebär därmed att ämnet binder till en fast fas snarare än förekommer i löst form i vattenfasen. En förändring av förhållanden så att Kd ändras leder därmed till en förändring som är proportionell mot lösligheten av respektive ämne.

I tabell 5.8b nedan har Kd-värden för analyserade tungmetaller beräknats utifrån resultat av fastfasanalys och tillgänglighetstest. I samtliga fall utom för koppar, bly och krom ligger beräknade Kd-värden högre än respektive generellt antagna värde som använts vid framtagande av generella riktvärden (NV rapport 4639). För koppar, bly och krom är lösligheten högre i studerade prover än vad som antas i ett generellt fall. För kvicksilver däremot ligger Kd-avsevärt högre än det generella Kd-värdet vilket talar för lägre lakningsbenägenhet.

Tabell 5.8b. Beräkning av nya Kd-värden ur tillgänglighetstester. Kd-min = minsta Kd från prov E7431 – E7435

Ämnen	E7431	E7432	E7433	E7434	E7435	Kd-min ^a	Kd-median ^b	Kd-max ^c	Generellt Kd [*]
As	3650	3000	1106	1000	1343	1000	1343	3650	30
Cd	121	91	99	198	71	71	99	198	30
Co	291	165	330	487	462	165	330	487	100
Cr	1367	311	360	607	449	311	449	1367	2000
Cu	570	4583	270	246	77	77	270	4583	500
Hg	7433	6098	17632	255513	138000	6098	17632	255513	200
Ni	423	123	128	293	363	123	293	423	100
Pb	1549	219	2012	391	100	100	391	2012	1000
Zn	241	271	143	654	331	143	271	654	100

* NV rapport 4639

a) Kd-min = lägsta Kd från proverna E7431 – E7435

b) Kd-median = medianen av Kd från proverna E7431 – E7435

c) Kd-max = största Kd från proverna E7431 – E7435

5.1.5 Sekventiell lakning

Den sekventiella lakningen syftar till att åskådliggöra vilka markförändringar i form av försurning, redoxändring och syrenivåer som leder till urlakning av tungmetaller från jordproverna. Ämnenas fördelning i lakvätskan efter en femstegslakning visas i figur 5.8a-d nedan.

I steg 1 förväntas ämnen som frigörs vid en måttlig sänkning av pH (en försurad jord) lakas ur. Det är framförallt jordartsmetallerna kalcium och natrium som har den största urlakningen i steg 1. Även svavel har en ökad tendens till urlakning i prov E7431. Generellt sett är det få av de studerade tungmetallerna som lakas ur vid en sänkning av pH, vilket indikerar att ämnena är hårt bundna till marken.

Ämnen som sitter bundna till labila organiska former (tex humus- och fulvosyror) frigörs i steg 2 och resultaten visar att det mer eller mindre endast är natrium som frigörs i det här steget.

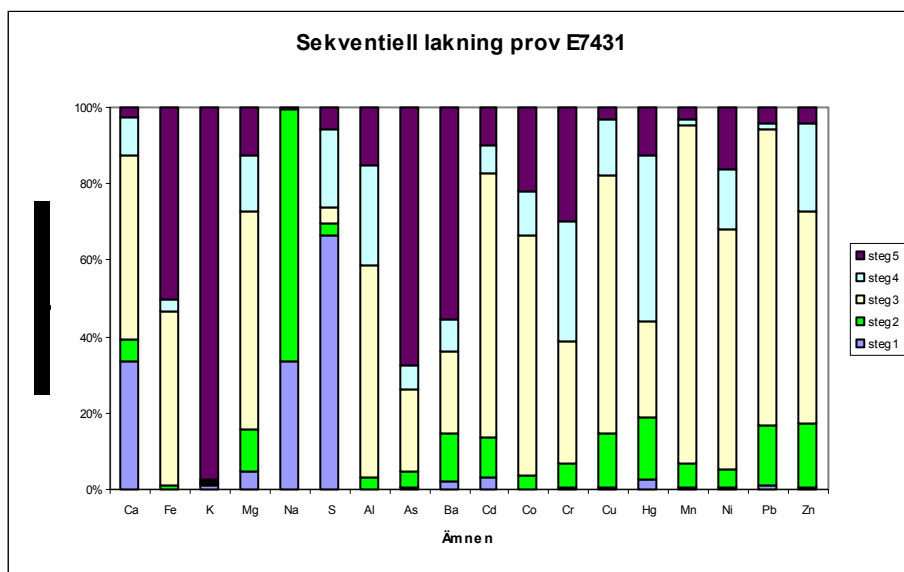
Det är först i steg 3, där reduktion av järn och manganoxider sker, som en större andel tungmetaller frigörs från jordmatriserna. Prov E7431 och E7432 har liknande egenskaper medan en större variation kan urskiljas mellan dessa prover och proverna E7434 och E7435, vilket tydligt framgår av figur 5.8a-d. Generellt sett är det magnesium, aluminium, arsenik, barium, kadmium, kobolt, krom, koppar, kvicksilver, nickel, bly och zink som frigörs mest. Detta betyder i praktiken att dessa ämnen sitter hårt bundna till järn- och manganoxider som ytkomplex. Frisättning förväntas således ske först vid en betydlig sänkning av redoxpotentialen. I viss mån kan frigörelsen av metaller i hydroxidform i det tredje steget snarare ske till följd av den sura miljön (lågt pH-värdet) än den ändrade redoxpotentialen.

I steg 4 är det en betydligt mindre andel ämnen som frigörs, utom för prov. Detta kan delvis bero på att en stor andel redan frigjorts i steg 3 ovan, men för kobolt, krom, koppar och nickel i prov E7435 frigörs en stor andel även i det här steget. I detta steg frigörs ämnen som sitter mycket hårt bundna till organiska föreningar via oxidationsprocesser i en syrerik miljö.

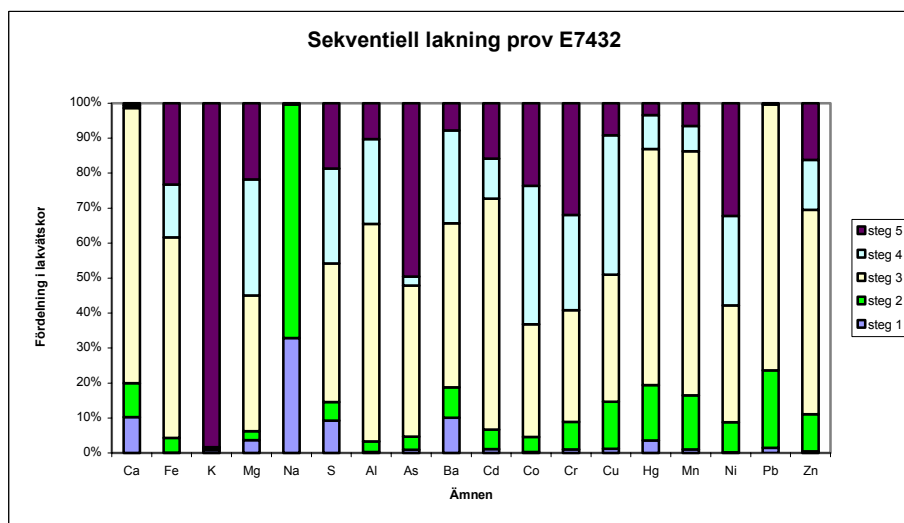
I det sista steget frigörs ämnen som är bundna till sulfider. Mycket oxidativa betingelser råder och det är främst tungmetallerna arsenik, kadmium, krom och zink som frigörs från proverna E7434 och E7435. Detta sker inte för proverna E7431 och E7432, vilket tydligt visar att det är skillnad mellan dessa provgrupper. För alla prover frigörs kalium mestadels vid steg 5, vilket visar att proverna dock i vissa avseenden har mycket liknande egenskaper.

Det skall dock påpekas att lakbara mängder ofta är kopplade till totalmängden ämnen i ursprungsprovet. Proverna E7431 till E7435 har liknande starthalter av ingående tungmetaller även om det finns en del utstickare som t ex bly i E 7432 där blyhalten är ca 22 000 mg/kg TS medan halten i E7431 endast är ca 400 mg/kg TS. Procentuellt sett leder den skillnaden inte till någon större variation i lakbarhetsfördelning i den sekventiella lakningen för dessa prover (jmf figur 5.8a-b).

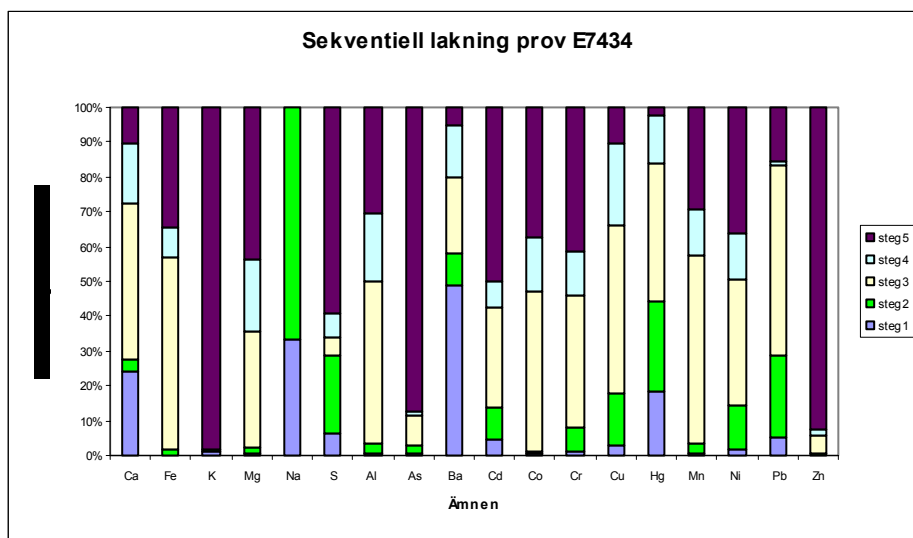
I figurerna har korrigerings gjorts för lakvolymen då dessa varierar mellan de olika stegen. Volymerna redovisas i bilaga 4. I diagrammen visas således fördelning mellan lakbar mängd för olika ämnen redovisat som procent av total utlakad mängd. Eftersom lakning sker sekventiellt är det svårt att bedöma vilka mängder som lakas ut om steg 3 t ex inträffar direkt, utan att steg 1 och 2 först sker.



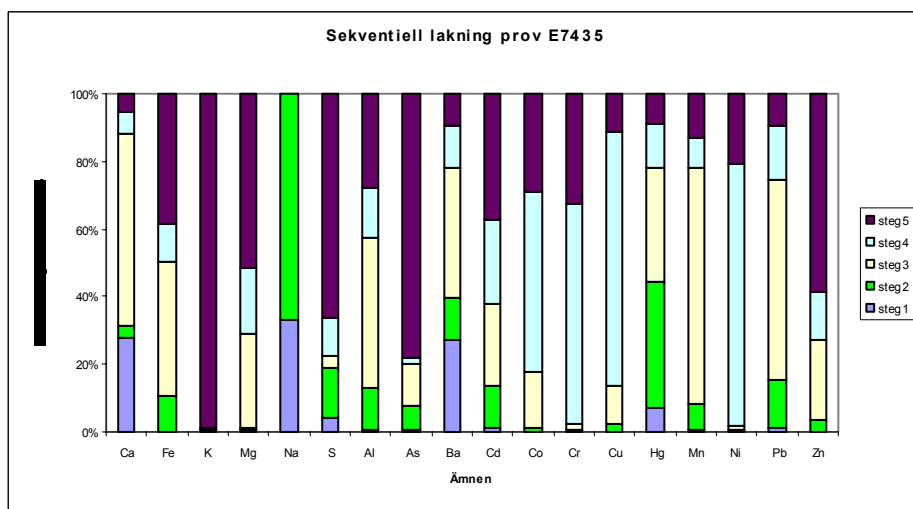
Figur 5.8a. Sekventiell lakning av jord. Prov E7431



Figur 5.8b. Sekventiell lakning av jord. Prov E7432



Figur 5.8c. Sekventiell lakning av jord. Prov E7434



Figur 5.8d. Sekventiell lakning av jord. Prov E7435

5.1.6 Kolonntest

5.1.6.1 Metaller och andra grundämnen

Kolonntester m a p dioxiner har utförts på material från två jordprover (Tabell 5.9a, b). Kolonntesterna har utförts parallellt och har skett med rent vatten (Milli-Q) och med vatten innehållande PCE. Prover har tagits ut vid L/S-kvoterna 0.1, 0.2, 0.5, 2 och 10.

I tabell 5.10 redovisas EU:s deponikriterier m a p lakbarhet som jämförelse med kolonnförsöken.

Tabell 5.9a. Kolonntester på grundämnen. Fetstil markerar halter som överskrider kriteriet för inert material. Värdena är korrigerade för respektive L/S-kvot och redovisas som mg ämne i lakvätskan / kg fastfas TS.

Ämne	MilliQ - E7434					PCE - E7434				
	L/S 0.1	0.2	0.5	2.0	10	L/S 0.1	0.2	0.5	2.0	10
Al	0.002	0.01	0.02	0.28	0.65	0.0187	0.0064	0.0177	2.72	0.69
As	0.0001	0.0002	0.0005	0.0020	0.01	0.0001	0.0002	0.0005	0.00	0.01
Ba	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.0050	0.0050	0.0061	0.18	0.03
Ca	3.0	3.9	4.1	5.0	15.2	4	4	4	7	14
Cd	0.00001	0.00002	0.00005	0.00020	0.001	0.00003	0.00002	0.0001	0.0003	0.0010
Co	0.00001	0.00002	0.00004	0.00013	0.001	0.00001	0.00002	0.0001	0.0006	0.0010
Cr	0.002	0.004	0.004	0.001	0.14	0.0020	0.0040	0.0036	0.002	0.13
Cu	0.003	0.003	0.01	0.01	0.02	0.0035	0.0027	0.0058	0.03	0.02
Fe	0.01	0.01	0.03	0.32	0.31	0.04	0.01	0.03	1.30	0.33
Hg	0.0002	0.0007	0.0027	0.01	0.01	0.0005	0.0008	0.0028	0.03	0.01
K	0.5	0.8	1.3	2.8	9.9	0.6	0.9	1.5	3	10
Mg	0.08	0.11	0.12	0.20	0.90	0.1	0.1	0.1	0.4	0.9
Mn	0.001	0.0002	0.0004	0.003	0.004	0.0007	0.0002	0.0002	0.03	0.00
Na	0.8	1.2	1.7	1.7	6.4	0.9	1.3	2	1.8	6.8
Ni	0.0002	0.0001	0.0003	0.001	0.01	0.0001	0.0001	0.0003	0.00	0.01
Pb	0.0004	0.0003	0.0013	0.01	0.01	0.0057	0.0005	0.0016	0.18	0.02
S	0.84	0.91	0.67	0.45	1.6	1.0	1.0	0.7	0.4	1.6
Zn	0.002	0.004	0.002	0.01	0.03	0.0054	0.0002	0.0010	0.08	0.02

Prov 7434

Tabell 5.9b. Kolonntester på grundämnen. Fetstil markerar halter som överskrider kriteriet för inert material. Värdena är korrigerade för respektive L/S-kvot och redovisas som mg ämne i lakvätskan / kg fastfas TS.

Ämne	MilliQ - E7431, E7432, E7433					PCE - E7431, E7432, E7433				
	L/S 0.1	0.2	0.5	2.0	10	L/S 0.1	0.2	0.5	2.0	10
Al	0.0002	0.0002	0.003	0.004	0.06	0.0001	0.0002	0.0026	0.01	0.05
As	0.0004	0.0008	0.002	0.003	0.02	0.0005	0.0008	0.0019	0.00	0.02
Ba	0.02	0.03	0.08	0.25	0.64	0.02	0.03	0.08	0.28	0.75
Ca	66	132	337	1162	3810	65	134	345	1230	4590
Cd	0.00002	0.00005	0.0001	0.0001	0.001	0.00002	0.00005	0.00006	0.0002	0.0009
Co	0.0001	0.0002	0.0006	0.0009	0.004	0.00006	0.0002	0.0006	0.0008	0.004
Cr	0.0022	0.0044	0.0051	0.0010	0.13	0.002	0.005	0.01	0.001	0.13
Cu	0.0032	0.0057	0.0121	0.02	0.05	0.004	0.01	0.01	0.03	0.06
Fe	0.0010	0.0023	0.0055	0.01	0.06	0.001	0.002	0.01	0.01	0.09
Hg	0.0015	0.0033	0.0102	0.02	0.03	0.001	0.003	0.01	0.02	0.02
K	5	11	27	74	113	5	11	28	84	149
Mg	4	8	20	51	53	4	8	21	59	77
Mn	0.02	0.05	0.17	0.8	5.7	0.02	0.04	0.15	0.70	7.64
Na	3	6	14	28	32	3	6	16	37	34
Ni	0.0003	0.0008	0.0023	0.01	0.02	0.0004	0.0009	0.002	0.01	0.04
Pb	0.0014	0.0034	0.011	0.04	0.06	0.001	0.003	0.01	0.05	0.05
S	52	100	254	1084	3100	50	102	249	1070	3840
Zn	0.0030	0.0042	0.011	0.03	0.05	0.002	0.002	0.01	0.02	0.03

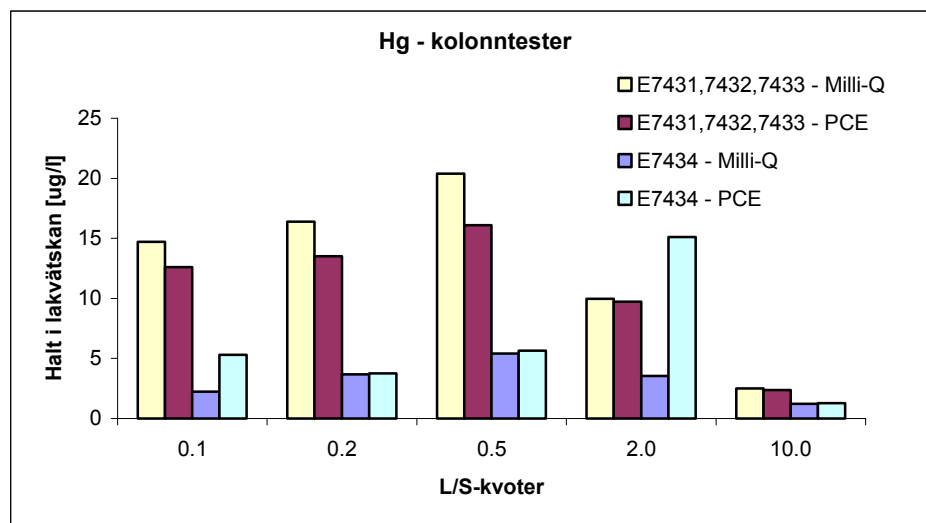
Samlingsprov från E7431, E7432, E7433

Tabell 5.10. EU:s deponikriterier baserat på laktester Halter i mg ämne i lakvätskan / kg fastfas TS

Ämne	Deponi-kriterier		Inert		Icke farligt avfall		Icke farligt avfall		Farligt avfall		Farligt avfall	
	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S
Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
As	0.1	0.5	0.4	2	6	25						
Ba	7	20	30	100	100	300						
Ca	-	-	-	-	-	-						
Cd	0.03	0.04	0.6	1	3	5						
Co	-	-	-	-	-	-						
Cr	0.2	0.5	4	10	25	70						
Cu	0.9	2	25	50	50	100						
Fe	-	-	-	-	-	-						
Hg	0.003	0.01	0.05	0.2	0.5	2						
K	-	-	-	-	-	-						
Mg	-	-	-	-	-	-						
Mn	-	-	-	-	-	-						
Na	-	-	-	-	-	-						
Ni	0.2	0.4	5	10	20	40						
Pb	0.2	0.5	5	10	25	50						
S	-	-	-	-	-	-						
Zn	2	4	25	50	90	200						

Resultaten visar att det endast är kvicksilver som överskrider gränsvärdet för inert avfall och därmed klassas som avfall i samband med deponering. Övriga ämnen ligger mycket lågt m a p lakbarhet med Milli-Q-vatten respektive Milli-Q-vatten och PCE. Detta styrker tidigare resultat som tyder på att lakbarheten påverkas mest av sänkning av redox och pH. Det finns ingen tydlig skillnad mellan lakning med eller utan tillsats av PCE för metaller. I det ena provet (E7434) indikerades något högre halter med PCE i vissa L/S-kvoter, medan samlingsprovet snarast visar motsatsen, dvs lägre lakning vid närvaro av PCE. Däremot visar resultaten att totalhalten av kvicksilver troligen har en underordnad betydelse på lakbarheten. I figur 5.9 nedan visas halterna av kvicksilver för de olika lakstegen. Intressant som jämförelse är att samlingsprovets kvicksilverhalt är på 260 mg/kg TS, medan det enskilda provet endast ligger på ca 7 mg/kg TS.

Vid låga L/S-kvoter ligger halterna av kvicksilver i vatten på ca 10 – 20 µg/l för samlingsprovet, medan kvicksilverhalten för det enskilda provet ligger runt 2 – 6 µg/l. Skillnaden i kvicksilverhalter i jord återspeglas således inte på kvicksilverhalten i vattenfasen för lakttesterna. Man ser även att halten för Hg är relativt konstant för de olika L/S-kvoterna från samma prov, vilket innebär att jämvikt mer eller mindre ställer in sig under utlakningen.



Figur 5.9. Kolonntester m a p lakbarhet för kvicksilver i jord

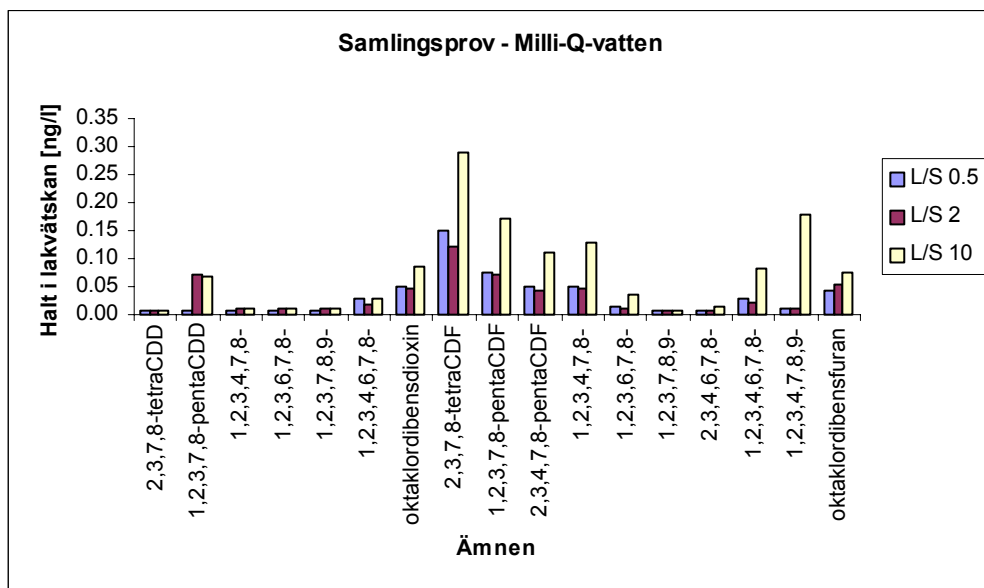
5.1.6.2 Dioxiner

Kolonntester m a p dioxiner har utförts på material från dels samlingsprover (E7431, E7432 och 7433) samt enskilda prov E7434. Kolonntesterna har utförts parallellt och har skett med rent vatten (Milli-Q) och med vatten innehållande PCE. Prover har tagits ut vid L/S-kvoterna 0,5, 2 och 10.

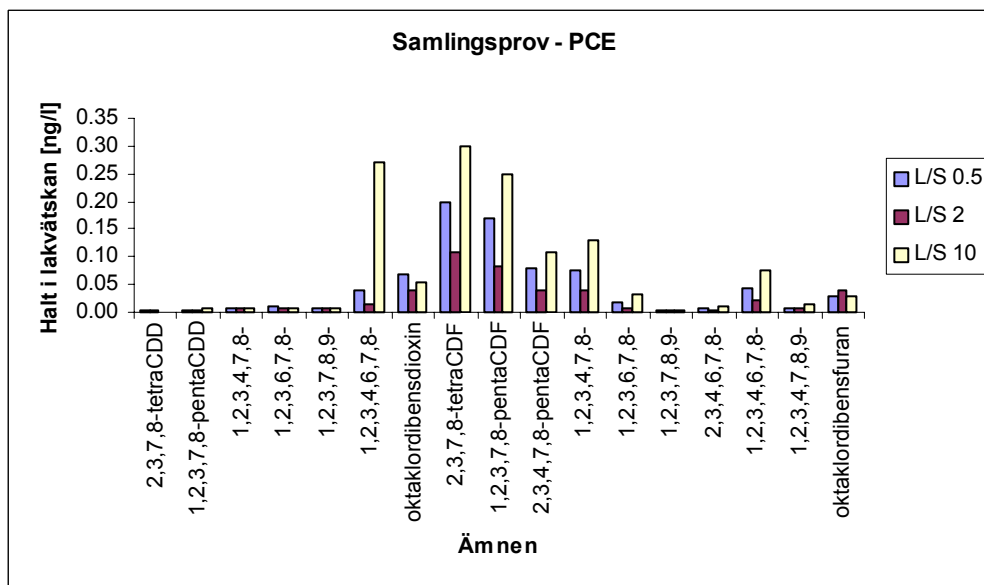
I prov E7434 är föroreningskoncentrationerna i lakvattnet betydligt högre än i samlingsprovet, oberoende av behandling (Figur 5.10 a, b, c och d). Detta är troligen relaterat till de högre föroreningshalterna i fastfasen. Resultaten visar att närvaro av PCE inte leder till några tydliga förändringar i lakbarhet. Det kan dock konstateras att i prov E7434 är lakbarhet för dioxiner vid L/S-kvot 0,5 tydligt större med än utan tillsats av PCE.

På grund av detektionsgränserna för olika ämnen är det även mest relevant att uttala sig om de klorerade dibensofuranerna (tetra- till hexaklordibensofuraner), då det endast är för dessa som det faktiskt finns en tydlig och kvantifierad halt för samtliga testade L/S-kvoter och matriser. För övriga ämnen varierar detektionsgränserna så mycket att detta kan ge ett bidrag till variationen mellan proverna. I diagrammen nedan har ämnens detektionsgräns använts istället för att ämnets halt sätts till noll. Detta görs av försiktighetsskäl.

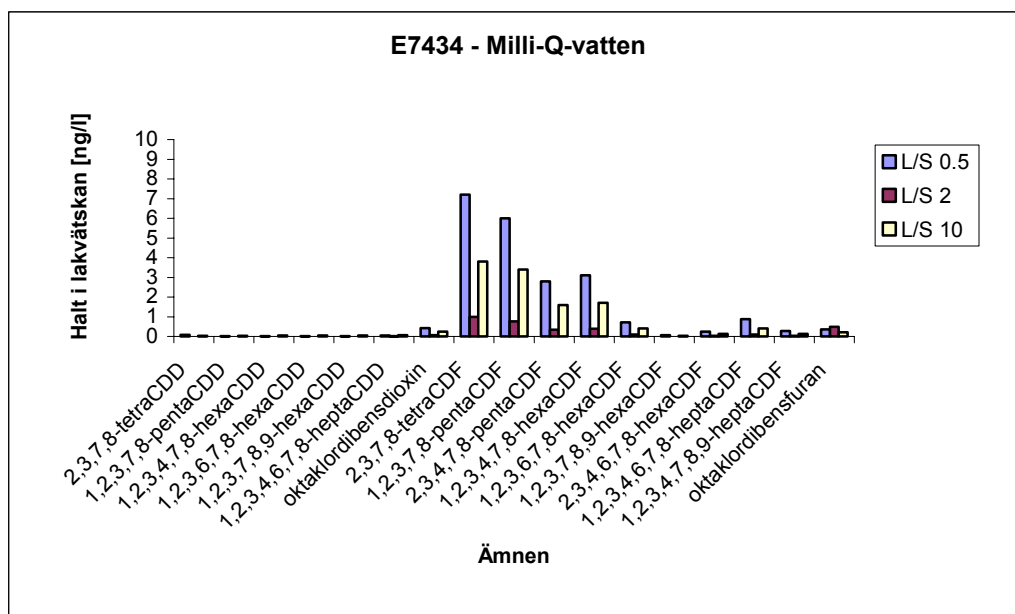
Resultaten visar även att det för vissa ämnen är en högre utlakning vid en högre L/S-kvot, vilket kan tyckas orimligt. Enligt tidigare erfarenheter säger Analytica, som utfört analyserna, att detta fenomen kan uppstå i vid lakning av organiska ämnen. Eventuellt ökar lakbarheten p g a en längre kontakttid mellan jordmatris och lakvätska vid den högre L/S-kvoten. Då detta fenomen snarare är en matriseffekt än en direkt fysikalisk-kemisk effekt hos studerade ämnen rekommenderas en jämförelse mellan samma L/S-kvoter i första hand vid utvärdering och tolkning av resultat.



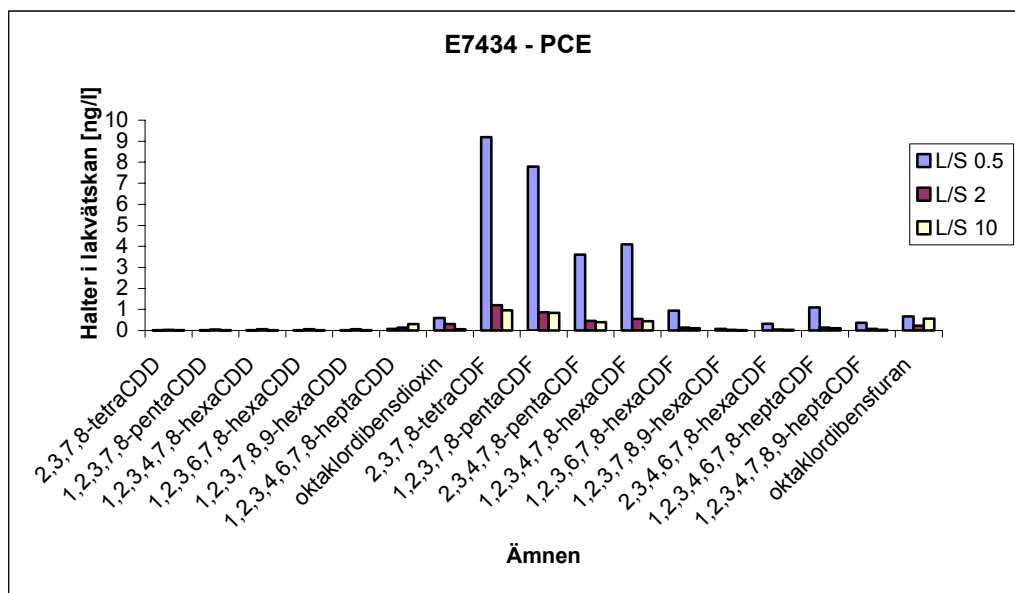
Figur 5.10a. Kolonntester på Samlingsprov med Milli-Q-vatten



Figur 5.10b. Kolonntester på Samlingsprov med PCE



Figur 5.10c.. Kolonntester på enskilt prov, E7434, med Milli-Q-vatten



Figur 5.10b. Kolonntester på enskilt prov, E7434, med PCE

5.2 SEDIMENT

Utförlig beskrivning och utvärdering av laktester på sediment tas upp i EKA 2002:21.

Resultaten indikerar att kvicksilver har låg lakningsbenägenheten om förhållandena blir mer reducerande eller oxiderande. Enligt utförda diffusionsberäkningar sker inget läckage av totalkvicksilver från analyserade sedimentprover till ytvatten, däremot visar beräkningarna att ett läckage av metylkvicksilver kan ske. På den stora utspädningen i Bengtsbrohöljen kan detta vara svårt att detektera vid ytvattenprovtagning.

5.3 KONSTRUKTIONSMATERIAL

För konstruktionsmaterial har laktester utförts vid L/S 2 och L/S 10 m a p metaller och dioxiner (skaktester).

5.3.1 Skaktest - Metaller

Resultaten visar att det endast är kvicksilver som ur deponeringssynpunkt klassas som farligt avfall. Övriga ämnen klarar kriterierna för inert avfall enligt EU:s kriterier för klassning av avfall. I tabell 5.11 nedan redovisas halterna för kvicksilver från laktesterna. Observera att halterna från L/S-kvoterna uttrycks som mängd ämne i lakvätskan per kg fast startmaterial TS. Detta innebär att korrigering för lakvätskevolym genomförts i tabellen.

Tabell 5.11a. Laktester avseende kvicksilver i konstruktionsmaterial vid L/S 2 resp. 10

Hg	Fast mtrl mg/kg TS	Lakvatten			Deponikriterier					
		mg ämne i lakvätska/kg fast mtrl TS		L/S	Inert		ej farligt avfall		Farligt avfall	
Prov_id		L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S
		2	10	100	2	10	2	10	2	10
1	120	2	6	-	0.003	0.01	0.05	0.2	0.5	2
2	60	2	2	-	0.003	0.01	0.05	0.2	0.5	2
3	93	2	23	-	0.003	0.01	0.05	0.2	0.5	2
4	76	0.4	1	-	0.003	0.01	0.05	0.2	0.5	2
5	735	46	42	-	0.003	0.01	0.05	0.2	0.5	2
6	268	6	34	-	0.003	0.01	0.05	0.2	0.5	2
7	285	7	54	-	0.003	0.01	0.05	0.2	0.5	2
8	32	4	5	-	0.003	0.01	0.05	0.2	0.5	2

Tabell 5.11b. Provbeteckningar. Tegel YT innebär ytligt prov på väggmaterial och tegel IN innebär djupare prov på väggmaterial.

Prov_id	Provbeteckning
1	E7507_By030524 0,00_0,015_01
2	E7507_By030524 0,015_0,06_01 (bruk)
3	E7507_By030524 0,015_0-07_01 (tegel YT)
4	E7507_By030524 0,07_0,026_01 (tegel in)
5	E7508_By030524 0,00_0,03_01 (puts)
6	E7508_By030524 0,03_0,08_01 (bruk)
7	E7508_By030524 0,03_0,045_01 (tegelyt)
8	E7508_By030524 0,045_0,15_01 (tegelin)

5.3.2 Skaktest - dioxiner

Resultaten för laktester m a p dioxiner från konstruktionsmaterial (tabell 5.12) visar att mycket lite av dioxinerna är tillgängliga för urlakning under testbetingelserna. Det är endast en kongen av analyserade dioxiner (TCDF) som detekterats i lakvätskan, och då endast vid L/S 10. Vid jämförelse med halterna i konstruktionsmaterialet är det ett tydligt samband då samma prover har de högsta halterna i fastfasen för samma ämne som detekterats i lakvätskan. Urlakningen uttryckt som mängd ämne i ng per kg fastfas TS är 0.2%, vilket får anses mycket lågt. Dioxinerna sitter därmed hårt bundna till fastfasen. Det skall dock noteras att lakvätskan filtrerats före analys, vilket kan påverka resultatet negativt, d v s det finns risk att dioxiner fastnar i filtret. Filtrering utfördes p g a att lakvätskan hade karaktären av en emulsion, vilket utan filtrering troligen givit en kraftig överskattning av dioxinhalten.

Tabell 5.12a. Skaktester på konstruktionsmaterial m a p dioxiner urval för TCDF.

Skaktest - 2,3,7,8-tetraCDF	enhet	E7508	E7508
	nivå	0,00_0,03_01 (puts)	0,03_0,08_01 (bruk)
Fastfas	ng/kg TS	240	140
Laktest vid L/S 2	ng/l	<0,02	<0,02
Laktest vid L/S 10	ng/l	0.055	0.027
lakbarhet (ng i vätskefas/kg fastfas)	ng/kg TS	ej det	ej det
lakbarhet (ng i vätskefas/kg fastfas)	ng/kg TS	0.2	0.2

I tabell 5.12b jämförs detektionsgränserna för dioxiner i lakvätskan med dioxinernas vattenlösligheter, och det är endast oktaklorodibensodioxin som har en löslighet som är lägre än detektionsgränsen. Lösligheter är en viktig del att ta med i bedömningarna vid tolkning av dioxinhalten i vattenfas, då eventuella detekterade halter som är högre än lösligheterna antyder att ämnet i fråga sannolikt finns bundet till partiklar. Detta är särskilt viktigt vid filtrering av prover för analys. I det här fallet är samtliga detekterade halter lägre än respektive löslighet i vatten. Det skall dock påpekas att lösligheterna gäller för rent ämne i vattenfas vid 25 °C. I tabell 5.12b redovisas även Log K_{ow} (ett ämnes fördelning mellan vatten och oktanol), vilket visar hur gärna ett ämne löser sig i vatten. Ett K_{ow} högre än ett (1) innebär att ämnet hellre befinner sig i den organiska fasen. Låg halt i vatten (tabell 5.12b) vid lakförsöken beror sannolikt på höga K_{ow} , vilket visar att ämnen sannolikt är bundna till organiska fas istället för att lösas ut i vattenfasen.

Tabell 5.12b. Skaktester på konstruktionsmaterial m a p dioxiner. Enhet ng/l.

Ämne	Löslighet*	Log K _{ow} *	L/S	1	2	3	4	5	6	7	8
2,3,7,8-tetraCDD	19	6.4	2	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
			10	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
1,2,3,7,8-pentaCDD	120	6.6	2	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
			10	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
1,2,3,4,7,8-hexaCDD	4.4	7.3	2	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
			10	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
1,2,3,6,7,8-hexaCDD	4.4	7.3	2	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
			10	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
1,2,3,7,8,9-hexaCDD	4.4	7.3	2	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
			10	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDD	2.4	8.0	2	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
			10	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
oktaldibensdioxin	0.07	7.6	2	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
			10	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
2,3,7,8-tetraCDF	420	6.2	2	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
			10	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0.055	0.027	<0,02	<0,02
1,2,3,7,8-pentaCDF	240	6.8	2	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
			10	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
2,3,4,7,8-pentaCDF	240	6.9	2	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
			10	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
1,2,3,4,7,8-hexaCDF	13	-	2	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
			10	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
1,2,3,6,7,8-hexaCDF	13	-	2	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
			10	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
1,2,3,7,8,9-hexaCDF	13	-	2	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
			10	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
2,3,4,6,7,8-hexaCDF	13	-	2	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
			10	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDF	1.4	7.9	2	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
			10	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
1,2,3,4,7,8,9-heptaCDF	1.4	7.9	2	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
			10	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
oktaldibensfuran	1.2	8.8	2	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
			10	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20

* Löslighet i vatten vid 20 °C (US EPA 1994), lösligheten gäller för rent ämne i vatten utan närvaro av fast organisk fas.

Tabell 5.13. Prov-id till tabell 5.12b.

Prov-id	Provbeteckning
1	E7507_By030524 0,00_0,015_01 (puts)
2	E7507_By030524 0,015_0,06_01 (bruk)
3	E7507_By030524 0,015_0,07_01 t y
4	E7507_By030524 0,07_0,26_01 t i
5	E7508_By030525 0,00_0,03_01 (puts)
6	E7508_By030525 0,03_0,08_01 (bruk)
7	E7508_By030525 0,03_0,045_01 t y
8	E7508_By030525 0,045_0,15_01 t i

6 UTVÄRDERING

6.1 JORD

6.1.1 Förutsättningar för partikeltransport och fastläggning

Resultaten visar att en reduktion av partikelbunden kvicksilver och dioxin kan ske vid passage av grundvatten genom fyllnadsmaterialet. Med försöken med fyllning kan man inte visa att en finkornigare fyllning ger en större reduktion av kvicksilver och dioxin. Detta beror på att kvicksilverhalten i den finkorniga fyllningen var relativt låg medan den var högre i den mer grovkorniga fyllningen. Dessa förhållanden kan ha orsakat att utgående halt från den finkornigare fyllningen är lägre än utgående halt från den grovkornigare fyllningen. Dioxinanalyserna visar på det motsatta förhållandet. I den finkornigare fyllningen var dioxinhalten hög medan i den grövre fyllningen var den betydligt lägre. Dessa förhållanden avspeglas här på motsvarande sätt i resultaten. Den högsta halten i utgående vatten kommer från den fyllning med högst halt dioxiner trots att den är mer finkornig. Kornstorlekens betydelse för reduktion kan inte visas i filterförsöken med fyllning, men å andra sidan visas inte heller att kornstorleken saknar betydelse.

I utförda filterförsök observerades att kvicksilverkoncentrationen i förorenat vatten reducerades med mellan 70 och 85 % vid passage genom en kolonn med fyllning från EKA-området. Även dioxinhalterna (summa PCDD och PCDF) reducerades vid passage genom fyllningsmaterialet. Reduktionen varierar mellan 55 % och 94 % och skiljer mellan kongener. En ökning av halten bly och zink (löst eller bundet till partiklar < 0,45 µm) observerades dock vid passage genom fyllnadsmaterialet. Vid höga halter av kvicksilver, dioxin och metaller i fyllningen minskar den relativa föroreningsreduktionen i det påförda förorenade vattnet.

Vid passage av ofiltrerat och filtrerat förorenat vatten genom sandfilter med medelkornstorlek mellan 0,1 och 0,95 mm reduceras kvicksilverkoncentrationen mellan 95 och 99 % (från ca 80 µg/l till 0,5 µg/l). Kvicksilverreduktionen i det filtrerade vattnet är störst vid den minsta kornstorleken. Reduktionen av partikulärt bundet bly, koppar och zink varierar mellan 98 % och >99 %. Kvicksilverhalten reduceras med mer än hälften i filtrerat vatten för fyllningsfiltren. Ingen eller liten reduktion av löst bly, koppar och zink sker genom sandfiltren.

I försöket användes ett tillverkat förorenat vatten med kvicksilverhalt mellan 70 och 100 µg/l kvicksilver som ingående vatten. I filtrerat ingående vatten var kvicksilverhalten kring 5 µg/l. 5 µg/l löst kvicksilver är en hög halt vid en jämförelse med uppmätta halter i filtrerade grundvattenprover från området (<0,02 - 0,077 µg/l). Uppslamningen av jordmaterialet kan ha orsakat att kvicksilver som normalt är partikelbundet gått i lösning. En annan förklaring kan vara att kolloider med bundet kvicksilver har passerat filtret vid filtrering eller att filtret har gått sönder. Filtratet var dock efter filtrering klart. Att filtret skulle ha gått sönder och orsakat den förhöjda halten i filtrerat vattenprov bedöms vara osannolik eftersom alla 3 analyserade prover på ingående vatten har en halt kring 5 µg/l. Kvicksilvret kan sitta på kolloider mindre än 0,45 µm. Om den höga halten beror på kolloider borde dessa även kunna finnas i grundvattnet på området i liknande nivåer. Halter i grundvattnet avseende filtrerade prover har inte påträffats i den storleksordningen på Eka-området. Orsaken till höga kolloidhalter i det tillverkade vattnet kan mycket väl orsakas av tillverkningsmetoden då förorenat material slammas upp i en vattenfas vid L/S 20.

Filterförsöken med fyllningsmaterial visar att fyllningen släpper metallförorenade partiklar (bly och zink) samt att utlakning av löst bly och zink sker. Fyllningen kan reducera partikelburna dioxiner.

Fyllningen har dock potential att bilda kolloider som kan öka transporten av förorening i form av kvicksilver, dioxin och bly.

Av praktiska och ekonomiska skäl har inte dioxiner analyserats i sandfilterförsöken.

6.1.2 Tillgänglighetstest

I riskbedömningar och spridningsberäkningar baseras ofta resultaten på totalhaltsanalyser. Tillgänglighetstesterna, som utförts på proverna E7431-7435, visar att antagandet om tillgänglighet baserat på totalhaltsanalyser är ett rimligt antagande för samtliga metaller i jordproverna utom för arsenik och för kvicksilver. För arsenik och kvicksilver är tillgängligheten avsevärt lägre m a p på spridning via urlakning än det generella antagandet när totalhaltsanalyser nyttjas i spridningsmodeller. Detta innebär att risken för spridning från jord till vatten överskattas för dessa två ämnen inom EKA-området. Eftersom pH blev lägre än planerat för två prover i steg två vid lakningen framgår det tydligt att urlakning av metaller, som förväntat, ökar med lägre pH.

Ovanstående slutsatser avseende tillgänglighet gäller naturligtvis endast för urlakning med vatten. Tillgängligheten bedöms fortfarande som hög avseende exponering vid exempelvis oralt intag av jord p g a lågt pH i magsäcken hos människor och djur.

6.1.3 Sekventiell lakning

Resultaten från den sekventiella lakningen på jordprover visar att frisättning av tungmetaller främst sker vid reducerande förhållanden, d v s i syrefria miljöer. Vid en eventuell minskad infiltration eller en övertäckning av området kan mer reducerande miljö uppstå i grundvattenzonen, med ökad risk för frisättning av tungmetaller. Resultaten visar även att frisättning kan förväntas om redoxpotentialen kraftigt höjs i marken, som vid exempelvis syresättning. Detta är en effekt som bör beaktas vid en eventuell ventilation av marken för att avlägsna flyktiga klorerade kolväten. Under normala betingelser, dvs något försurande omständigheter förväntas inte någon markant ökning av urlakning ske. Detta stämmer väl överens med de resultat som erhålls från tillgänglighetstesterna.

6.1.4 Kolonnförsök - metaller

Endast kvicksilver lakar ut i så pass hög grad vid kolonntesterna att deponikriteriet för inert avfall överskrids. Intressant är att samma urlakningshalter erhålls för kvicksilver i fylningsjord oavsett om det är en hög eller låg halt av kvicksilver i startmaterialet (jmf 7 mg Hg/kg med 260 mg Hg/kg). Det är därför rimligt att anse att allt material med kvicksilverhalter över ett par mg/kg bör hanteras som avfall enligt deponikriterierna avseende matrisernas utlakningsegenskaper.

6.1.5 Spridningsbenägenhet för metaller i jord

Sammanställer man data för kvicksilver från skaktester, kolonntester och beräknade Kd-värden samt ur detta beräknar en teoretisk halt av kvicksilver i grundvatten, erhålls resultaten i tabell 6.2. De slutsatser man kan dra är att det generella Kd-värdet grovt överskattar riskerna vid spridning till grundvatten jämfört med uppmätta halter och jämfört med beräknade Kd-värden.

Kvicksilverhalterna i jord (medelvärden) för den teoretiska beräkningen av kvicksilver i grundvatten (EKA rapport 2002:2) redovisas för respektive delområde. Som jämförelse används även proverna E7431 - E7435. Proverna härrör från olika delområden inom EKA-området och dessa redovisas i tabell 6.1.

Tabell 6.1. Delområden med tillhörande prover som används i lakförsöken.

Prov	Delområde
E7431	1 – EKA-tomten
E7432	2 – EKA-tomten
E7433	2 – EKA-tomten
E7434	2 – EKA-tomten
E7435	3 – Vexia

Beräknade halter avser porvatten, vilket kan ha en högre kvicksilverhalt än det grundvatten som analyserats. Då porvatten ej analyserats specifikt kan man egentligen inte uttala sig om halterna i grundvatten stämmer väl överens med halterna i porvattnet. För enkelhetens skull och då proverna består av fyllningsmaterial antas att halterna i porvatten och i grundvatten är de samma. Utifrån detta kan man tillsammans med data i tabell 6.2 avläsa att Kd-min och Kd-median (hämtade ur tabell 5.8) verkar leda till teoretiska halter i grundvattnet som stämmer väl överens med uppmätta halter från grundvattenanalyserna (<0,02 – 0,077 µg/l Hg filtrerade prov). Resultaten styrks även av uppmätta halter i lakvätskorna från kolonnförsök vid låga L/S-kvoter. Kd-värden har beräknats ur skakförsök vid L/S 100 och kommer inte från de kolonnförsök som jämförelsen sker med (Kd har hämtats ur tabell 5.8).

Låga L/S-kvoter är mest relevant att utgå ifrån om normal infiltration antas. Utgår man från en infiltration på 125 mm/år, 2 m fyllning och en densitet på 1.6 ton/m³ får man en L/S-kvot på 0,04 (för en årlig infiltration). Därför är de låga L/S-kvoterna mest relevanta för tolkning av halter i grundvattnet på kort sikt. Högre L/S-kvoter är mer användbara när utvärdering avseende totala massflöden över ett längre tidsperspektiv. Det skall även påpekas att dessa beräkningar förutsätter att föroreningskällan är oändlig och aldrig sinar. Att det i verkligheten finns en begränsning i lakbarhet framgår tydligt av figur 5.9 för kolonnförsöken på kvicksilver, där en lägre halt erhålls vid ökad L/S-kvot. Beräkningen av halt i porvatten har skett i enlighet med den modell som används i NV:s beräkning av generella riktvärden för jord (NV rapport 4639).

Tabell 6.2. Sammanställning av data för kvicksilver inför spridningsuppskattning. MM = Method of moments (se EKA 2002:2)

Jord - Hg		Delområden						Jordprover					
Delområde	-	1	2A	2	3	1+2	Alla delområden	E7431	E7432	E7433	E7434	E7435	Samlingsprov
medelvärdesmetod	N = 307 ¹	MM	MM	MM	MM	MM	MM	-	-	-	-	-	-
Halt i jordmatrisen	mg/kg/TS	719	1245	15	6	-	184	721	186	0.7	6.7	2.8	263
Beräknad halt i porvatten, generellt Kd	µg/l	3591	6218	75	30	-	919	3601	929	3.7	34	14	1314
Beräknad halt i porvatten, beräknat Kd-min	µg/l	118	204	2	1	-	30	-	-	-	-	-	-
Beräknad halt i porvatten, beräknat Kd-median	µg/l	41	71	1	0.3	-	10	-	-	-	-	-	-
Beräknad halt i porvatten, beräknat Kd-max	µg/l	3	5	0.1	0.02	-	1	-	-	-	-	-	-
Uppmätt halt i lakvätsk. kol.test (L/S 0.1)											2.2		15
Uppmätt halt i lakvätsk. kol.test (L/S 0.2)	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.7	-	16
Uppmätt halt i lakvätsk. kol.test (L/S 2)	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.6	-	10
Uppmätt halt i lakvätsk. kol.test (L/S 10)	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	-	2.5
Uppmätt halt i lakvätsk. skaktest (L/S 100)	µg/l	-	-	-	-	-	-	97	31	0.04	0.03	0.02	-

* Samlingsprov på E7431, E7432 och E7433,

1. Gäller för "alla delområden"

På samma sätt som för kvicksilver har jämförande data tagits fram för zink, bly och koppar (tabell 6.3 nedan) i syfte att ge underlag för kvantifiering av spridning av dessa metaller via grundvatten. Detta belyses mer i detalj i spridningsrapporten (EKA 2002:3).

Uppmätta medelhalter i grundvatten för zink (<1-86,9 µg/l), bly (<0,2-4,3 µg/l) och koppar (<1-12µg/l) stämmer inte särskilt väl överens med de värden som erhålls vid de teoretiska beräkningarna med nya Kd. Visserligen överskattas halten i grundvatten ännu mer med det generella Kd-värdet för alla tre ämnen än när det nya Kd-värdet används. Om man däremot jämför med max uppmätta halter i grundvatten inom EKA-området (EKA rapport 2002:2) stämmer halterna bättre med de halter som räknats fram via Kd-värden.

Precis som för kvicksilver är dock överensstämmelsen relativt god för uppmätta grundvattenhalter (EKA rapport 2002:2) jämfört med kolonntesterna vid låga L/S-kvoter. Detta visar att tillgänglighetstesterna vid L/S 100 överskattar spridningsriskerna jämfört med data från kolonntesterna vid låga L/S-kvoter

Tabell 6.3a. Data för zink

Jord								
Delområde		Alla delområden	E7431	E7432	E7433	E7434	E7435	Samlingsprov*
medelvärdesmetod	n=133	MM	-	-	-	-	-	MM
Zn	mg/kg/TS	168	519	75	77	40	49	339
Halt i porvatten, generellt Kd	µg/l	1677	5181	752	768	394	489	3384
Halt i porvatten, beräknat Kd-min	µg/l	1170	-	-	-	-	-	-
Halt i porvatten, beräknat Kd-median	µg/l	620	-	-	-	-	-	-
Halt i porvatten, beräknat Kd-max	µg/l	257	-	-	-	-	-	-
Uppmätt halt i lakvåtskan kolonntest (L/S 0.1)	µg/l	-	-	-	-	17	-	30
Uppmätt halt i lakvåtskan kolonntest (L/S 0.2)	µg/l	-	-	-	-	19	-	21
Uppmätt halt i lakvåtskan kolonntest (L/S 2)	µg/l	-	-	-	-	2,8	-	13
Uppmätt halt i lakvåtskan kolonntest (L/S 10)	µg/l	-	-	-	-	3,4	-	5
Uppmätt halt i lakvåtskan skaktest (L/S 100)	µg/l	-	2150	278	536	60	148	-

* *Samplingsprov på E7431, E7432 och E7433*

Tabell 6.3b. Data för bly

Jord								
Delområde		Alla delområden	E7431	E7432	E7433	E7434	E7435	Samlingsprov
medelvärdesmetod	n=133	MM	-	-	-	-	-	-
Pb	mg/kg/TS	391	398	22100	201	27	23	4990
Halt i porvatten, generellt Kd	µg/l	391	398	22096	201	27	23	4989
Halt i porvatten, beräknat Kd-min	µg/l	3887	-	-	-	-	-	-
Halt i porvatten, beräknat Kd-median	µg/l	999	-	-	-	-	-	-
Halt i porvatten, beräknat Kd-max	µg/l	194	-	-	-	-	-	-
Uppmätt halt i lakväskskan kolonntest (L/S 0.1)	µg/l					4		14
Uppmätt halt i lakväskskan kolonntest (L/S 0.2)	µg/l	-	-	-	-	1	-	17
Uppmätt halt i lakväskskan kolonntest (L/S 2)	µg/l	-	-	-	-	4	-	19
Uppmätt halt i lakväskskan kolonntest (L/S 10)	µg/l	-	-	-	-	1	-	6
Uppmätt halt i lakväskskan skaktest (L/S 100)	µg/l	-	257	101000	100	69	229	-

* Samlingsprov på E7431, E7432 och E7433

Tabell 6.3c. Data för koppar

Jord								
Delområde		Alla delområden	E7431	E7432	E7433	E7434	E7435	Samlingsprov
medelvärdesmetod	n=133	MM	-	-	-	-	-	-
Cu	mg/kg/TS	167	158	527	14	13	12	81
Halt i porvatten, generellt Kd	µg/l	334	316	1054	27	27	24	161
Halt i porvatten, beräknat Kd-min	µg/l	2172	-	-	-	-	-	-
Halt i porvatten, beräknat Kd-median	µg/l	618	-	-	-	-	-	-
Halt i porvatten, beräknat Kd-max	µg/l	36	-	-	-	-	-	-
Uppmätt halt i lakväskskan kolonntest (L/S 0.1)	µg/l					26		32
Uppmätt halt i lakväskskan kolonntest (L/S 0.2)	µg/l	-	-	-	-	15	-	28
Uppmätt halt i lakväskskan kolonntest (L/S 2)	µg/l	-	-	-	-	4	-	12
Uppmätt halt i lakväskskan kolonntest (L/S 10)	µg/l	-	-	-	-	2	-	5
Uppmätt halt i lakväskskan skaktest (L/S 100)	µg/l	-	277	115	50	54	159	-

* Samlingsprov på E7431, E7432 och E7433

Det skall även påpekas att proverna E7432 och E7435 utsattes för ett lägre pH än vad tillgänglighetstestet var avsett för, vilket förklarar de högre halterna i vissa av ovanstående metallers lakväskehalter vid L/S 100. En annan orsak till högre teoretiska halter i grundvatten (via Kd-beräkningar) är att just Kd-värden beräknats via totalhalten av respektive ämne i fastfasen. Vid normala betingelser som t ex pH 7 är inte 100% av ett ämne tillgängligt och därmed överskattas spridningsriskerna för vissa ämnen när Kd-värden används.

6.1.6 Kolonnförsök – dioxiner

Resultaten visar att närvaro av PCE inte leder till några tydliga förändringar i lakbarhet. Det kan dock konstateras att i prov E7434 är lakbarhet för dioxiner vid L/S-kvot 0,5 tydligt större med än utan tillsats av PCE. Ökad utlakning vid närvaro av PCE kan därmed inte uteslutas.

6.2 SEDIMENT

Lakning av sediment från Bengtsbrohöljen har utförts med kvicksilver i reducerande respektive oxiderande miljö. Resultaten indikerar i båda fallen att kvicksilver har låg lakningsbenägenhet. Enligt utförda diffusionsberäkningar sker inget läckage av totalkvicksilver från analyserade sedimentprover, däremot visar beräkningarna att ett läckage av metylkvicksilver kan ske. På grund av den stora utspädningen i Bengtsbrohöljen kan detta vara svårt att detektera vid ytvattenprovtagning.

6.3 KONSTRUKTIONSMATERIAL

Baserat på resultat från skaktesterna överskrider undersökt konstruktionsmaterial från Cellhallen kriteriet för farligt avfall. Övriga analyserade metaller klarar deponikriterierna för inert avfall

7 DISKUSSION

Lakbarheten är ett relativt enkelt mått på hur mycket av ett ämne som kan lösgöras från en matris under olika lakbetingelser. Ofta antas att ett ämne som finns adsorberat till partiklar går i lösning i vätskefasen vid kontakt med lakvätskan. Man antar även att jämvikt inställer sig. Vid jämvikt kommer man att erhålla samma halt i lakvätskan oavsett L/S-kvot, eftersom halten på fast fas är proportionell mot halten i lösningen.

Desorptionen från partikulärt material är dock inte enbart beroende av adsorption (vidhäftning) eller ämnens vattenlöslighet. Även matrisens fysikaliska egenskaper påverkar lakbarheten. Detta är särskilt tydligt för dioxiner i kolonnförsöken där halten i lakvätskan ökar med ökad L/S-kvot. Det kan också bero på att jämvikt inte uppnåtts vid försöken.

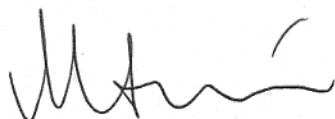
Normalt sett är halten lägre i lakvätskan vid högre L/S-kvot, dvs viss utspädning sker då jämvikt inte hinner inställa sig och då källan till föroreningen inte i praktiken är oändlig. För dioxiner verkar det dock som en fysikalisk eller annan kemisk process tar vid i materialet och frisättningen ökar något när högre jord/vätskekvote uppnås. För metaller är dock halterna lägre vid högre L/S-kvot eller relativt konstant (som vid jämvikt).

Man kan jämföra detta med att lakningen för dioxiner kan öka något under ett längre tidsperspektiv, då en högre L/S-kvot innebär en längre kontakt med lakvätska i kolonnförsöken. Även tillgänglighetstesterna antyder vilka mängder av ett ämne som frisätts på lång sikt.

Dessa tester är utförda under givna förhållanden. Ändras förhållandena under lakning till mer reducerande och syrefria förhållanden finns det risk att exempelvis metaller frisätts i högre grad i enlighet med de sekventiella laktesterna. En variation av redoxpotential och syrenivå kan därmed medföra både ökad och minskad spridning beroende på ämne. Även pH-ändringar i jord kommer att få betydande effekter på spridning av metaller från området. Detta framgår tydligt då det av misstag

blev ett lägre pH vid två av tillgänglighetstesterna än planerat. I dessa två tester ökade lakbarheten markant jämfört med övriga försök. En förändring av redox och syrenivå kan även medföra att en annan mikrobiell aktivitet tar vid i framförallt grundvattnet inom området. PCE kan omvandlas till mer lågklorade produkter (t ex vinylklorid) under syrefria förhållanden (s k deklorineringsprocess). Eftersom man redan i dagsläget detekterat flera nedbrytningsprodukter från PCE-nedbrytning finns det lokala variationer i vattnet som medger anaerob deklorinering. I nuläget finns alla förutsättningar för att detta skall kunna ske rent mikrobiologiskt. Det kan heller inte uteslutas att vissa av dessa mikroorganismer och deras enzymer, som produceras vid deklorineringen, ger sig på dioxinerna i viss utsträckning via s k co-metabolism. Förhållanden som stimulerar sådana processer kan uppstå om stagnant grundvatten uppstår vid t ex minskad vatteninfiltration. Under samma betingelser finns det även en risk att metylering av kvicksilver sker.

Stockholm och Linköping, datum som ovan



Marie Arnér



Mikael Eriksson



Elke Myrhede

8 REFERENSER

EKA 2002:2. Föroreningssituationen i mark och grundvatten

EKA 2002:21. Föroreningar i Bengtsbrohöljens sediment – förekomst och spridningsförutsättningar.

Land, M 1998. Weathering of till in northern Sweden and its implications for the geochemistry of soil, water, groundwater and stream water. Doktorsavhandling, Luleå Tekniska Universitet.

Naturvårdsverket 1996. Development of generic guideline values. NV rapport 4639.

US EPA, 1994. Estimating Exposure to Dioxin-Like Compounds. External Review Draft. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, D.C. EPA/600/688/005Ca-c.

Bilaga 1

Försöksutförande SGI

Redogörelse av metod som använts i försök att återanvända förorenat material och ny Baskarpsand som filtermaterial

Projektet utförs laborativt, på uppdrag av GeoInnova i Linköping. Kraftigt förorenat material m a p framför allt PAH, dioxiner och kvicksilver har inkommit från Eka i Bengtsfors. Baskarpsanden har beställts från tillverkaren.

Procedur för framställandet av förorenat lakvatten

Förorenat lakvatten framställdes för att användas i filterförsöket genom att blanda det mest förorenade materialet med Milli-Q-vatten vid ett förutbestämt förhållande. Eftersom materialet innehöll mindre, svårnedbärbara partiklar, dekanterades endast den översta delen av för att erhålla ett någorlunda partikelfritt vatten. Initialt utfördes tester för att bestämma den L/S-kvot som skulle användas, samt för att bestämma den tid som lösningen fick vila för att tillfredsställande mängd partiklar skulle hinna sedimentera.

1. Initiala tester

Material tillreddes både vid L/S-kvoterna 10 och 20. Ca 190 g alt. 95 g torrt material blandades med 1900 g Milli-Q-vatten, och skakades kraftigt ett par gånger. Lösningarna tilläts vila i kylrum ca 24 timmar, varefter drygt 100 ml togs ut vid en nivå ca 1 dm under provets översta yta. För provuttaget användes spruta med teflonslang för att inte störa och kontaminera provet. Sedan ställdes provet för att vila ytterligare ca 24 timmar, varefter proceduren återupprepades. De fyra proverna skickades till Analytica för expressanalys av kvicksilver.

2. Beredning av lakvätska

Beredningen gjordes på liknande sätt som för testlösningen. Hälften av det ursprungliga materialet delades upp i sammanlagt 16 ungefär lika stora delar, och vattenkvot på respektive del togs för att få en bra uppskattning av vatteninnehållet i materialet. Den genomsnittliga vattenkvoten användes sedan för hela materialet.

Sex tvålitersflaskor med lakvatten tillreddes parallellt i varje omgång, där totalt tre omgångar utfördes till det första lakvattnet. I varje flaska vägdes ca 95 g torrt material in med 1900 g Milli-Q-vatten, skakades och tilläts sedimentera i 24 timmar i kylrum. De översta 50-70 % av lösningen dekanterades och fördes över till en större, rengjord 20-25-litersbehållare. Andelen dekanterat berodde på hur grumlig lösningen var. Rengöringen av den större behållaren bestod i diskning med diskmedel med efterföljande noggrann sköljning. Mellan varje omgång rengjordes tvåliterskärnen genom sköljning med kranvatten. Under tiden för beredningen av lakvattnet stod det större 20-literskärlet med den färdiga lösningen i rumsvärme med tillslutet lock, men då allt lakvatten var klart flyttades denna behållare in i kylrummet för förvaring.

Delprover i tvålitersbehållare, tre olika omgångar

Genomsnittlig vattenkvot w_n : 26,12 %

Lakvatten för kolonner med material E 7432 och E 7435 (4 st)

Omgång	Prov	Fuktig vikt (g)	Torr vikt (g)	Tillsatt H ₂ O (g)	Tot. H ₂ O (g)	L/S-kvot
1	A	119,50	94,75	1870,4	1895,2	20,00
1	B	125,33	99,37	1961,6	1987,6	20,00
1	C	119,94	95,10	1877,8	1902,6	20,01
1	D	125,58	99,57	1965,3	1991,3	20,00
1	E	123,71	98,09	1945,8	1971,4	20,10
1	F	123,75	98,12	1946,2	1971,8	20,10
2	A	120,73	95,73	1890,5	1915,5	20,01
2	B	123,37	97,82	1930,6	1956,2	20,00
2	C	120,34	95,42	1883,6	1908,5	20,00
2	D	121,94	96,69	1908,6	1933,9	20,00
2	E	123,43	97,87	1933,7	1959,3	20,02
2	F	120,70	95,70	1889,0	1914,0	20,00
3	A	121,81	96,58	1905,5	1930,7	19,99
3	B	119,81	95,00	1875,3	1900,1	20,00
3	C	121,99	96,73	1909,7	1935,0	20,00
3	D	120,67	95,68	1888,5	1913,5	20,00
3	E	120,81	95,79	1890,9	1915,9	20,00
3	F	120,80	95,78	1890,6	1915,6	20,00
Totalt	-	2194,21	1739,79	34363,6	34818,0	20,01
Genomsnitt	-	121,90	96,66	1909,1	1934,3	20,01

Lakvatten för kolonner med baskarpsand no. 10, 55 och 95 (3 st)

Omgång	Prov	Fuktig vikt (g)	Torr vikt (g)	Tillsatt H ₂ O (g)	Tot. H ₂ O (g)	L/S-kvot
1	A	120,15	95,27	1881,3	1906,2	20,01
1	B	120,24	95,34	1881,9	1906,8	20,00
1	C	122,18	96,88	1912,1	1937,4	20,00
1	D	120,57	95,60	1886,9	1911,9	20,00
1	E	121,75	96,54	1905,4	1930,6	20,00
1	F	121,26	96,15	1897,8	1922,9	20,00
1	G	121,64	96,45	1903,6	1928,8	20,00
1	H	120,91	95,87	1892,4	1917,4	20,00
1	I	122,01	96,74	1910,7	1936,0	20,01
Totalt	-	1090,71	864,84	17072,1	17298,0	20,00
Genomsnitt	-	121,19	96,09	1896,9	1922,0	20,00

Redogörelse av metod som använts i försök att återanvända förorenat material och ny Baskarpsand som filtermaterial

Projektet utförs laborativt, på uppdrag av GeoInnova i Linköping. Kraftigt förorenat material m a p framför allt PAH, dioxiner och kvicksilver har inkommit från Eka i Bengtsfors. Baskarpsanden har beställts från tillverkaren.

Procedur för filterförsök med återanvänt, förorenat material

De första försöken innebar att filterförmågan hos på platsen redan befintligt material skulle undersökas. Två olika material från Eka i Bengtsfors fanns tillgängliga, benämnda prov E7432 och E7435. Försöket utfördes som dubbelprov i stora glaskolonner med en diameter på 20 cm.

1. Neddelning av provet

Eftersom varje material skulle räcka till två kolonner, delades provet ned m h a kvartering i två hälften. Den ena återfördes till hinken och förvaras i kylrum, medan kolonnen fylldes 15-20 cm med den andra hälften. Vikten på det tillförda fuktiga materialet noterades, och två delprover uttogs för vattenkvotsbestämning. Den genomsnittliga vattenkvoten användes sedan för att bestämma vikten av det torra materialet. Övrigt material förvarades under kyla i en plastpåse.

2. Kolonnen

Lakvattnet tillsattes via pump underifrån i kolonnen. För att undvika ej representativ vattensammansättning placerades en omrörare med svag omrörning på botten för att slamma upp lakvätskan. Vätska togs ut i botten av 20-literskärlet för att ledas till kolonnen. Hastigheten på det inflödande vattnet var relativt låg, och kolonnen vattenmättades under en arbetsdag, varefter passerat vatten började tas ut under natten. Vattenflödet uppskattas grovt till ca 2 liter per dygn. Uttag av vatten skedde m h a samma pump, och vattnet samlades upp i en tvåliters glasbehållare som behandlats med aceton och värme (normal procedur vid lakvatten med organiskt innehåll). Proceduren upprepades ytterligare en gång (dubbelprov), med en grov genomsköljning av kolonnen mellan omgångarna med Milli-Q-vatten. Samma material användes i omgång 2 till respektive kolonn. Lakvattnen filterades för hand med sprutor, konserverades med suprapur saltpetersyra och skickades för analys.

Uttaget lakvatten i första delförsöket med förorenade massor som filtermaterial

Prov A betecknar den första omgången och **prov B** den andra.

Material	Prov	FM (g)	w _n (%)	TM (g)	Filterring	pH	κ (mS/m)
E 7432	A	3274	23,11	2659,4	Filtrerat	7,75	109,5
					Ofiltrerat	7,66	110,3
E 7435	A	4372	8,135	4043,1	Filtrerat	7,64	39,8
					Ofiltrerat	7,70	39,6
E 7432	B	3854	23,11	3130,5	Filtrerat	7,70	102,5
					Ofiltrerat	7,77	100,4
E 7435	B	4143	8,135	3831,3	Filtrerat	7,89	35,81
					Ofiltrerat	7,94	36,19
Lakvatten	B	-	-	-	Filtrerat	8,01	30,86
					Ofiltrerat	8,32	30,66

Procedur för filterförsök med Baskarpsand som filtermaterial

De senare försöken innebar att filterförmågan hos utvalt externt material skulle undersökas. Tre material med olika kornstorlek beställdes från Baskaarpsand, benämnda Sand No. 10, No. 55 och No. 95. Kornstorleken på materialen var 0,10, 0,55 och 0,5 – 2,0 mm respektive. Försöket utfördes som enkelprov i samma glaskolonner som det tidigare experimentet

3. Kolonnernas iordningställning

Eftersom varje material betraktades som nytt, oförorenat och homogent, delades provet inte ned. Kolonnerna fylldes 15-20 cm direkt från förvaringskärlen för sanden. Vikten på det tillförda fuktiga materialet noterades, och ett prov uttogs för vattenkvotsbestämning från respektive material. Notera att här togs endast en vattenkvot ut på att materialet var torrt och betraktades som homogent. Vattenkvoten användes sedan för att bestämma vikten av det torra materialet. Övrigt material förvarades i sina behållare i rumstemperatur. Samtidigt tillverkades mer lakvatten för lakförsöket (se dokument om tillverkning av lakvätska).

4. Lakförsöken

Lakvattnet tillsattes via pump underifrån i kolonnen. För att undvika ej representativ vattensammansättning placerades en omrörare med svag omrörning på botten för att slamma upp lakvätskan. Vätska togs ut i botten av 20-literskärlet för att ledas till kolonnen. Hastigheten på det inflödande vattnet var relativt låg, men trots det läckte de första kolonnerna som iordningsställdes. Detta kan ev. bero på att sand hamnat runt bottenpackningarna och sålunda gjort dem otäta. Materialet togs ut, kolonnen sköljdes ur och återpackades, nu med ett externt tryck nedåt på väggarna i form av hängande labpersonal. Kolonnerna vattenmättades, med bättre resultat i två av de tre fallen, varefter passerat vatten började tas ut. Sanden med den minsta kornstorleken, No. 10, läckte fortfarande och packades så småningom om i en ny kolonn, den kolonn som tidigare innehållit Sand No. 95. Läckaget tros bero på att kornens storlek var tillräckligt liten för att, tillsammans med högt vattentryck, tryckas ut mot bottenpackningen och lägga sig runt densamma. Trots den sista ompackningen läckte kolonnen, men det fanns tillräcklig genomströmning för att få ut en mindre mängd vätska.

Vattenflödet uppskattas grovt till ca 2 liter per dygn. Uttag av vatten skedde med samma pump, och vattnet samlades upp i en tvåliters glasbehållare som behandlats med aceton och värme (normal procedur vid lakvatten med organiskt innehåll). Lakvattnen filtrerades för hand med sprutor, konserverades med suprapur saltpetersyra och skickades för analys.

Uttaget lakvatten i andra delförsöket med baskarpsand av olika dimensioner som filtermaterial

Material	Storlek (mm)	FM (g)	w _n (%)	TM (g)	Filtrering	pH	κ (mS/m)
Baskarpsand 10	0,10				Filtrerad	7,39	36,2
					Ofiltrerad	7,54	35,66
Baskarpsand 55	0,55				Filtrerad	7,56	36,37
					Ofiltrerad	7,63	37,3
Baskarpsand 95	0,5 - 2,0				Filtrerad	7,34	35,7
					Ofiltrerad	7,32	34,88
Lakvatten	-	-	-	-	Filtrerad	8,01	34,82
Lakvatten	-	-	-	-	Ofiltrerad	8,15	34,68

Bilaga 2

Kornstorleksfördelning



STATENS GEOTEKNISKA
INSTITUT

Dnr
Prov nr
Bh/Sekt
Djup

11620
E 7432

SIKTNINGSANALYS

03017
Geoinnova
Filterförsök
Projekt: Prov E 7432
Sedimentationsförsök: NEJ
Siktanalys: JA <20

a Total provmängd, g	2664	f Provmängd < 20 mm före tvättning, g	1989,3
b Största kornstorlek, mm	32	g Kvarstannad mängd efter tvättning, g	
c Provmängd >20 mm, g	674,7	h Passerad mängd efter tvättning, g	0,0
d Halt av mtrl > 20 mm, %	25,33	Provmängd > 63 mm, g	
e Halt av mtrl < 20 mm, %	100,00	Halt av mtrl > 63 mm, %	0,00
		Provmängd < 63 mm, g	2664,0

Maskvidd, mm	Passerad mängd		Kvarstannad mängd			
	Totalprov %	Mtrl <20 mm %	%	g	Delprov A g	Delprov B g
63	100,00		0,00	0		
31,5	100,00		0,00	0		
20	100,00		0,00	0		
Rest						
Summa			0,00	0	0	0
16	91,83	91,83	8,17	162,4	162,4	
8	73,02	73,02	18,81	373,9	373,9	
4	58,09	58,09	14,93	296,7	296,7	
2	44,37	44,37	13,72	272,7	272,7	
1	33,32	33,32	11,05	219,7	219,7	
0,5	23,92	23,92	9,40	186,9	186,9	
0,25	15,92	15,92	7,99	158,9	158,9	
0,125	8,66	8,66	7,26	144,3	144,3	
0,063	3,08	3,08	5,58	111	111	
< 0,063			3,08			
Rest				61,2	61,2	
Borttvättat				0,0		
Summa				1987,7		
						< 0,063
Ursp. mängd				1989,3		61,2
Differens				-1,6		

Datum 2003-01-24

Sign

Henrik Ljft

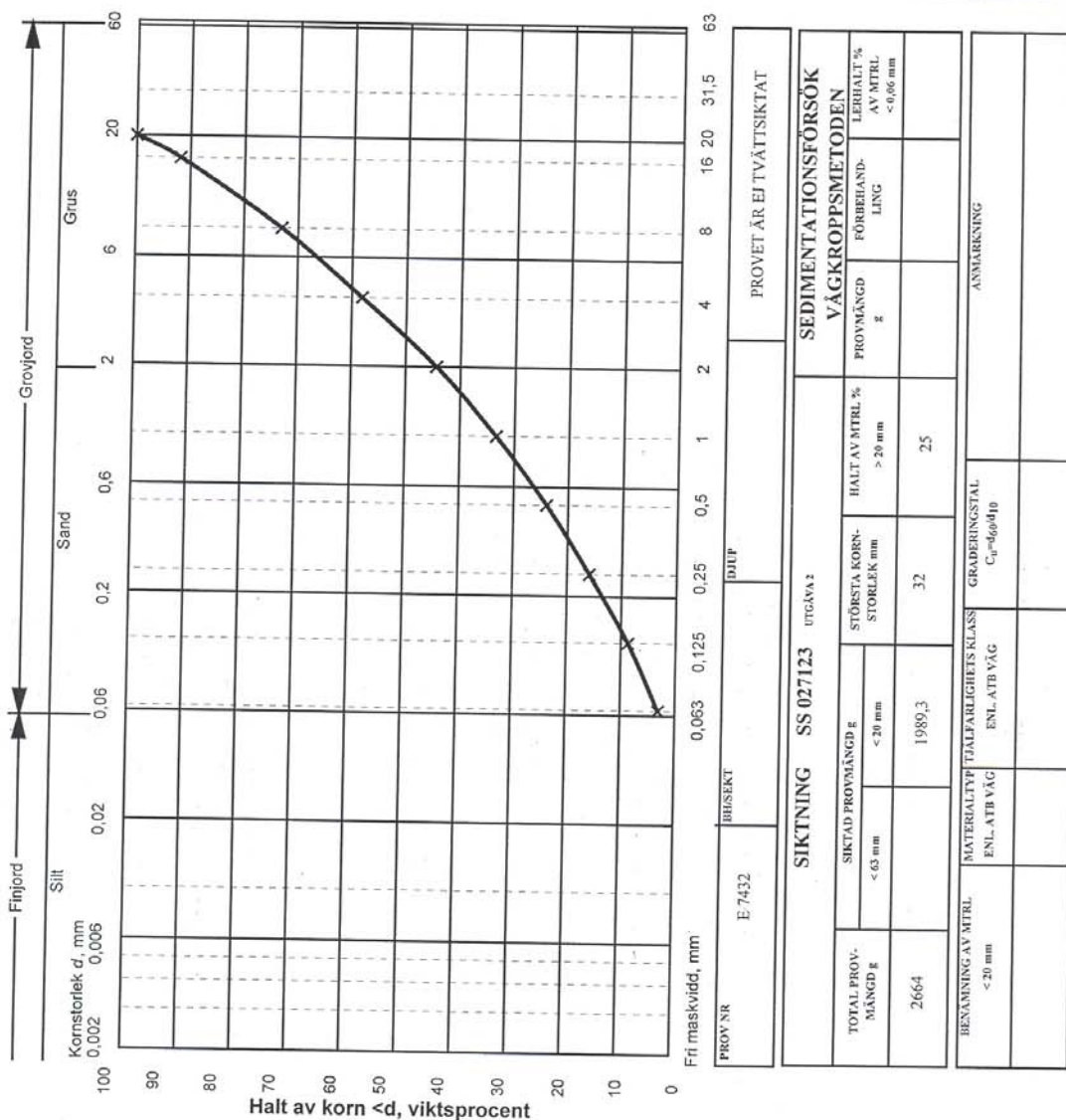


RAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium
REPORT is issued by an Accredited Laboratory

KORNFÖRDELNING FRAKTIONSINDELNING 1981

03017 Geomnova Filterförsök			Diagram	I
Prov E 7432			Dnr	
Ankomstdatum	Provtagningsredskap	Laboratorieundersökning Datum	Datum	2003-04-24
		Utförd av 2003-04-23	Teknisk ledare	Bau <i>Bettie Ansell</i>
				Mly



PROV NR E 7432	BRÖSEKT	DIJUP	PROVET ÄR EJ TVÄTTSIKTAT
SIKTNING SS 027123 UTGÅVA 2			
TOTAL PROV-MÄNGD g	SIKTAD PROV-MÄNGD g	STÖRSTA KORNSTORLEK mm	HALT AV MTRL. > 20 mm
2664	< 63 mm	32	25
	< 20 mm	1989,3	
BENÄMNING AV MTRL. < 20 mm	MATERIALTYP	TJALFÄRHIGHETS KLASS	GRADERINGSTAL
	ENL. A1B VÄG	ENL. A1B VÄG	$C_p = 0,60 \cdot 10$
			ANMÄRKNING

Akrediterat laboratorium utses av Styrelsen för teknisk ackreditering (SWEDAC) enligt lag. Verksamheten vid de svenska ackrediterade laboratorierna uppfyller kraven enligt SS-EN 45 001. Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte SWEDAC och utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.



STATENS GEOTEKNISKA
INSTITUT

Dnr
Prov nr
Bh/Sekt
Djup

11620
E 7435

SIKTNINGSANALYS

03017
Geoinnova
Filterförsök
Projekt: Prov E 7435
Sedimentationsförsök: NEJ
Siktanalys: JA <20

a Total provmängd, g	4002	f Provmängd < 20 mm före tvättning, g	3057,0
b Största korstorlek, mm	32	g Kvarstannad mängd efter tvättning, g	
c Provmängd >20 mm, g	945	h Passerad mängd efter tvättning, g	0,0
d Halt av mtrl > 20 mm, %	23,61	Provmängd > 63 mm, g	
e Halt av mtrl < 20 mm, %	100,00	Halt av mtrl > 63 mm, %	0,00
		Provmängd < 63 mm, g	4002,0

Maskvidd, mm	Passerad mängd			Kvarstannad mängd		
	Totalprov %	Mtrl <20 mm %	%	g	Delprov A g	Delprov B g
63	100,00		0,00	0		
31,5	100,00		0,00	0		
20	100,00		0,00	0		
Rest						
Summa			0,00	0	0	0
16	93,11	93,11	6,89	210,4	210,4	
8	77,37	77,37	15,74	480,6	480,6	
4	65,65	65,65	11,72	357,9	357,9	
2	55,02	55,02	10,63	324,6	324,6	
1	45,58	45,58	9,44	288,1	288,1	
0,5	36,96	36,96	8,62	263,3	263,3	
0,25	29,36	29,36	7,60	232,1	232,1	
0,125	20,68	20,68	8,67	264,8	264,8	
0,063	8,47	8,47	12,21	372,8	372,8	
< 0,063			8,47			
Rest				258,7	258,7	
Borttvättat				0,0		
Summa				3053,3		
						< 0,063
Ursp. mängd				3057		258,7
Differens				-3,7		

Datum

2003-04-24

Sign

Markus Lyf

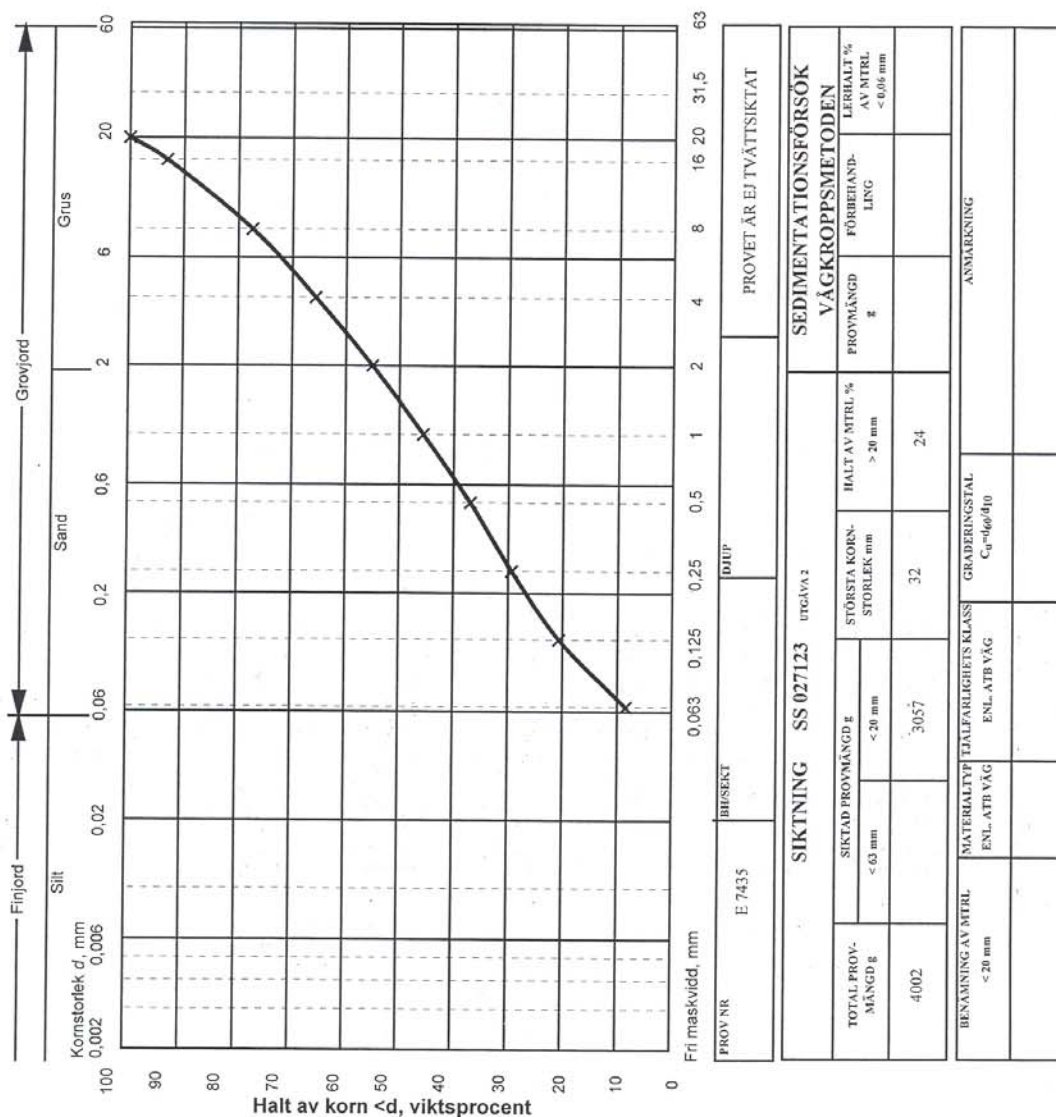


RAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium
REPORT is issued by an Accredited Laboratory

KORNFÖRDELNING FRAKTIONSINDELNING 1981

03017 Geoinnova Filterförsök			Diagram	1
Prov E 7435			Dnr	
Ankomstdatum	Provtagningsredskap	Laboratorieundersökning Datum	Datum	2003-04-24
		Utförd av	Teknisk ledare	Bau <i>Boett</i>
		2003-04-23		
		Mly		



PROV NR	E 7435	IBISEKT		DIJUP		PROVET ÄR EJ TVÄTTSIKTAT
SIKTNING SS 027123 utgåva 3						
TOTAL PROV-MÄNGD g	< 63 mm	SIKTAD PROV-MÄNGD g	< 20 mm	STÖRSTA KORNSTORLEK mm	HALT AV MTRU. %	LERHALT % AV MTRU. < 0,06 mm
4002		3057		32	24	
BENÄMNING AV MTRU. < 20 mm	MATERIALTYP	TÄLFBARLIGHETS KLASS	ENL-ATB VÄG	ENL-ATB VÄG	GRADERINGSTAL $C_u = d_{60}/d_{10}$	ANMÄRKNING

Akrediterat laboratorium utses av Styrelsen för teknisk ackreditering (SWEDAC) enligt lag.
Verksamheten vid de svenska ackrediterade laboratorierna uppfyller kraven enligt SS-EN 45 001.
Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte SWEDAC och utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.

Statens geotekniska institut
581 93 Linköping, telefon 013-20 18 00, telefax 013-20 19 14

Bilaga 3

Analysresultat – filterförsök

From: Analytica AB, 977 75 Luleå. Tfn: 0920/28 99 00. Fax: 0920/28 99 40. Email: lulea@sgab.se
To: GF-konsult EKA-projektet Ref: Åsa Granath [asa.granath@gfkonsult.se]
Program: V3A-N
Ordernumber: L0303754
Report created: 2003-05-15 by Åsa

ELEMENT	Ca	Fe	K	Mg	Na	S	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
SAMPLE	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
3338-E7432 Filtrerat Prov A	147	0,0155	11,9	7,22	48,5	43,8	26,5	<3	171	0,0553	0,218	<0,5	3,33	2,32	7,68	1,16	43,9	8,04
3339-E7432 Ofiltrerat Prov A	151	1,57	12,2	7,82	48,7	44	1330	<3,5	336	0,155	1,13	1,17	27,5	15,8	157	3,12	981	80,3
3340-E7435 Filtrerat Prov A	67,7	0,0217	3,65	1,32	5,07	30,1	53,8	<1	51,2	<0,05	0,085	<0,5	4,77	0,272	1,03	1,46	0,968	9,33
3341-E7435 Ofiltrerat Prov A	67,7	0,324	3,68	1,37	4,99	30,1	337	<1	60,4	<0,05	0,181	<0,5	6,32	1,14	21,9	0,947	7,32	5,23
3343-E7432 Filtrerat Prov B	135	0,0189	10,9	6,63	46,9	43,5	29,3	<2	159	0,0616	0,197	<0,5	3,53	2,27	11,3	0,832	29	7,86
3344-E7432 Ofiltrerat Prov B	135	0,357	11	6,8	46,8	43,6	363	<2	226	0,113	0,462	<0,5	14	36,5	58,9	2,27	163	39,6
3345-E7435 Filtrerat Prov B	61,9	0,0073	3,78	1,45	3,33	32,1	78	<1	60,7	<0,05	0,0632	<0,5	4,24	2,89	3,65	0,531	0,643	2,24
3346-E7435 Ofiltrerat Prov B	63	0,748	4,03	1,91	3,15	31,9	868	<1	217	0,196	0,673	0,692	28	23	153	3,28	53,8	110
7-Ingående vatten Filtrerat Prov B	48,9	<0,004	3,9	1,39	1,04	36	85,4	<1	65,6	<0,05	<0,05	<0,5	1,19	5,93	3,38	<0,5	0,249	2,21
7-Ingående vatten Ofiltrerat Prov B	58,6	2	4,67	3,21	1,09	36,2	2180	<1	356	0,75	2,02	1,74	92,2	97,3	545	11,1	183	412
8-Ingående vatten Filtrerat Prov B	50,8	<0,004	3,91	1,6	1,07	36	98,6	<1	72	<0,05	<0,05	<0,5	1,85	4,94	3,6	<0,5	0,454	2,08
8-Ingående vatten Ofiltrerat Prov B	60,3	1,94	4,72	3,39	1,08	36,3	2240	<18	398	0,82	2,3	1,74	101	98,3	587	13,5	198	441

Please note: This report is preliminary and does not contain all relevant information.
For the definitive and complete reporting of the results, reference is made to the corresponding written and signed report from Analytica.

From: Analytica AB, 977 75 Luleå. Tfn: 0920/28 99 00. Fax: 0920/28 99 40. Email: lulea@sgab.se
To: GF-konsult EKA-projektet Ref: Åsa Granath [asa.granath@gfkonsult.se]
Program: V3A-N
Ordernumber: L0304195
Report created: 2003-05-20 by Åsa

ELEMENT	Ca	Fe	K	Mg	Na	S	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
SAMPLE	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
3380-Sand Nr55 Filtrerat	50	0,0138	5,53	6,69	6,69	42,7	17,2	<1	112	<0,05	0,0615	<0,5	1,43	0,31	128	<0,5	1,86	6,7
3381-Sand Nr55 Ofiltrerat	50	0,023	5,6	6,67	6,77	42,8	33,1	<1	113	<0,05	0,0748	<0,5	1,65	0,401	129	0,682	2,59	2,34
3382-Sand Nr95 Filtrerat	37,1	0,0075	4,22	9,28	12,1	43,3	11,6	<1	111	<0,05	0,0593	<0,5	<1	0,182	169	0,633	0,63	5,17
3383-Sand Nr95 Ofiltrerat	37,1	0,12	4,27	9,3	12	43,1	102	<1	118	<0,05	0,158	<0,5	1,81	0,477	177	0,799	1,89	5,42
3378-Sand No 10 filtrerat	46,8	<0,004	4,68	7,65	7,06	43,2	19,4	<1	75,8	<0,05	0,158	<0,5	1,53	0,064	189	0,584	<0,2	40,1
3379-Sand No 10 Ofiltr,	47,3	1,95	5,09	8,22	7,05	43,2	1460	<1	133	<0,05	1,25	1,51	4,59	0,238	300	1,97	4,98	16,7
14-Ingående vatten Sand Filtrerat	59,1	0,0054	4,22	1,91	1,13	41,7	77,5	<1	73,1	<0,05	<0,05	<0,5	1,72	5,38	4,23	0,61	0,538	13,2
14-Ingående vatten Sand Ofiltrerat	83,5	4,23	6,13	6,07	1,34	42,2	4880	2,26	399	1,92	4,59	3,78	227	76,8	1380	29,9	445	988

For the definitive and complete reporting of the results, reference is made to the corresponding written and signed report from Analytica.

From: Analytica AB, Nytorpsvägen 16, 183 25 Täby. Tfn: 08/52 77 52 00. Fax: 08/768 3423. Email: taby@analytica.se
To: GF-konsult EKA-projektet Ref: Åsa Granath [elke.myrhede@geoinnova.se]
Program: OV-22
Ordernumber: T0301965

Report created: 2003-06-23 by Monika

ELEMENT	SAMPLE	3344 - E7432 ofiltrerat prov B	3346 - E7435 ofiltrerat prov B	3350 - Lakvatten ofiltrerat prov B
2,3,7,8-tetraCDD	ng/l	<0,020	<0,020	<0,020
1,2,3,7,8-pentaCDD	ng/l	<0,040	<0,040	<0,040
1,2,3,4,7,8-hexaCDD	ng/l	<0,060	<0,060	<0,060
1,2,3,6,7,8-hexaCDD	ng/l	0,13	0,45	2,8
1,2,3,7,8,9-hexaCDD	ng/l	<0,060	<0,060	0,16
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDD	ng/l	0,21	0,55	2,7
oktakilordibensodiox	ng/l	0,8	1,4	3,7
2,3,7,8-tetraCDF	ng/l	0,67	12	14
1,2,3,7,8-pentaCDF	ng/l	0,44	3,2	8,9
2,3,4,7,8-pentaCDF	ng/l	0,33	3,1	5,4
1,2,3,4,7,8-hexaCDF	ng/l	0,63	3,5	12
1,2,3,6,7,8-hexaCDF	ng/l	0,16	0,66	2,3
1,2,3,7,8,9-hexaCDF	ng/l	<0,060	0,86	0,23
2,3,4,6,7,8-hexaCDF	ng/l	<0,060	0,23	0,58
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDF	ng/l	0,37	1,3	6,3
1,2,3,4,7,8,9-heptaCDF	ng/l	<0,080	0,35	1,3
oktakilordibensofuran	ng/l	<0,20	0,59	2,3

Please note: This report is preliminary and does not contain all relevant information.
For the definitive and complete reporting of the results, reference is made to the corresponding written and signed report from Analytica.

Bilaga 4

Analysresultat – Sekventiell lakning

Sekventiell lakning, steg 1 – 5 för varje jordprov.

E74431						E7432				
	E 7431-1	E 7431-2	E 7431-3	E 7431-4	E 7431-5	E 7432-1	E 7432-2	E 7432-3	E 7432-4	E 7432-5
[mg/l]										
Ca	939	44.8	1010	170	43.3	134	34.7	770	5.65	5.1
Fe	0.0842	1.4	181	9.09	159	0.157	2.45	90.4	19.1	29.3
K	62.9	17	44.7	4.22	4640	60.7	14.9	4.27	4.84	4540
Mg	4.36	2.69	37.9	8.04	6.59	1.89	0.369	15.2	10.4	6.83
Na	15600	8310	119	1.71	1.55	15300	8470	115	1.21	1.3
S	684	9.08	32.9	126	36.6	1.91	<0.3	6.15	3.36	2.32
[µg/l]										
Al	500	1730	84100	32000	18700	369	1350	74900	23400	9840
As	1.13	2.12	28.9	7.16	<74	2.18	2.51	78.6	3.73	<72
Ba	556	878	4130	1300	8520	1770	417	6180	2790	825
Cd	1.12	1.05	19	1.6	2.2	0.214	0.289	9.39	1.3	1.8
Co	<0.05	1.43	67.8	9.81	19.2	0.233	0.949	19.6	19.2	11.5
Cr	1.78	4.44	64.8	50.8	48.3	2.27	4.86	54.5	37.1	43.6
Cu	32.2	230	3080	537	108	15.6	46.8	347	305	70.1
Hg	287	457	2020	2730	810	114	136	1600	184	64.7
Mn	114	591	21500	296	643	79.2	348	4310	360	319
Ni	2.52	11.7	405	81.2	83.6	0.531	5.95	63.5	38.8	49.1
Pb	121	425	5930	82	263	7180	30200	285000	963	120
Zn	92.5	753	6990	2270	445	13.2	83.6	1260	246	280

E7434						E7435				
	E 7434-1	E 7434-2	E 7434-3	E 7434-4	E 7434-5	E 7435-1	E 7435-2	E 7435-3	E 7435-4	E 7435-5
[mg/l]										
Ca	10.2	0.4	14.1	4.3	2.65	41.6	1.5	64.2	5.73	5.07
Fe	0.04	0.6	48.5	5.67	24.4	0.0619	8.3	87.1	19.8	67.4
K	80	15.8	4.48	4.42	4910	42.2	14.5	3.02	3.76	4440
Mg	0.29	<0,2	11.3	5.67	11.8	0.375	<0,2	16.3	9.17	24.3
Na	15400	8450	9.36	0.982	2.23	15500	8580	26.5	4.32	1.39
S	<0.3	<0.3	<0.2	<0.2	1.75	<0.3	<0.3	<0.2	0.495	2.92
[µg/l]										
Al	220	664	25700	8690	13600	577	6180	57800	16100	29000
As	<1	<1	<10	<1	<80	<1	4.34	<20	2.28	<100
Ba	584	28	199	103	38.9	371	45.7	391	104	74.9
Cd	0.267	0.139	1.22	0.261	1.71	0.0903	0.205	1.16	0.925	1.4
Co	0.191	0.177	22.4	6.05	14.7	0.134	0.823	40.4	104	56.2
Cr	1.85	2.62	40.9	10.5	35.5	2.04	7.4	86.2	2600	1300
Cu	17.4	23.4	207	81.7	35.9	8.28	25.7	366	1980	295
Hg	26.7	10.2	42.8	12	1.95	1.25	1.86	4.68	1.42	0.967
Mn	16.3	19.3	1040	198	450	47.3	217	5550	542	834
Ni	2.8	4.97	39.9	11.6	31.6	0.604	5.41	59.7	3070	827
Pb	47.5	56	359	7.49	81.5	9.57	34.6	387	84.4	49
Zn	10.5	15.8	427	109	5890	5.89	18	394	187	770

Lakvolym: steg-1: 30 ml, steg-2 110 ml, steg-3 40ml, steg 4 50 ml, steg-5 50 ml.