

# Kostnadseffektiv analysmetod för dioxiner

RAPPORT 5628 • DECEMBER 2006



Kunskapsprogrammet

**HÅLLBAR  
SANERING**



# Kostnadseffektiv analys- metod för dioxiner

Peter Haglund, Umeå universitet

**Beställningar**

Ordertel: 08-505 933 40

Orderfax: 08-505 933 99

E-post: [natur@cm.se](mailto:natur@cm.se)

Postadress: CM-Gruppen, Box 110 93, 161 11 Bromma

Internet: [www.naturvardsverket.se/bokhandeln](http://www.naturvardsverket.se/bokhandeln)

**Naturvårdsverket**

Tel 08-698 10 00, fax 08-20 29 25

E-post: [natur@naturvardsverket.se](mailto:natur@naturvardsverket.se)

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se)

ISBN 91-620-5628-X.pdf

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2006

Tryck: CM Digitaltryck AB  
Elektronisk publikation

Omslagsbild: Thomas Liljedahl, Umeå universitet

# Förord

Ett av riksdagens miljömål är Giftfri miljö, och i detta mål ingår att efterbehandla och sanera förorenade områden. Brist på kunskap om risker med förorenade områden och hur de bör hanteras har identifierats som hinder för ett effektivt saneringsarbete. Naturvårdsverket har därför initierat kunskapsprogrammet Hållbar Sanering.

Den här rapporten redovisar projektet ”Kostnadseffektiv analysmetod för dioxiner” som har genomförts inom Hållbar Sanering. I projektet har en billigare analysmetod för dioxiner utvecklats och validerats genom jämförelse med en etablerad metod.

Arbetet har utförts av Peter Haglund vid Umeå universitet. Kontaktperson för Hållbar Sanering har varit Thomas von Kronhelm på SAKAB.

Naturvårdsverket har inte tagit ställning till rapporten. Författarna svarar själva för innehåll, slutsatser och eventuella rekommendationer.

Naturvårdsverket december 2006



# Innehåll

<b>1</b>	<b>SAMMANFATTNING</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>SUMMARY</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>BAKGRUND</b>	<b>8</b>
3.1	Föroreningskällor	8
3.1.1	Träimpregnering	8
3.1.2	Kloralkaliindustri	8
3.1.3	Bekämpningsmedel	9
3.1.4	Massaindustri	9
<b>4</b>	<b>UPPARBETNINGS- OCH ANALYSMETODER</b>	<b>10</b>
4.1	Accelererad solvet extraction	10
4.1.1	Metodbeskrivning	11
4.2	GC/HRMS	12
4.3	ELISA Immunoassay	12
4.4	Två-dimensionell GC (GCxGC)	12
<b>5</b>	<b>METODUTVÄRDERING</b>	<b>13</b>
5.1	Inledande studier av klorfenoljord	13
5.2	Test av ytterligare klorfenoljord	14
5.3	Screening av flera jordtyper och jämförande analys med ELISA	16
<b>6</b>	<b>SLUTSATSER</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>KUNSKAPSSPRIDNING</b>	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>FRAMTIDEN</b>	<b>21</b>
<b>9</b>	<b>REFERENSER</b>	<b>22</b>

# 1 Sammanfattning

Det finns i Sverige idag ett stort antal tomter som är förorenade med dioxiner. För att kunna göra en kartläggning av vilka och hur stor del av dessa som kräver sanering finns behov att en pålitlig screeningmetod för dioxiner i jord. Idag används dyra och tidskrävande upprepningsprocesser innan analys med gaskromatografi – högupplösande masspektrometri (GC/HRMS). Det är en väldigt exakt metod men väldigt tids- och resurskrävande.

Att använda sig av högtrycksvätskeextraktion (*eng.* accelerated solvent extraction, ASE) med en integrerad kolfälla ger betydande effektiviseringsvinster. Metoden har testats genom att upparbeta prover parallellt med ASE med kolfälla och med den traditionella metoden. De båda metoderna gav motsvarande resultat och båda var applicerbara på olika jordar med varierande dioxinhalt. Den nyutvecklade metoden håller nu på att testas av ett kommersiellt analyslaboratorium.

Ytterligare effektivisering skulle gå att nå om den dyra GC/HRMS detektionstekniken böts mot betydligt billigare och rationellare immunologisk teknik. ASE extrakt har analyserats parallellt med Immunoassay (ELISA) och GC/HRMS med jämförbara resultat. Ytterligare validering krävs dock innan denna kombination kan anses mogen för allmänt bruk.

## 2 Summary

In Sweden a large number of industrial sites have been contaminated with dioxins. In order to investigate such sites and determine which need to be remediated there is a huge need for accurate and cost-efficient screening methods. Current methods that rely on extensive manual sample extraction and clean up and analysis by gas chromatography and high-resolution mass spectrometry (GC-HRMS) are tedious, slow and costly.

Studies performed within this project indicate that accelerated solvent extraction, ASE, with simultaneous sample purification might be such an alternative. It seems to produce results comparable with the traditional Soxhlet extraction and multi-column clean up technique for soils of various origin and degree of pollution.

However, to fully utilize the potential of the ASE methodology it should be complimented with an equally fast and cost-efficient detection technique. One such alternative, ELISA immunoassay, has been tested within the project with promising results. Further validation is however needed before it can be used on a wider scale. It might also be necessary to compliment the ELISA measurements with GC-HRMS analysis of a few selected samples to establish site-specific correction factors that may be used to correct the data for differences between the individual dioxin congeners ELISA response and their corresponding relative toxicities *vs.* the most toxic dioxin TCDD (2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin).



## 3 Bakgrund

Dioxiner brukar räknas till de mest giftiga ämnen som finns. De är väldigt persistenta i naturen vilket betyder att de är väldigt svåra att bryta ner. Dioxiner är lipofila vilket innebär att de gärna ansamlas i fett och har därför lätt att anrikas upp i näringskedjan. Många mark och sedimentområden är idag kraftigt förorenade av dioxin. Dioxinet binder väldigt hårt till marken vilket innebär att spridningsgraden inte är speciellt stor men risken för urlakning finns alltid speciellt vid stora vattenflöden etc. Det finns också en betydande risk att maskar och andra smådjur tar upp dioxinerna och därmed för in dem i näringskedjan.

Dioxiner är ett vardagligt samlingsnamn för polyklorerade dibenso-*p*-dioxiner och polyklorerade dibensofuraner (PCDD/F). Det finns totalt 210 varianter av dioxiner (även kallade kongener) med det är 17 stycken som är prioriterade eftersom dessa är persistenta, ackumuleras i näringskedjan och är väldigt toxiska. Giftigheten mellan de olika kongenerna kan dock variera. Som den giftigaste kongenen räknas 2,3,7,8-Tetrachloro-*p*-dibenzo-*p*-dioxin (TCDD). Giftigheten hos övriga kongener kan uttryckas som delar av giftigheten hos TCDD och ges en TCDD ekvivalensfaktor (TEF). Exempelvis kommer ett ämne som har 10 % av den giftighet som TCDD har få ett TEF på 0.1. För att kunna jämföra föroreningsgraden på olika platser med olika relativa halter av de olika kongenerna (kongenprofil) brukar man räkna ut en total dioxinekvivalens (TEQ). Den beräknas genom att koncentrationen av alla kongener multipliceras med sitt TEF värde och sedan summeras alla produkter.

### 3.1 Föroreningskällor

Dioxiner har aldrig producerats för kommersiella syften utan bildas som en biprodukt i en rad processer där klor ingår som en komponent. Många av dessa processer används inte idag men de dioxiner som bildats är mycket persistenta och finns därför kvar under lång tid. De olika förorenande processerna beskrivs nedan.

#### 3.1.1 Träimpregnering

För att skydda trä från att ruttna och mögla så var det under 1960 och 1970 talen vanligt att använda pentaklorfenol (PCP) som impregneringsmedel. I PCP fanns PCDD/F som förorening och den ovarsamma hanteringen av PCP ledde till en stor spridning av dioxiner i de områden där impregnering skett.

#### 3.1.2 Kloralkaliindustri

I kloralkaliindustrin produceras bl.a. den lut som används i våra massfabriker. I processen används grafittelektroder. Dessa reagerade tyvärr med klor och bildade dioxiner som sedan hamnade i ett grafitlam. Deponering av grafitlam inom området förorenade marken och läckage från slammet ut i recipienten har gjort att även sediment i närliggande vattendrag ofta blivit kraftigt förorenade med dioxiner.

### **3.1.3 Bekämpningsmedel**

Hormoslyr och Karmex 80 är två varianter av avlövningsmedel som användes under 70- och 80-talen. Dessa användes för att hålla banvallar fria från sly av bl.a. SJ. Avlövningsmedlen var dock tyvärr förorenade med dioxiner vilket innebär att stora områden i närheten av järnvägar nu är dioxinförorenade.

### **3.1.4 Massaindustri**

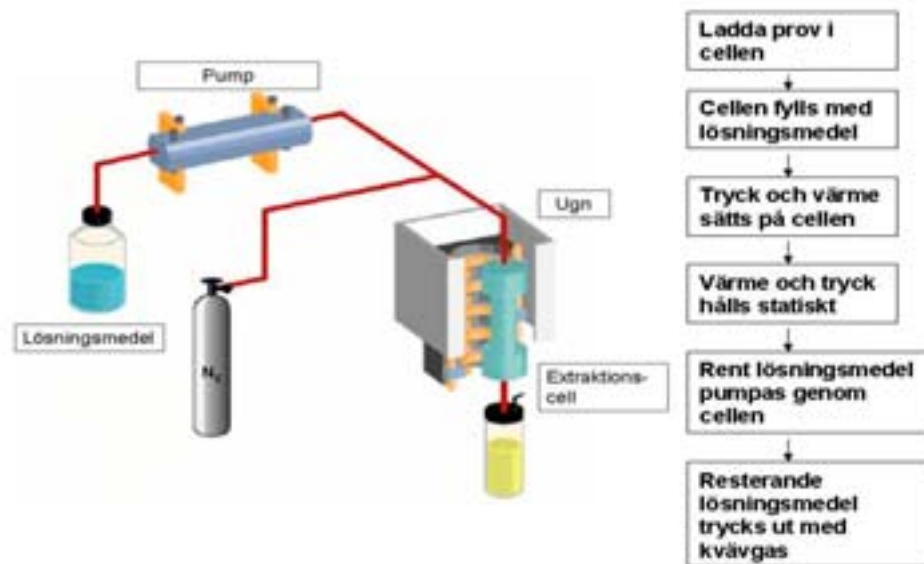
Fram till slutet av 1980-talet var det vanligt att klorgas användes för att bleka pappersmassa inom cellulosaindustrin. Detta innebar att dioxiner bildades och släpptes ut i våra vattendrag. Även om klorgas inte används längre inom massaindustrin finns stora fiberbankar längs våra kuster förorenade med dioxiner.

## 4 Upparbetnings- och analysmetoder

För att kunna detektera dioxiner så krävs selektiva och känsliga analystekniker. Traditionellt så används idag Soxhlet (återloppskokning) som följs av en flerstegsrening med många kolonner. Provet analyseras sedan med hjälp av gaskromatografi som kopplas ihop med högupplösande masspektrometer (GC/HRMS). Denna metod är exakt men tidskrävande och mycket dyr. Att analysera ett prov kan kosta så mycket som 10000 kr. Detta gör att det finns ett behov av billigare och snabbare upparbetningsmetoder men även snabbare analysmetoder.

### 4.1 Accelererad solvet extraction

ASE (Accelerated solvent extraction) även känd som PLE (Pressurized liquid extraction) är en metod där man genom att sätta provet under högt tryck och hög temperatur kraftigt kan reducera både tids- och lösningsmedelsåtgång vid extraktion av provet (**Figur 1**). ASE har också den fördelen att den är lätt att automatisera. Ett flertal studier har visat att ASE kan matcha extraktionseffektiviteten hos Soxhlet [Popp, 1997; Richter, 1997; Bautz, 1998].



Figur 1. Principskiss för ett ASE-system.

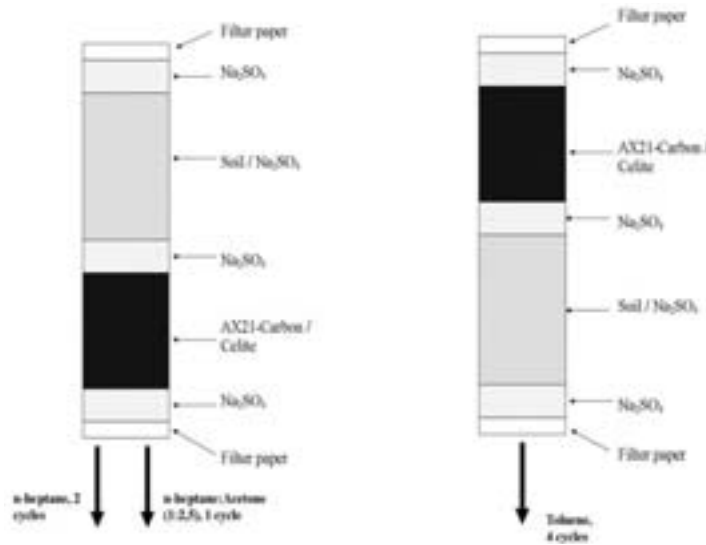
Genom att addera kol som en adsorbent i cellen har man vid extraktion av biologiska prover (fiskmjöl, fiskolja) även kunnat ta bort det dyra och tidskrävande uppreningssteget som följer på extraktionen. Kolfällan består av aktivt kol utblandat med en inert bärare (Celite). PCDD/F binder mycket starkt till aktivt kol medan övriga ämnen och föroreningar som finns i provet ”spolas” igenom cellen. I nästa steg vänds cellen och dioxinerna ”backspolas” ut med hjälp av ett starkt lösningsmedel. Metoden har visat sig vara mycket lovande och resultaten från en metodvalideringsstudie finns publicerade i internationella vetenskaplig press [Sporring, 2003].

Syftet för detta projekt var att undersöka om ovan beskrivna metod även är applicerbar på jordprover. Jord är en mycket mer komplex matris än vad biologiska prover så metoden kan behöva modifieras.

#### 4.1.1 Metodbeskrivning

Tillvägagångssättet för samtida ASE extraktion och upprensning med hjälp av den integrerade kolfällan är enligt följande.

- Jord mals och torkas.
- Cellerna packas med, i nämnd ordning, ett filterpapper av cellulosa, natriumsulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), ca. 2 gram kolblandning,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  samt provet blandat med  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (Figur 2).
- Internstandard (IS) bestående av  $^{13}\text{C}$ -isotoper av de 17 prioriterade PCDD/F tillsätts.
- Cellen fylls upp med  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , ett filterpapper läggs på och cellen stängs.
- Cellen placeras i en ASE för automatiserad processning
- Extraktionsmedel (*n*-heptan) pumpas in i cellen och trycket hålls statiskt under 5 min vid 100°C.
- Cellen sköljs ren med nytt lösningsmedel och extraktionen återupprepas.
- Provet extraheras med en blandning av *n*-heptan och aceton (1:2.5) enligt ovan.
- Cellen vänds manuellt.
- Dioxiner sköljs ut ur cellen med fyra cykler toluen. Under varje cykel hålls trycket statiskt under 7 min vid 180°C.
- Högkokande lösningsmedel tillsätts (tetradekan) och toluenet dunstas bort.
- Provet renas över en liten kolonn fylld med ~0.2g 30% kaliumhydroxid på kiselgel (vikt/vikt), ~0.2g kiselgel, ~0.4g 40% svavelsyra på kiselgel (vikt/vikt) samt 0.1 g  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  för att ta bort eventuella föroreningsrester.
- Återfinningsstandard (RS) bestående av  $^{13}\text{C}$  märkta kongener med olika kloreringsgrad tillsätts (inte samma som används i IS) för att se hur mycket av IS som återstår efter extraktion och upprensning.
- Proverna indunstas slutligen i tetradekan och provet analyseras med GC/HRMS, immunoassay (IA) eller två-dimensionell gaskromatografi (GC×GC).



Figur 2. Skiss för packning och extraktion av ASE-cell

## 4.2 GC/HRMS

Den vanligaste analysmetoden idag för dioxiner är GC/HRMS. Till provet sätts <sup>13</sup>C inmärkta standarder för noggrann bestämning av halter. Detta är dock en dyr och tidskrävande metod med ett stort underhållsbehov.

## 4.3 ELISA Immunoassay

Immunoassay (IA) är en metod där antikroppar används för att detektera dioxiner i prov. ELISA är inte selektiv för specifika kongener men ger en uppskattning av det totala TEQ-värdet i ett prov. Detta sker genom att de olika kongenerna binder in olika starkt till antikroppen så att den totala inbindningen ger en uppskattning av TEQ-värdet.

## 4.4 Två-dimensionell GC (GCxGC)

I två-dimensionell gaskromatografi (GCxGC) så separeras ämnena i två dimensioner istället för en. I och med att störande ämne separeras bort från PCDD/F kan dessa detekteras med en elektroninfångningsdetektor (ECD) som är lika känslig som GC/HRMS men mindre selektiv.

# 5 Metodutvärdering

## 5.1 Inledande studier av klorfenoljord

I en första omgången så undersöktes ett jordprov från före detta Sikeå såg som låg en bit utanför Robertsfors i Västerbottens län. Denna jord har riktigt höga dioxinhalter. Vid tidigare analyser har TEQ-halten uppmätts till 17500 ng/kg<sub>torrvikt</sub>. I detta försök användes ASE med kolfälla och samtliga fraktioner analyserades på med avseende på dioxininnehåll. Resultatet ses i **Tabell 1**. Alla <sup>13</sup>C-märkta dioxin-IS hamnade i första toluenfraktionen. Halterna i resterande fraktioner har bestämts med hjälp av RS.

**Tabell 1.** Dioxinmängder (omräknade till ng TEQ/kg<sub>torrvikt</sub>) i samtliga ASE fraktioner som erhöles vid analys av ett jordprov från Sikeå.

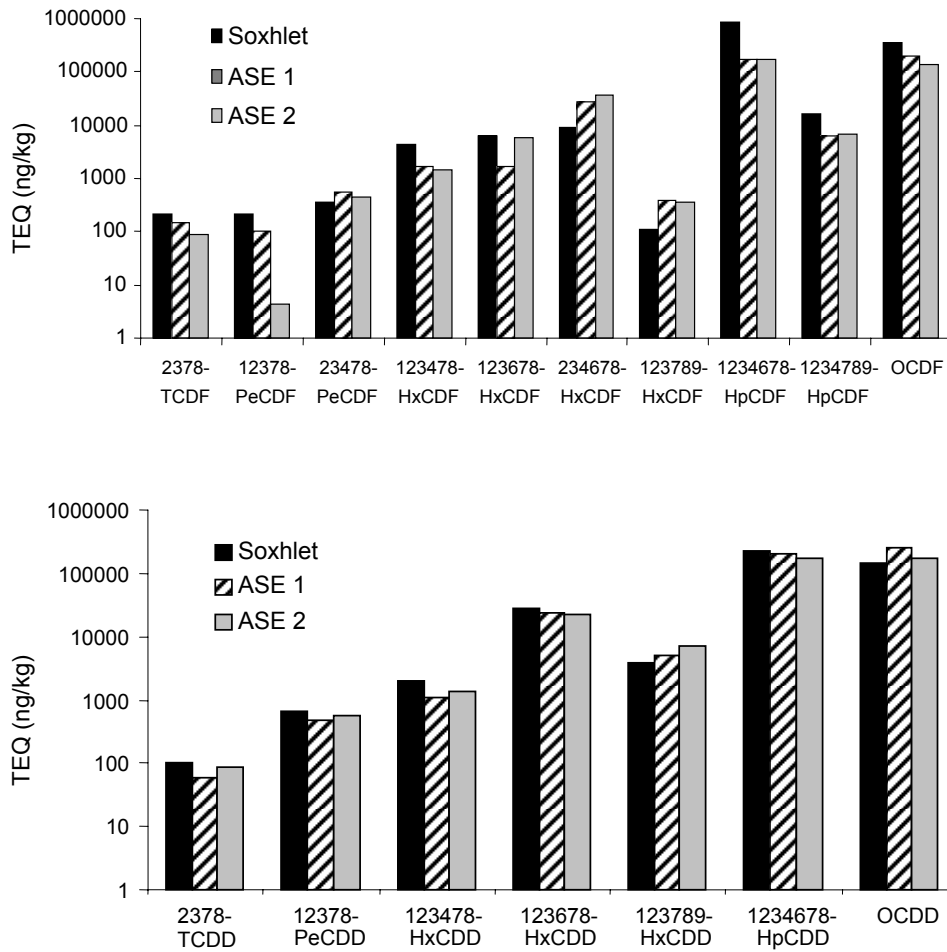
	Heptan	Heptan/ Aceton	Toluen 1	Toluen 2	Toluen 3	Toluen 4	Total
<b>ASE 1</b>	0	0	9400	250	600	150	10800
<b>ASE 2</b>	10	0	10200	330	210	230	12000

Resultat från traditionell upparbetning är 17500 ng TEQ/kg<sub>torrvikt</sub>.

Merparten av dioxinerna hamnar i den första toluenfraktionen men att det finns även dioxiner i de övriga toluenfraktionerna. Det rör sig dock bara om någon procent av det totala. Halten av dioxiner i de första fraktionerna (Heptan och Heptan/Aceton) är i princip noll. Att den totala halten i ASE fraktionerna understiger halten från den som erhöles med traditionella upparbetningen behöver inte automatiskt betyda en sämre extraktionsgrad eftersom jordprover i allmänhet är väldigt komplexa och heterogena så halterna kan variera inom samma prov.

Ytterligare stöd för att ASE och Soxhlet extraherar dioxiner lika bra går att finna i dioxinprofilerna. **Figur 3** visar att dessa är mycket lika för de båda teknikerna. Om kolet inte bundit upp dioxinerna utan vissa (främst lågklorerade) PCDD/F sköljts rak igenom kolfällan eller om vissa PCDD/F (främst högklorerade) bundits för hårt till kolet och inte släppt vid ”bakspolning” med toluen skulle profilerna skilja mellan teknikerna.

Sammantaget tyder dessa inledande studier på att extraktion och upprening av dioxiner fungerat tillfredställande.



**Figur 3.** Kongenprofiler för polyklorerade dibensofuraner (övre grafen) och dibenso-*p*-dioxiner (nedre grafen) i jord från Sikeå.

## 5.2 Test av ytterligare klorfenoljord

I nästa omgång så upprepades försöken med duplikat analys av jord från Sikeå och analys av jordprov från Hanssons såg som ligger i Luleå. I detta försök analyserades bara de fyra toluenfraktionerna då inga dioxiner hittades i de tidigare fraktionerna vid de tidigare försöken (**Tabell 1**). Resultatet jämfördes även här med analyser som tidigare gjorts med traditionella analysmetoder. En sammanställning av resultaten finns i **Tabell 2 och 3**.

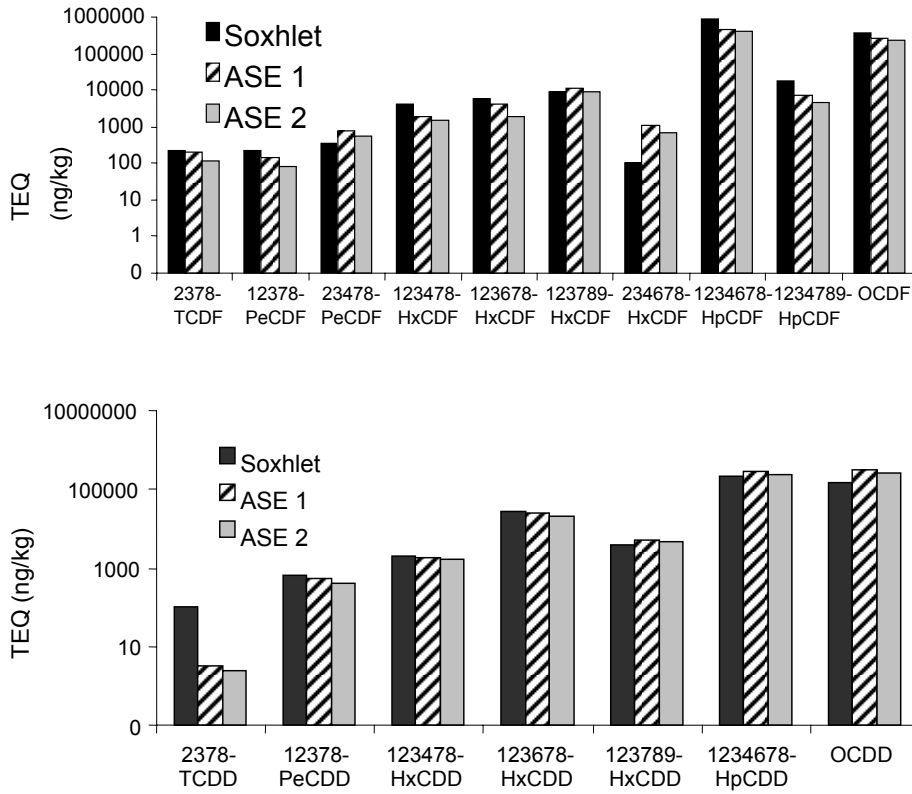
**Tabell 2.** Dioxinmängder (omräknade till ng TEQ/kg torrsvikt) i samtliga toluenfraktioner som erhöles vid ASE av ett jordprov från Sikeå.

	<i>Toluen 1</i>	<i>Toluen 2</i>	<i>Toluen 3</i>	<i>Toluen 4</i>	<b>Total</b>
<b>ASE #1</b>	9100	400	230	170	9900
<b>ASE #2</b>	8700	320	170	130	9300

Resultat från traditionell upparbetning är 17500 ng TEQ/kg torrsvikt.

Totalhalten TEQ i jorden är lägre i detta fall vilket är ytterligare bevis för jordens heterogenitet. Även här finns högsta halten i första toluen fraktionen och bara någon procent finns i övriga fraktioner.

Kongenprofilen ser ut precis som i första omgången (**Figur 4**). Fördelningen mellan låg och högklorade kongener är i princip densamma för de båda upprensningssätten.



**Figur 4.** Kongenprofiler för polyklorerade dibenzofuraner (övre grafen) och dibenzo-*p*-dioxiner (nedre grafen) i jord från Sikeå (försöksomgång 2).

För jordarna från sågverkstomten i Luleå är variationen mellan de två duplikaten större (**Tabell 3**) och att båda ligger över det värde som erhöles med den traditionella metoden (240 ng TEQ/kg torrsvikt).

**Tabell 3.** TEQ(ng/kg<sub>torrsvikt</sub>) i toluenfraktionerna från ASE av ett jordprov från Luleå.

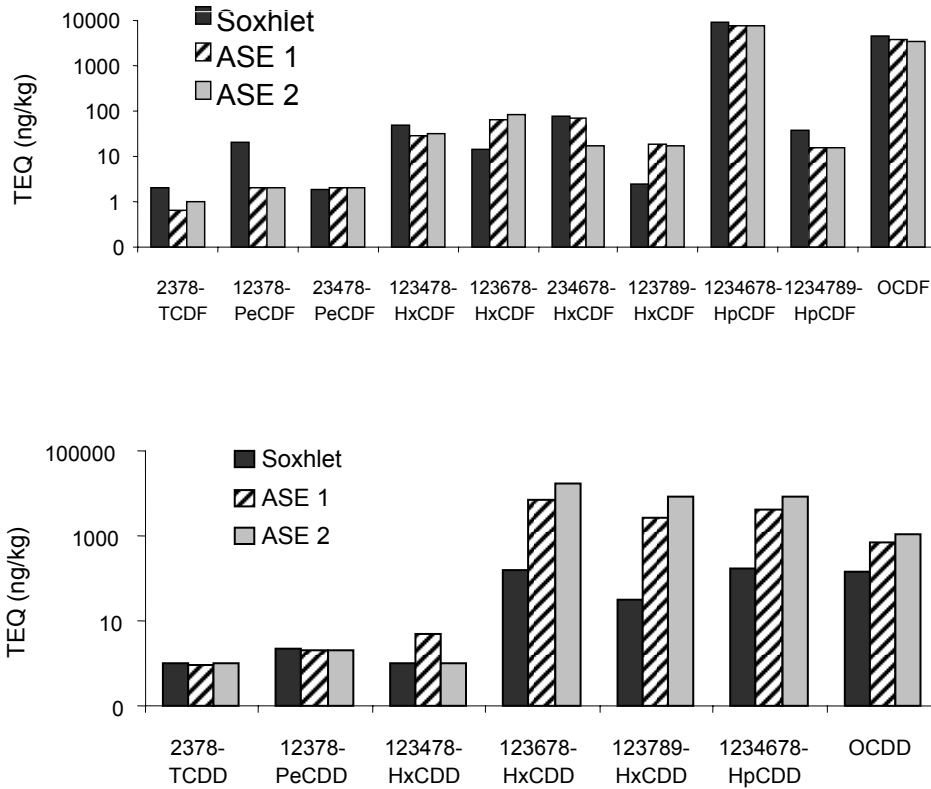
	<i>Toluen 1</i>	<i>Toluen 2</i>	<i>Toluen 3</i>	<i>Toluen 4</i>	<b>Total</b>
<b>ASE #1</b>	900	30	10	10	950
<b>ASE #2</b>	2500	20	10	10	2500

Resultat från traditionell upprensning är 240 ng/kg<sub>torrsvikt</sub>

Liksom tidigare finns princip all TEQ i den första fraktionen medan endast spår-mängder återfinns i de övriga fraktionerna (**Tabell 3**)



Kongenprofilerna stämmer bra överens med varandra även här vilket tyder på att extraktionen varit fullständig så att varken hög eller lågklorerade PCDD/F försvunnit i upparbetningen (**Figur 5**).



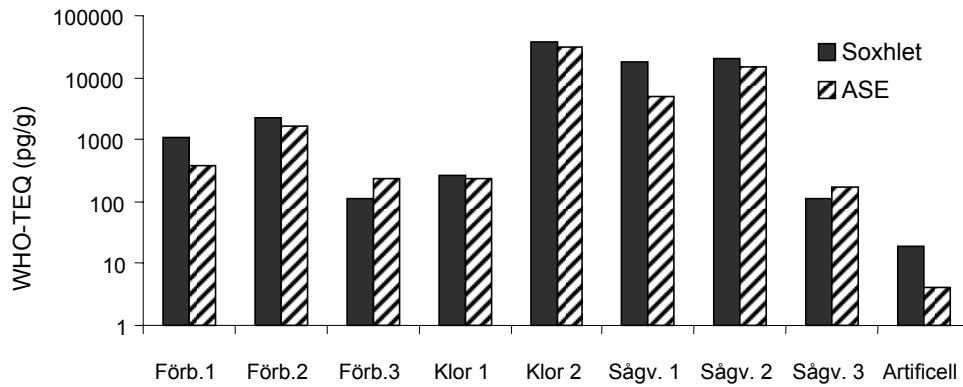
**Figur 5.** Kongenprofiler (TEQ, pg/kg) för polyklorerade dibensofuraner (övre grafen) och dibenso-*p*-dioxiner (nedre grafen) i jord från Luleå.

### 5.3 Screening av flera jordtyper och jämförande analys med ELISA

Den tredje omgången var en större studie där ett antal jordprover från olika typer av tomter screenades. Det var totalt 9 prover, där 3 var från olika sågverkstomter, 3 var från tomter i Uruguay där kablar förbränts i syfte av att utvinna koppar, 2 var från en kloralkali industri och det sista var en artificiell jord med bakgrundshalter av dioxin.

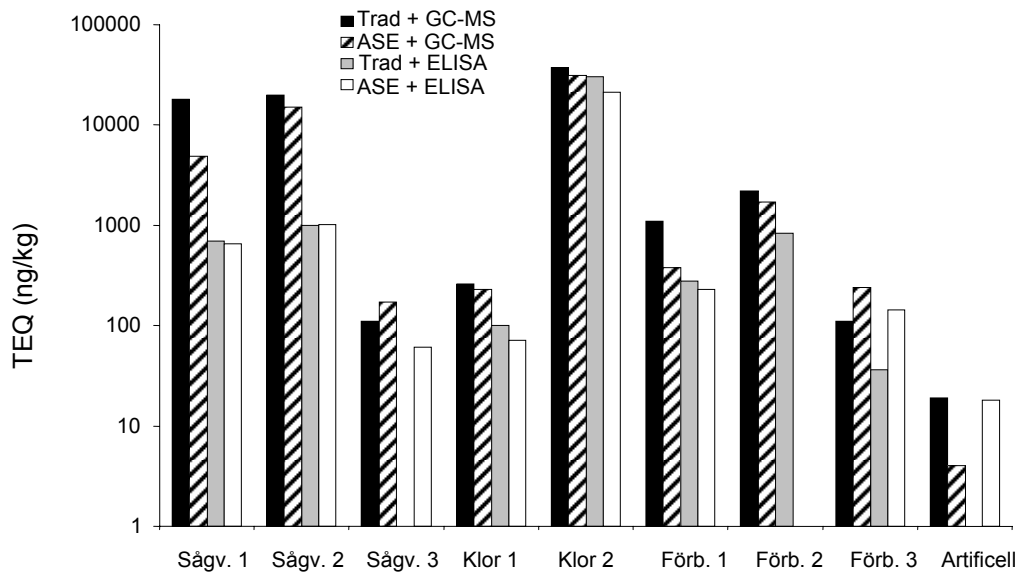
Tillvägagångssättet vid analys av dessa prover var något annorlunda. De fyra toluenfraktionerna slogs samman innan analysen och endast en total halt räknades ut för varje prov. I denna studie undersöktes också om ELISA (Immunoassay) kunde användas som en alternativ detektionsteknik.

En sammanfattning av resultaten visas i **Figur 6**. Jämförelsen visar på goda resultat för ASE extraktionen. I samtliga fall ligger de på samma nivå som den traditionella upparbetningen. Detta indikerar att metoden är kapabel att klara av många olika typer av jordar med olika PCDD/F halter och profiler.



**Figur 6.** Jämförelse av TEQ-halter (pg TEQ/ g torrvtikt) för jord extraherad med ASE respektive Soxhlet.

I ett samarbete med University of California, Davis i USA undersöktes vidare om motsvarande resultat skulle kunna uppnås med en ELISA Immunoassay. Resultaten redovisas i **Figur 7**.



**Figur 7.** Jämförelse av analysresultat som erhållits med fyra olika analysmetoder. På grund av analysproblem saknas ELISA resultat för Sågverk 3, Förbränning 2 och artificiell jord.

Vissa av ELISA analyserna gav betydligt lägre TEQ värde än GC/MS. Detta beror förmodligen på att de olika kongenerna binder olika starkt till antikroppen och att denna förmåga inte alltid stämmer överens med de ansatta TEF-värdena. Exempel är TEF-värdet för 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF har satts till 0.1 medan korsreaktiviteten i ELISA (inbindningsförmågan i förhållande till TCDD) bara är 0.0006 [Shan, 2001]. Detta innebär att jordar med mycket av de högklorerade PCDD/F-kongener

kan underskattas av ELISA. Känner man till kongenprofilen för en jord kan dock detta rättas till genom att en korrektionsfaktor multipliceras med värdet.

Dessa resultat har publicerats i den internationella tidskriften *Analytical & Bio-analytical chemistry* [Nording, 2006].

## 6 Slutsatser

ASE med en integrerad kolfälla har god potential och bör kunna användas som en tillförlitlig screeningmetod dioxiner i jord. Såväl halter som kongenerprofiler stämmer bra överens mellan den nya ASE metoden och den traditionella GC-HRMS metoden. ASE metoden ser ut att kunna tillämpas på en rad olika jordar med olika halt och karaktär. Den är även lätt att automatisera och därmed billigare och snabbare än den traditionella metoden. Automatiseringen minskar även risken för mänskliga fel.

Det finns även indikationer på att kostnaden kan reduceras ytterligare genom att ersätta den dyra GC/HRMS analysen med en snabb och billig Immunoassay. GC/HRMS analys av stickprover kommer dock fortfarande att krävas för att verifiera data och för att kunna etablera tillförlitliga korrektionsfaktorer.

## 7 Kunskapsspridning

Dessa resultat har presenterats vid nätverket Renare Mark som hade sitt årsmöte 30 mars i Uppsala. För mer information se [www.renaremark.se](http://www.renaremark.se). De kommer även att presenteras vid den internationella dioxin-konferensen i Oslo som går av stapeln den 20-26 aug 2006. ([www.dioxin2006.org](http://www.dioxin2006.org)).

Resultaten har även presenterats för personal vid kommersiella analyslaboratorier och ett av dessa kommer att utvärdera ASE metoden i syfte att snarast använda den i sin serieanalysverksamhet.

## 8 Framtiden

För att ytterligare validera metoden kommer inom kort ett antal certifierade referensmaterial analyseras med den nya analystekniken. Dessa resultat kommer att presenteras vid den internationella dioxin-konferensen i Oslo.

På sikt hoppas vi också kunna ersätta den dyra GC/HRMS analysen med GCxGC-ECD. Till skillnad mot ELISA ger denna teknik kongener-specifik information vilket gör bruk av korrektionsfaktorer överflödigt.

## 9 Referenser

Popp P, Keil P, Möder M, Paschke A, Thuss U. (1997). *Journal of Chromatography*, volym 774, sidor 203-211.

Richter B.E., Ezzell J.L, Knowles, Hoefler F. (1997). *Chemosphere*, volym 34, sidor 975-987.

Bautz H., Polzer J. Stieglitz L. (1998). *Journal of Chromatography*, volym 815, sidor 231-241.

Sporring S, Wiberg K, Björklund E, Haglund P. (2003). *Organohalogen Compounds*, volym 60, sidor 1-4.

Shan G, Leeman W, Gee S, Sanborn J, Jones D, Chang D and Hammock BD. (2001). *Analytica Chimica Acta*, volym 444, sidor 169-178.

Nording M, Nichkova M, Spinnel E, Persson Y, Gee SJ, Hammock BD, Haglund P. (2006). *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, volym 385, sidor 357-366.

# Kostnadseffektiv analysmetod för dioxiner

RAPPORT 5628

NATURVÅRDSVERKET  
ISBN 91-620-5628-X  
ISSN 0282-7298

Rapporten beskriver utveckling och validering av en ny analysmetod för dioxiner. I den nya metoden används en betydligt snabbare extraktionsmetod vilket bör leda till lägre analyskostnad. Den nya metoden gav motsvarande resultat som den beprövade metoden. Ytterligare effektivisering skulle gå att nå om även detektionstekniken byttes ut mot en betydligt billigare och rationellare immunologisk teknik. Parallella tester ger jämförbara resultat men ytterligare validering är nödvändig.

Naturvårdsverket har inte tagit ställning till rapporten. Författarna svarar själva för innehåll, slutsatser och eventuella rekommendationer.

**Kunskapsprogrammet Hållbar Sanering** samlar in, bygger upp och sprider kunskap om förorenade mark- och vattenområden. Genom Hållbar Sanering kan myndigheter, forskare och företag söka bidrag för utredningar, seminarier och utvecklingsprojekt som täcker kunskapsluckor på kort och lång sikt. Hållbar Sanering styrs av en programkommitté som består av representanter från Banverket, Göteborgs stad, KTH, Linköpings Universitet, Länsstyrelsen i Kalmar, Naturvårdsverket, Norges Teknisk- Naturvetenskaplige Universitet; SGI, SLU, Sydkraft SAKAB och Umeå Universitet.