



rappor**t**

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Laktest för organiska ämnen i jord – utveckling av testmetod

Charlotte Bjuggren, Uwe Fortkamp och Mikael Remberger

1339

Stockholm, Februari 1999

IVL

INSTITUTET FÖR VATTEN- OCH LUFTVÅRDSFORSKNING
SWEDISH ENVIRONMENTAL RESEARCH INSTITUTE

Organisation/Organization Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning	RAPPORTSAMMANFATTNING Report Summary
Adress/address Box 21060 100 31 STOCKHOLM	Projekttitel/Project title
Telefonnr/Telephone 08-729 15 00	Anslagsgivare för projektet/Project sponsor Samfinansierat
Rapportförfattare/author Charlotte Bjuggren, Uwe Fortkamp, Mikael Remberger	
Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report Laktest för organiska ämnen i jord – utveckling av testmetod	
Sammanfattning/Summary <p>Målet med projektet har varit att utveckla laktest för lakning av organiska föroreningar från förorenad jord, både för att bedöma miljöfarligheten och för att kunna ge en indikation på möjliga åtgärder.</p> <p>Det utfördes en litteraturstudie och försök med 3 jordar spikat med 6 olika organiska ämnen med olika egenskaper. Försöksparameter som varierades var laktid och förhållandet vätska/fast fas (LS). Försöksresultaten utvärderades med hjälp av multivariat analys.</p> <p>Utifrån den multivariata analysen kunde inte några allmänna slutsatser dras hur jord- respektive ämnesegenskaper påverkar försöksresultaten. Samband som hade nämnts i litteraturen kunde inte bekräftas. Resultaten tyder dock på att ämnets löslighet och jordens lerinnehåll påverkar utlakningen.</p> <p>Försöksresultaten visade för de undersökta fallen att det var tillräckligt att laka i 6 till 24 timmar. Filtreras provet innan analys kan det påverka mätresultatet avsevärt. Om inte mättnad för ett utlakat ämne nås, kan både LS 5 eller 10 användas i försök. Resultaten angående försöksutförandet bör dock verifieras med hjälp av försök med reala förorenade jordar.</p> <p>Det finns fortfarande frågor som inte kunde besvaras och där det skulle behövas kompletterade undersökningar. Som tidigare nämnt bör reala förorenade jordar testas. Dessutom är frågan hur resultat ska tolkas inte löst fullständigt. För att hitta respektive verifiera samband mellan jord- och ämnesegenskaper och utlakningen bör man komplettera data på egenskaperna och utföra vissa försök.</p>	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område, näringsgren eller vattendrag/Keywords Laktest, organiska ämnen, förorenad jord Leach test, organics, contaminated soil, multivariate analysis	
Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data IVL Rapport/report 1339	
Beställningsadress för rapporten/Ordering address IVL, Publikationsservice, Box 21060, S-100 31 Stockholm fax: 08-31 85 16, e-mail: publicationservice@ivl.se	

Innehållsförteckning

Summary	2
1. Introduktion	3
2. Material och metoder	4
2.1 Litteraturstudie	4
2.2 Försöksuppläggning	4
2.3 Jordar	4
2.3.1 Egenskaper	5
2.3.2 Förbehandling av jord	5
2.4 Lakvätska	5
2.5 Testade ämnen	5
2.6 Försöksutförandet	6
2.7 Analysförfarande	7
2.7.1 Instrument	7
2.7.2 Bestämning av vattenlösligheten för 4-klorbifenyl, fluoranthen och Carbazol samt föreningarnas adsorption till filterutrustningen	7
2.7.3 Vattenprover	8
2.7.3.1 Fenolära föreningar	8
2.7.3.2 Bensoesyror	8
2.7.3.3 4-klorbifenyl, fluoranthen & carbazol	8
2.7.4 Jordprover	8
2.7.4.1 Upparbetning av prover innehållande neutrala föreningar (4-klorbifenyl, carbazol och fluoranten)	8
2.7.4.2 Upparbetning av prover innehållande polära föreningar	9
3. Resultat – litteraturstudie	9
3.1 Jordegenskaper	9
4. Resultat – laboratoriestudie	11
4.1 Noggrannheten av analysmetoden	11
4.1.1 Vattenlöslighet	11
4.2 Halter i jorden efter spikning	11
4.3 Försöksresultaten	12
5. Diskussion	14
5.1 Halter i jordarna innan lakning och maximal koncentration i lakvatten	14
5.2 Provupparbetning	15
5.3 Samverkan mellan jordegenskaperna och ämnena	15
5.3.1 Laktid	16
5.3.2 LS-förhållandet	18
5.3.3 Lakvätska	18
6. Slutsatser och utvecklingsbehov	18
6.1 Försöksutförande	19
6.2 Samband mellan jord- respektive ämnesegenskaper och utlakning	19
7. Referenser	20
Bilaga 1. Litteratursökningsprofil	21
Bilaga 2. Jord- och ämnesegenskaper	23
Bilaga 3. Försöksmatris	24
Bilaga 4. Expertuttalanden och riktlinjer angående val av jord	25

Summary

The project was performed to develop a leach test for leaching of organic compounds from contaminated soil. Such a leach test can be used in order to make an environmental risk assessment and for indication of possible remediation measures.

A literature study and experiments were performed. In the experiments 3 clean soils were contaminated with 6 organic compounds with different properties. The experimental parameters that were varied were leach time and liquid ratio/solid (L/S). The results were evaluated by means of multivariate analysis.

It was not possible to draw general conclusions from the results of the multivariate analysis about how the properties of the soil and the substance influence the leaching. Some results named in the literature could not be verified. Though, the results of the experiments indicated that the solubility of the substance and the loam content influence the leaching.

In the tested cases it was sufficient to leach for 6 to 24 hours. As long as saturation is not reached, leaching can be performed with LS 5 or 10. Filtration of the samples before analysis can influence the measured concentrations significantly. The results of the experiments have to be verified with real cases of contaminated soil.

There are still some questions which could not be answered and where further investigations are needed. Besides tests with real contaminated soil data of the properties of the substances and soils have to be completed. Some additional experiments have to be performed. The question how to assess the results of leaching test has to be answered completely.

1. Introduktion

Laktest brukar användas som underlag för bedömningar om ett avfall behöver behandlas innan det deponeras eller hur det ska deponeras. För förorenad jord ger en laktest information vad gäller t.ex. halter och tidsaspekter för utlakning från det förorenade markområdet.

Lakteter inriktade på oorganiska ämnen, t.ex. metaller, är relativt väl utvecklade. Däremot finns mycket bristande kunskap om hur lakning av organiska ämnen ska göras. Några svårigheter som man måste ta hänsyn till vid lakning av organiska ämnen är: risk för avdunstning, risk för adsorption på lakningsutrustning samt risk för nedbrytning och omvandling under försökets gång. Dessutom är analyser av organiska ämnen kostsamma.

Tidigare har inom IVLs branschgemensamma projekt ”Karakterisering av avfall - utveckling av laktest för miljöfarliga organiska ämnen” gjorts en litteraturgenomgång över befintliga lakteter, och vilka parametrar som kan påverka utlakningen av organiska ämnen. Målet med detta delprojekt är att studera utlakningsegenskaperna hos förorenad mark med avseende på organiska ämnen. Arbetet är inriktat på att:

- utforma en snabb och enkel lakmetod (screening test)
- undersöka och utvärdera parametrar som har betydelse för utlakningen, fysiska och kemiska egenskaper hos jorden, samt egenskaper hos de ämnen som lakas
- välja analysparametrar som är relevanta för detektion av miljöfarliga organiska ämnen

Arbetet inriktas på att i laboratoriet undersöka hur olika parametrar påverkar lakningsresultatet. Några parametrar som är viktiga att undersöka är:

- laktid: hinner jämvikt uppnås i en snabbtest
- förhållande mellan mängd vätska och mängd fast fas
- lämplig lakvätska

Resultatet förväntas ge ett förslag på hur en batch-laktest för förorenad jord bör utföras, främst vad gäller laktiden och L/S-förhållande. Vidare förväntas vi få indikation på hur olika parametrar påverkar lakningsresultatet.

Inom delprojektet undersöktes hur olika parametrar påverkar lakning av ämnen som är relevanta i marksanerings-sammanhang. Jordar utan föroreningar spikades med följande

ämnen: para-cresol, 3,5-xylinol, 3-metyl-bensoesyra, 4-klor-bifenyl, karbazol, fluoranthen. Även provupparbetningen undersöks.

2. Material och metoder

2.1 Litteraturstudie

Det utfördes en litteratursökning i databaserna Chemical Abstracts and PolluAb. Sökprofilen framgår av bilaga 1. Dessutom utvärderades på IVL befintlig litteratur med avseende på de i projektet intressanta frågeställningarna.

2.2 Försöksuppläggning

För att kunna undersöka faktorerna som påverkar lakning av organiska ämnen varierades olika parametrar. Det undersöktes jordar med olika egenskaper som inte var förorenade och som spikades med relevanta organiska ämnen som har olika egenskaper. Faktorförsök utfördes med alla jordar spikade med alla ämnen. I försöken varierades laktiden och förhållandet lakvätska/jord (L/S= liquid/solid). I tabell 11 i bilaga 3 visas en översikt över de utförda försöken.

Bakgrund till försöksupplägget är en konceptuell modell, där man antar att den utlakade mängden av ett ämne kan förklaras med hjälp av försöksparameter, egenskaper av jordarna och ämnena. Uttryckt som formel ser det förmodade sambandet ut som följande:

Lakad mängd=f(jordegenskaperna)+f(ämnesegenskaperna)+ f(försöksparameter)+brus

Jordegenskaperna kan vara halt organiskt kol, lerhalt (partikelstorleksfördelning), karbonathalt, pH mm. Viktiga ämnesegenskaper kan bland annat vara kokpunkt, Kow och lösligheten. Bland försöksparametrar kan nämnas: pH, LS-förhållande, laktid mm. Genom att variera de olika parametrar i försöken och göra en multivariat analys av resultaten kan man försöka hitta samband mellan de olika parametrar och den lakade mängden.

2.3 Jordar

Tre jordar valdes ut. Valet styrdes, liksom för valet av ämnen, dels av relevans och dels av att ett spann av olika lakningsrelevanta egenskaper skulle representeras. Valet gjordes efter samtal med olika experter. Hänsyn togs även till olika riktilinjer. I bilaga 4 redovisas informationen från de olika källorna.

2.3.1 Egenskaper

Några av egenskaperna av de jordar som användes i försöken visas i tabell 9 i bilaga 2.

Jord 1 och 2 provtogs i samband med ett uppdrag då den första OECD-metoden användes. Den 3:e jorden har andra egenskaper än den som föreslås i OECD metoden. Det valdes en jord som ansågs ha mer relevans för förorenade områden i Norden.

2.3.2 Förbehandling av jord

Alla jordar torkades och siktades med sil med 2 mm maskvidd. Fraktionen mindre än 2 mm användes i försöken.

2.4 Lakvätska

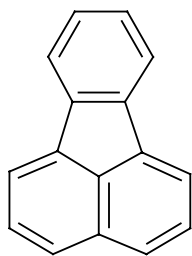
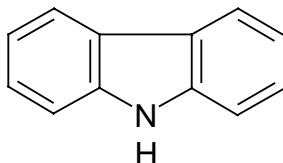
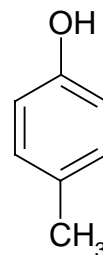
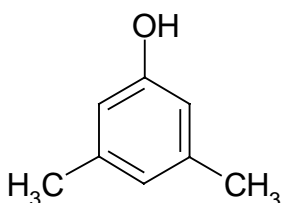
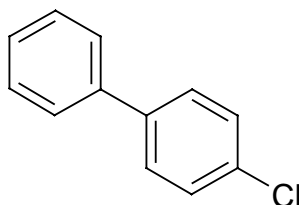
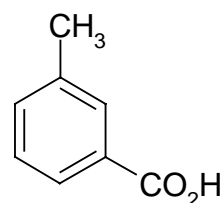
Lakvätskan valdes till att vara avjonat vatten med tillsats av 2 g/l natriumazid för att förhindra biologisk aktivitet.

2.5 Testade ämnen

Valet av ämnen har samordnats med andra projekt inom samma område som handlar om *Utveckling av biologiska och mikrobiologiska miljöindikatorer, Kemisk identifiering och kvantifiering och Biologisk efterbehandling*.

Valet har gjorts utifrån ämnenas miljörelevans och relevans för förorenad mark. Två av de viktigaste organiska föreningarna, exklusive biocider, har tagits med p.g.a. sin persistens och bioackumulerbarhet. Dessa är polyaromatiska kolväten (PAH) och av de organiska klorföreningar har PCB valts ut. Även en fenol och karbazol valdes. Flouranthen finns i olja, tjära och bensin. Flouranthen och karbazol är valda som representanter för kreosot. 3-metylbensoesyra är en nedbrytningsprodukt från nedbrytning av xylen som ingår i bensin. 4-klorbifenyl är ett modellämne för PCB. Föreningarna *p*-cresol och *m*-xylinol ingår i den fenoliska fraktionen av kreosot.

Ju högre Kow-värde, desto större teoretisk benägenhet att bioackumuleras. En stor benägenhet att bioackumuleras innebär också att ämnet ofta är svårslösligt i vatten, vilket flouranthen är ett exempel på. I figur 1 visas strukturen på de olika organiska ämnena.

**FLUORANTHEN****KARBAZOL****p-CRESOL****m-XYLENOL****4-KLORBIFENYL****3-METYLBENSOESYRA**

Figur 1. Strukturformeln av de olika analyserade ämnena.

2.6 Försöksutförandet

Innan lakningen spikades jordarna med de 6 ämnen som ingick i försöken. Det löstes upp 0,1g av varje ämne i 100 ml aceton. Sedan blandades lösningen väl med 1 kg jord. Aceton fick avgå över natten, omblandning skedde 1 timme efter acetontillsats och innan försöket.

Innan jord blandades med vatten tillsattes 2 g/l natriumazid till avjoniserat vatten för att förhindra biologisk aktivitet. Sedan vägdes in jord och därefter vatten i provbehållare av rostfritt stål. Vid LS 10 användes 45 g jord och 450 g vatten, vid LS 5 användes 85 g jord och 425 g vatten. På så sätt användes ungefär samma totalvolym i provbehållarna. Teflonlock sattes på behållarna och sedan monterades behållarna i en apparat med överhuvud omrörning. Omrörning sattes igång med cirka 18 varv per minut. Efter respektive laktid togs provbehållarna och centrifugerades i 4000 g i 20 minuter. Behållarna öppnades och klarfasen togs för analys. Vid filtrerade prover användes 0,45µm filter för filtreringen.

2.7 Analysförfarande

För att kunna analysera organiska föreningarna med hjälp av gaskromatografi (GC) krävs i allmänhet att föreningarna är lösta i ett organiskt lösningsmedel. Man vill dock i de flesta fall analysera föreningar av intresse i prover som vatten, jord, sediment och biologiskt material. Därför extraheras vanligtvis proven med ett lämpligt organiskt lösningsmedel varvid aktuella föreningar överförs från provet till det organiska lösningsmedlet. Olika föreningar kräver dock olika betingelser (t.ex. pH) och lösningsmedel för att extraheras effektivt. Av det skälet måste analysmetodikerna oftast anpassas till den aktuella analyterna och provtypen. De olika analysmetoderna som använts i detta projekt redovisas mer i detalj nedan. Använda analysmetoders effektivitet och precision redovisas under "Resultat".

2.7.1 Instrument

Analyserna utfördes med hjälp av en HP 5890 A gaskromatograf med flamjonisationsdetektor (FID) kopplad med en autoinjektor HP 7375 A. Kolonnen var en DB-5, 30 meter med 0,32 mm innerdiameter och belagd med 0,25 µm fas. Trycket över kolonnen var 10 psig som resulterade i ett gasflöde (He) på 31 cm/s vid 45°C. GC-ugnen programmerades olika beroende på analyterna. Provet (1 µl) injicerades splittless (0,5 min). Temperaturen i injektionsporten var 225°C. Detektorsignalen registrerades och bearbetades med hjälp av en PC-baserat mjukvara (Turbochrom 4.1).

2.7.2 Bestämning av vattenlösligheten för 4-klorbifenyl, fluoranthen och Carbazol samt föreningarnas adsorption till filterutrustningen

Föreningarna 4-klorbifenyl, fluoranthen och carbazol, lösta i aceton, tillsattes till E-kolvar. Mängd tillsatt substans motsvarade en slutkoncentration på 1 mg/l för respektive testförening. Lösningsmedlet fick avdunsta och Milli-Q respektive testvatten (används vid toxicitetstester på Sebrafisk) tillsattes. Kolvarna fick stå på skakbord i 1 dygn.

Vattenfaserna filterades via GF/F-filter (Gilson) och prov togs ut för analys. Proven filterades därefter med samma utrustningen och förhållanden som proverna från lakningsförsöken. Proven extraherades med hjälp av fastfasextraktionskolonner (C18). Extrakten eluerades med (a) *tert*-butylmetyleter (TBME)/2-propanol och (b) hexan/TBME. Propanol tvättades bort genom att skaka extraktet med vatten. Extraktens volym reducerades till ca 1 ml före analys. Internstandard (INS) tillsattes före GC-analys.

2.7.3 Vattenprover

2.7.3.1 Fenolära föreningar

Vattenproven tillsattes en karbonatbuffert (pH 9.7). 6-klor-m-kresol tillsattes för bestämning av extraktionsutbytet (utbytesstandard). Därefter tillsattes hexan och reagens (pentafluorobensoylklorid). Proven skakades hårt i 30 sek. och därefter på skakbord i 5 min. Karbonatbufferten drogs av och ersattes med natriumhydroxid. Proven skakades först hårt i 20 s och därefter lugnt (på blodvagga) i 5 min. INS tillsattes före GC-analys.

2.7.3.2 Bensoesyror

Proven surgjordes med saltsyra och spikades med utbytesstandard (4-brombensoesyra). Salt tillsattes för att förbättra extraktionen. Proven extraherades med TBME två gånger. Extrakten indunstades efter torkning över natriumsulfat och metylförestrades med reagentset metanol/väteklorid. Proven extraherades med hexan efter tillsatt av vatten. INS tillsattes före GC-analys.

2.7.3.3. 4-klorbifenyyl, fluoranthen & carbazol

Proven gjordes basiskt genom tillsatt av natriumhydroxid och spikades med utbytesstandard (α -cholestan) och extraherades med två gånger med hexan/TBME. Extrakten indunstades till en mindre volym och spikades med INS före analys. En del av bensoesyran, och fenolerna co-extraherades men kunde elimineras genom extraktion med lut.

2.7.4 Jordprover

2.7.4.1 Upparbetning av prover innehållande neutrala föreningar (4-klorbifenyyl, carbazol och fluoranten)

Proven spikades med utbytesstandard. Till de torra jordproverna tillsattes 10 % (v/v) vatten för att förbättra extraktionen av analyterna. Proven extraherades två gånger med aceton, först i ultraljudbad och därefter på skakbord. Extrakten slogs samman och volym reducerades genom indunstades till 0,5 ml. Acetonextraktet späddes i en svag natriumhydroxidlösning. De neutrala analyterna extraherades med hexan från lut/acetoblandningen. Hexanfasen koncentrerades och spikades med INS före GC-analys.

2.7.4.2 Upparbetning av prover innehållande polära föreningar

Jordprov vägdes in i provrör och extraherades två gånger med kaliumhydroxid, först i ultraljudbad och därefter på skakbord. Proven centrifugerades och kaliumhydroxidfasen togs tillvara. Proven analyserades på samma vis som under punkten ”vattenprover”.

3. Resultat – litteraturstudie

De flesta studier som återfanns i litteratursökningen rörde bekämpningsmedel och deras förorening av jordbruksmark. Jordbruksmark skiljer sig oftast från de egenskaper som den förorenade industrimark vi är intresserade av har. Som vi ser i tabell 1 (fördelning av marktyper på förorenad mark) består huvuddelen av den förorenade industrimarken av en marktyp med betydligt lägre andel organisk kolinnehåll än jordbruksmarken. Organisk kolinnehåll är en av de parametrar som har identifierats som påverkar sorptionsbeteendet hos ämnen i högsta grad.

Tabell 1. Fördelning av marktyper på förorenad mark. Se bilaga 4 (tabell 12)

	Industriområden antal %
Berg	3
Morän	20
Silt/sand/grus	37
Lera	27
Fyllning	13

3.1 Jordegenskaper

De parametrar som nämndes som intressanta att studera med avseende på jordegenskaper är organiskt kolinnehåll, katjonsutbyteskapacitet (CEC), lerinnehåll, järnoxid, aluminiumoxid, manganoxid (Payá-Pérez et.al., 1992). Parametrar som mättes av Weissenfels et.al. 1992 vid studier av adsorption av PAH på jordpartiklar var pH, vatteninnehåll, specifik area hos jorden och organiskt kolinnehåll.

Bintein och Devillers, 1994, utformade en modell för beräkning av sorption till jord och sediment baserat på QSAR-metodik (Quantitative Structure-Activity Relationship). De föreslår en ekvation för beräkning av sorptionskoefficienten som de testade för 87 kemikalier. I denna skrift refererades flera studier som påpekar betydelsen pH-värdets vid modellering av adsorption av syror och baser till jord och sediment (Jafvert 1990, Schellenberg et.al. 1984, Zachara et.al. 1987, Bailey et.al. 1968, Zachara et.al. 1986, Nicholls och Evans 1991 part I och II). Utifrån dessa studier säger Bintein och Devillers att de flesta svagt sura ämnen huvudsakligen förekommer jonisk form (negativt laddad)

vid pH:t i de flesta jordar, medan de flesta svagt basiska ämnen förekommer i neutral form. I varje fall när det naturliga pH:t i jorden minskar mot ett pH-värde motsvarande dissociationskonstanten (pKa) hos ämnet så tenderar sorptionen att öka. Sorptionsökningen beror på att vid låga pH så har ämnet med sura egenskaper antagit mer neutrala egenskaper och det basiska ämnet antagit mer av protonerade egenskaper (positivt laddade) (refererat till Green och Karickhoff 1990 av Bintein och Devillers). Den kolloida ytan på de flesta naturliga jordar är för det mesta negativt laddad och har därför en affinitet för positiva laddade molekyler, men mindre affinitet för negativt laddade. Detta betyder att den totala sorptionen till jordytan ökar vid lägre pH. Adsorption av basiska ämnen i vissa typer av jordar (t.ex. montmorillonitlerasystem) beror huvudsakligen på själva jordytans surhet och inte på bulkvätskans surhet. Det omvända gäller för sura ämnen i montmorillonitsystem, d.v.s. adsorptionen av sura ämnen beror huvudsakligen på bulklösningens pH. I modellen som byggdes upp av Bintein och Devillers baserades på log Kow, pKa, organiskt kolinnehåll och pH. Uppgifter om detta kombinerades med experimentella data på sorptionskoefficienten (Kp). I modellen inkluderades 229 Kp-värden för 53 ämnen och testades sen på 87 andra ämnen med 500 uppgifter på Kp-värdet. Korrektioner för syror och baser enligt ovanstående teori lades in i modellen och baserades i övrigt på Freundlichs isoterm-teori. Modellen avgränsades dock till att i) endast omfatta experimentella resultat erhållna från Freundlich-isotermer med N=1, ii) endast data för jordar med ett organiskt kolinnehåll på mindre än 0,1 % och iii) värden för suspenderade sediment togs bort. Ekvationen visade sig fungera relativt väl. Författarna påpekar att den kan utvecklas dels med användning av s.k. fugacitetsmodeller och med utveckling av aspekter på joniserade ämnen.

Bintein och Devillers refererar till (Green 1990, Schwarzenbach 1981, Schellenberg 1984, Karickhoff 1984) när de säger att under ett organiskt kolinnehåll på 0,1 % så börjar den oorganiska matrisens komposition spela en större roll. Därmed minskar den organiska andelens inflytande över sorptionsbeteendet.

I det fall det endast finns uppgifter på organisk materialinnehåll istället för organiskt kolinnehåll kan nedanstående ekvation användas:

Procent organiskt kol = procent organiskt material/1,724 (Bahnick 1988, Briggs 1981, Meylan 1992 referat av Bintein och Devillers)

Enligt försök utförda av Seip et.al., 1986, erhöles hög korrelation mellan ämnens benägenhet att adsorbera på organiskt kol och deras vattenlöslighet. Detta gällde för klorerade kolväten, bensen, toluen och xylen. Koc-värdet minskar när lösligheten ökar. Två ämnen följde inte detta mönster, nitrobensen och dimetylfталat. Orsaken till detta tros vara en möjlig bildning av vätebindningar mellan syreatomer i ämnenas molekyler och väteatomer i jorden.

4. Resultat – laboratoriestudie

4.1 Noggrannheten av analysmetoden

För att kunna analysera de olika ämnen med hjälp av gaskromatografi genomfördes olika extraktioner. Extraktionsutbytet bestämdes med hjälp av tillsatta utbytesstandarder. Resultaten sammanfattas i tabell 2. Precisionen bestämdes genom analys av parallellprover (jord och vatten) och var $\pm 10\%$ eller bättre.

Tabell 2. Utbytet bestämdes med hjälp av utbytesstandard.

Analys	Utbytet (%)	Utbytet (%)
	vattenprov	jordprov
Fenoler	100	89
3-metylbensoesyra	100	113
PAH	98	99

4.1.1. Vattenlöslighet

Resultaten för bestämning av löslighet och adsorption på Cameo-filter (0,45 μm) redovisas i tabell 3.

Tabell 3. Resultaten beskriver vattenlösligheten av de neutrala föreningarna som testades samt adsorptionen av analyterna till filtreringsutrustningen. Resultaten utan parentes avser fisktestvatten och inom parentes Milli-Q vatten.

Analyt	Ofiltrerat ($\mu\text{g/l}$)	Filtrerat ($\mu\text{g/l}$)
4-klorbifenyl	261 (261)	181 (52)
Carbazol	899 (848)	764 (420)
Fluoranten	75 (98)	41 (7)

4.2 Halter i jorden efter spikning

Det utfördes kontrollanalyser på jord 1 och 3 efter spikningen innan lakning för att bestämma halterna precis innan lakningen. Det togs 5 prov av en spikning för varje jord och analyserades. Medelvärdena av de 5 analyserna för varje jord samt relativ standardavvikelse visas i tabell 4. Enligt spikningen borde halterna vara 100 mg/l för alla ämnen.

Tabell 4. Kemikaliehalter (mg/kg) i fastfas efter spikning, innan lakning (teoretiskt 100 mg/kg)
RSD= relativ standardavvikelse

	p-cresol	m-xylenol	3MeBz	4BIC	Carb	Fluo
jord 1, medelv.	40,11	47,30	109	64,7	98,3	118,0
SD, jord 1	13,12	10,58	7,66	17,59	25,47	19,97
jord 3, medelv.	9,44	21,56	119,2	50,7	83,9	99,8
RSD, jord 3	5,15	3,94	3,29	10,31	7,17	8,24

4.3 Försöksresultaten

De första försöken genomfördes med jord 2. Där testades fler tidsvarianter och proven analyserades filtrerat (f) och ofiltrerat (of). Resultaten visas i tabell 6. Efter en preliminär utvärdering minskades antalet försök med de andra jordar. På grund av resultaten med jord 2 undersöktes ett mindre antal tider och bara ofiltrerade prov med jord 1 och 3. Analyserna av de olika ämnen redovisas i tabell 5 och 7. Tar man inte hänsyn till koncentrationsändringen under spikningen och lösligheten, är den maximal möjliga koncentrationen för alla kemikalier 10 mg/l vid LS 10 och 20 mg/l vid LS 5.

Tabell 5. Koncentrationer av olika ämnen i lakvatten (mg/l) efter lakning av spikad jord 1, samtliga prov ofiltrerade

Laktid	LS	p-cresol	3,5-xylinol	3MeBz	4BIC	Carb	Fluo
6	10,00	6,2	7,3	8,2	0,29	1,03	0,11
6	10,02	6,2	7,5	9,1	0,28	0,89	0,12
24	10,00	5,2	6,8	8,5	0,27	0,94	0,08
96	10,01	4,5	7,6	8	0,2	0,64	0,05
6	5,00	11,7	13,3	16,3	0,3	0,92	0,1
6	5,00	11	13	15,2	0,25	0,93	0,09

Tabell 6. Koncentrationer av olika ämnen i mg per liter lakvatten efter lakning av spikad jord 2, (*)= prov inte analyserat

Laktid	LS	p-cresol, of	p-cresol, f	3,5-xylinol of	3,5-xylinol f	3MeBz of of	3MeBz f	4BIC of	4BIC f	Carb of	Carb f	Fluo of	Fluo f
2	5,00	1,65	1,83	6,96	7,85	13,19	15,16	0,67	0,08	2,48	0,8	0,18	2,64 x ¹⁰⁻³
6	5,00	-(*)	2,26	7,53	8,28	-(*)	14,49	0,94	0,22	3,34	1,3	0,27	16,8 x ¹⁰⁻³
6	5,00	1,81	2,39	6,96	8,71	15,48	10,88	0,95	0,11	3,36	0,89	0,27	0,69 x ¹⁰⁻³
6	5,00	1,89	1,87	7,9	8,3	10,91	15,54	0,91	0,17	3,43	1,21	0,29	2,28 x ¹⁰⁻³
24	5,00	2,29	2,26	8,68	8,52	12,71	15,35	0,9	0,14	2,8	0,91	0,25	1,55 x ¹⁰⁻³
96	5,00	1,56	1,55	7,18	7,79	12,44	5,66	0,81	0,18	2,29	0,99	0,20	2,55 x ¹⁰⁻³
504	5,00	1,06	1,08	6,94	7,44	13,57	14,44	0,82	0,15	2,09	0,87	0,21	3,09 x ¹⁰⁻³

Tabell 7. Koncentrationer av olika ämnen i lakvatten (mg/l) efter lakning av spikad jord 3, samtliga prov ofiltrerade

Laktid	LS	p-cresol	3,5-xylinol	3MeBz	4BIC	Carb	Fluo
6	10,00	2	4,1	8,6	0,72	1,24	0,13
6	10,00	2,2	4,4	9,1	0,72	1,23	0,13
24	10,02	2,1	4,3	9	0,76	1,37	0,14
96	10,01	1,7	3,6	7,6	0,6	1,2	0,12
6	5,00	2,7	7	16,9	0,69	1,25	0,12
6	5,00	2,3	6,3	16,7	0,71	1,38	0,13

För jord 2 utfördes två trippelförsök med samma parametrar, för att kunna bedöma den statistiska säkerheten i resultaten. I tabell 8 visas medelvärdena och relativ standardavvikelse av analysen av de olika ämnen både ofiltrerat och filtrerat. Värden för ofiltrerade prov av p-cresol, xylinol och metylbensoesyra härstammar från ett försök med 504 timmars laktid i LS 10, resten är från ett försök med 6timmars laktid och LS 5. Värden från ofiltrerade prov har låg relativ standardavvikelse medan några värden från filtrerade prov har väldigt hög standardavvikelse. Vid försöken med jord 1 och 3 utfördes endast några dubbelprov för att få en grov uppfattning om osäkerheten i resultaten bland annat pga. möjliga ojämnheter i jordarna. Skillnaderna i mätresultaten där var i de flesta fall väldigt små.

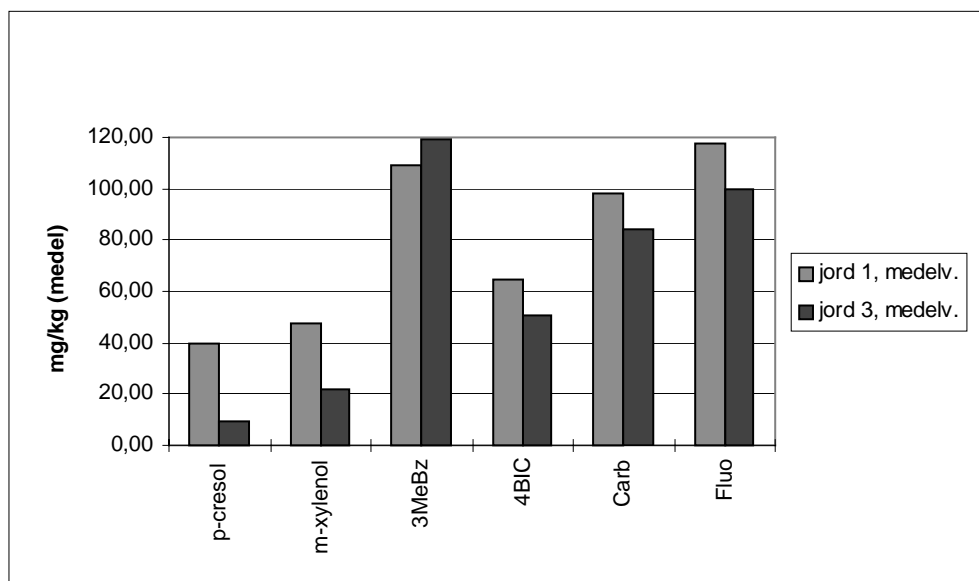
Tabell 8. Medelvärde och standardavvikelse vid trippelförsök (6h, LS5 och 504 h LS10 för ofiltrerade prov av p-cresol, xylinol och metylbensoesyra)

Provbeteckning	p-cresol, of	3,5-xylinol of	3MeBz of	4BIC of	Carb of	Fluo of
Medel	0,71	4,10	8,24	0,94	3,34	0,27
Rel strdavv (%)	2,95	2,95	2,06	2,30	2,92	3,13
Provbeteckning	p-cresol, f	3,5-xylinol f	3MeBz f	4BIC f	Carb f	Fluo f
Medel	2,26	8,28	14,49	0,22	1,30	16,83
Rel strdavv (%)	3,45	4,34	10,21	55,42	33,49	125,71

5. Diskussion

5.1 Halter i jordarna innan lakning och maximal koncentration i lakvatten

Alla jordar spikades med alla kemikalier, så att halten efter spikningen skulle vara 100 mg/l för varje ämne. Innan försöket väntades en natt för att möjliggöra avdunstning av aceton som var lösningsmedel för kemikalierna. Resultaten av jordanalysen innan lakningen tyder på att även p-cresol, m-xylenol och 4-klorbifenyl avdunstade till en viss del, eftersom halterna är signifikant mindre än 100 mg/l. Förutom 3-metylbensoesyra har andra ämnen påvisats i mindre halter i jord 3 än i jord 1. Skillnaden är i de flesta fall inte signifikant med tanke på mätosäkerheten.



Figur 2. Kemikaliehalter i fast fas innan lakning

5.2 Provupparbetning

Prover analyserades både innan och efter filtrering för en av de första försöken. Filtringen påverkar analysresultaten av 4-klorbifenyl, karbazol och fluoranthen. Halterna i de filtrerade proverna är där genomgående avsevärt lägre än i de ofiltrerade proverna. Eftersom de ämnena har lägre löslighet i vatten än de andra, tar filtret förmodligen bort små partiklar som är förorenade med ämnena. Sådana partiklar, som inte avlägsnas genom centrifugering, kan vara mobila i en förorenad jord och skulle på så sätt kunna transportera föroreningar. Därför analyserades i de följande försöken endast ofiltrerade prov.

5.3 Samverkan mellan jordegenskaperna och ämnena

En multivariat utvärdering av försöksresultaten genomfördes för att hitta allmänna samband mellan den utlakade mängden och olika parametrar. Följande modell användes:

Koncentration i lakvatten = $f(\text{parameter 1, parameter 2....})$

Det undersöktes olika parametrar och deras påverkan på koncentrationen oavsett ämne:

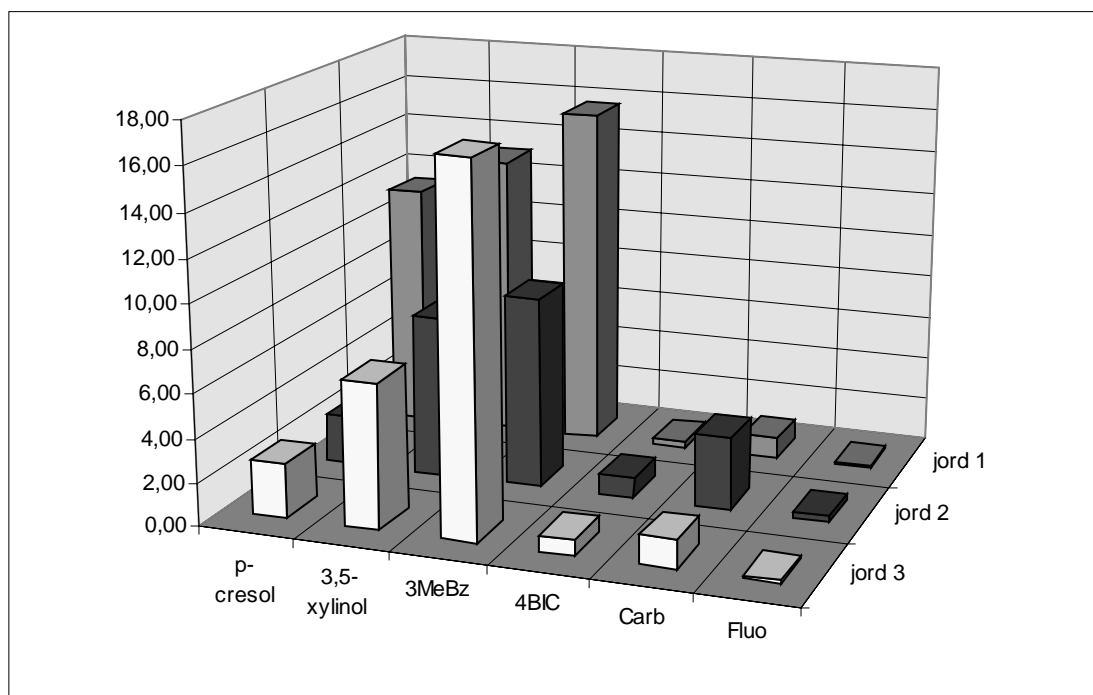
- laktid
- LS förhållande
- laktid
- lerhalt i jorden
- pH i jorden
- halt organiskt material i jorden
- molvikt av spikat ämne
- Kow av spikat ämne
- kokpunkt av spikat ämne
- vattenlöslighet av spikat ämne

Utvärderingen visade att man inte kan dra allmänna slutsatser om påverkan av de utvalda parametrar på halten i lakvattnet. En möjlig förklaring är att det inte finns samband mellan jordegenskaper, ämnesegenskaper, försöksparametrar och koncentrationen i lakvattnet som är allmängiltiga. Det kan ändå finnas samband, som inte upptäcktes, t.ex. pga. att det fattades data till vissa parametrar (t.ex. kokpunkten). Dessutom har koncentrationen i lakvattnet inte relaterats till den mängd som från början fanns i lakvattnet, eftersom den inte analyserades för alla jordar. Det är också möjligt att relevanta egenskaper som påverkar utlakningen inte har tagits med i modellen.

Frånser man påverkan av försöksparametrar kan man undersöka resultaten för en specifik försökskonfiguration med de olika jordar. Försöksparametrarna kommer att diskutera

ras var för sig senare. I figur 3 visas resultaten av lakning i 6 timmar med LS 5 för de olika jordar och ämnena. Utlakningen av de olika ämnena är likadan för jord 1 och 3. Jord 2 ger upphov till mindre koncentrationer av mer vattenlösliga ämnen och högre koncentrationer av mindre vattenlösliga ämnen jämfört med de andra jordarna. Jord 2 skiljer sig från de andra jordarna framför allt genom den avsevärt högre lerhalten.

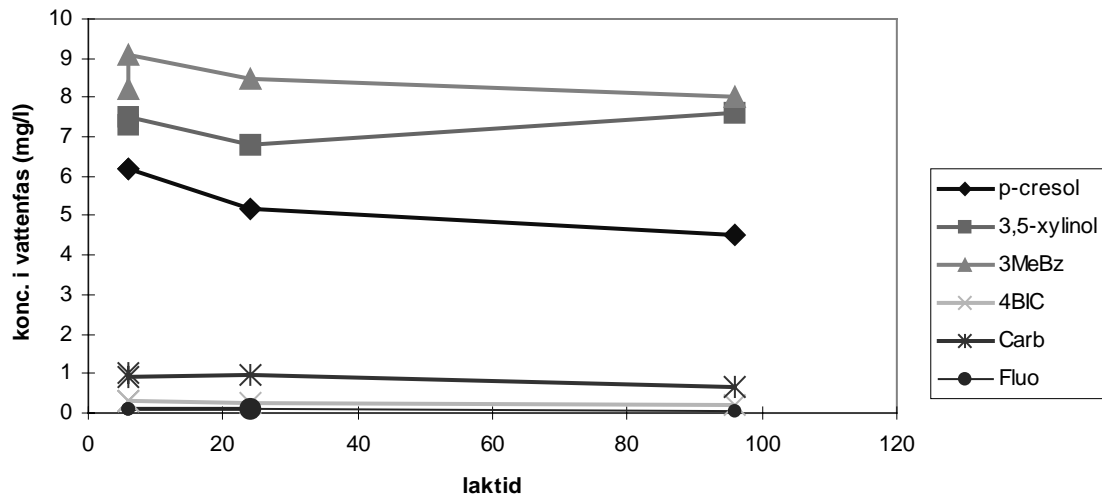
För alla jordar gäller att mer vattenlösliga ämnen lakas mer än de mindre vattenlösliga. Rangordningen vid utlakningen är dock inte samma som vid lösligheten. Exempelvis borde m-xylenol lakas mindre än p-cresol.



Figur 3. Halter av de spikade ämnena i lakvatten efter lakning från olika jordar i 6h vid LS 5, ofiltrerade prov

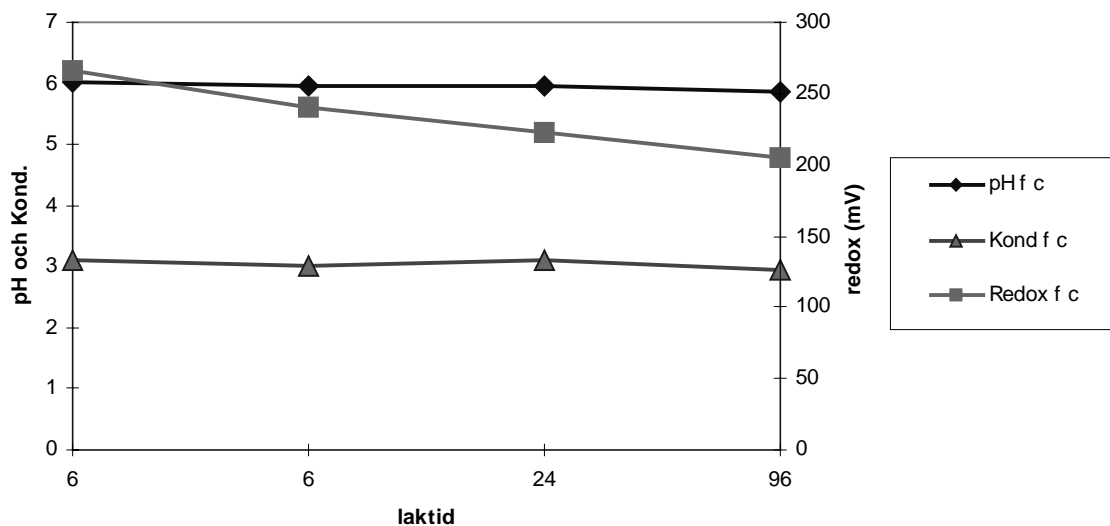
5.3.1 Laktid

Vid lakning i bara 2 timmar erhöles nästan genomgående lägre koncentrationer i lakvattnet än vid längre lakning. Annars påverkade laktiden utlakningen inte nämnvärt. Figur 4 visar som exempel resultaten för de olika ämnena för försöken med jord 1 och LS 10.



Figur 4. Koncentration av olika ämnen i lakvatten efter olika laktider med LS 10 och jord 1

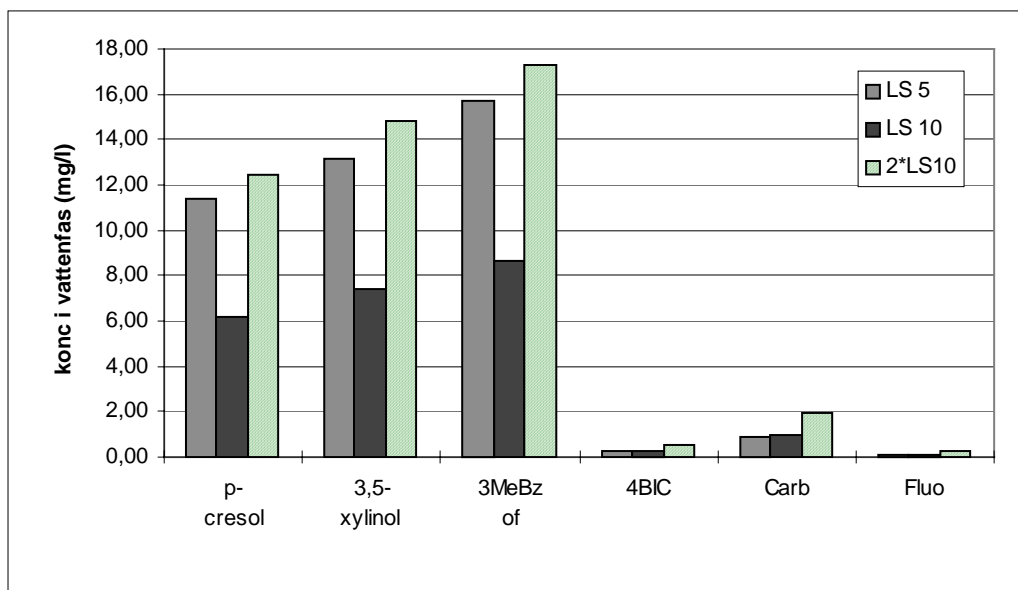
Det finns i vissa fall en tendens till minskade koncentrationer vid lakning i mer än 6 timmar. Möjliga förklaringar kan vara adsorption på utrustningen eller avgång till gasfasen i behållarna. Eventuellt kan partiklar eller agglomerat ha slagits sönder pga. av omrörningen och på så sätt orsakat nya adsorptionsytor. Förhållandena i vattenfasen när det gäller pH, redox och konduktivitet var tämligen konstanta, även om redoxvärdet sjönk vid längre försökstid (se figur 5). En orsak till de tämligen konstanta värden är bland annat att mikrobiologisk aktivitet hindrades med hjälp av natriumazid.



Figur 5. Mätvärden av olika parametrar vid olika laktider (jord 1, LS 10, innan centrifugering).

5.3.2 LS-förhållandet

Det utfördes försök med alla 3 jordar och LS förhållanden 5 och 10 vid lakning i 6 timmar. Resultaten är lika för alla 3 jordarna. För de mer vattenlösliga ämnen uppnås inte mättnad och därför är koncentrationen ungefär dubbelt så hög vid lakning med LS 5 än med LS 10. För de mindre vattenlösliga ämnen är effekten större, även om mättnad inte alltid nås. Skillnaderna mellan LS 5 och 10 var störst för jord 2 och minst för jord 3.



Figur 6. Lakning av jord 1 vid olika LS

5.3.3 Lakvätska

I försöken testades endast en lakvätska, avjoniserat vatten med tillsats av natriumazid. Utifrån försöken kan man därför inte dra slutsatser om vilken lakvätska som ska användas. Man kan möjligen tänka sig en lätt försurad lakvätska för simulering av surt regn. I lakteter för avfall har en försurad vätska använt, pH 4. Dock har det visat sig att vid lakning av avfall så kan avfallet i sig påverka lakvätskan så mycket så att det initiala pH-värdet ej har spelat någon roll. Detta kan dock vara annorlunda för mark som inte har hög buffringskapacitet och vara något att pröva i framtida försök. En ytterligare variant är att justera pH under försöket. Detta kräver dock en annan utrustning.

6. Slutsatser och utvecklingsbehov

Genom projektet är det möjligt att dra vissa slutsatser, som baseras på de utförda försöken och litteraturstudien. Slutsatserna borde verifieras genom försök med reala förorenade jordar.

6.1 Försöksutförande

Utifrån försöken, litteraturstudien och tidigare erfarenheter kan följande slutsatser angående försöksutförandet dras:

- Provet bör så lite som möjligt förbehandlas, för att påverka så lite som möjligt. Av praktiska skäl kan det vara fördelaktigt att bara använda mindre partiklar (t.ex. < 4 mm), som man kan få genom siktning.
- Om inte mättnad nås, är LS 5 respektive 10 ett lämpligt förhållande mellan vätska och fast fas. Eftersom mängden jord som undersöks ändå är förhållandevis liten, bör trippelförsök genomföras som i fall av för stor relativ standardavvikelse (>20 %) kompletteras med ytterligare försök.
- Utrustningen bör vara av teflon, rostfritt stål eller glas för att undvika adsorption. Mest skonsam omrörning kan åstadkommas genom end-over-end omrörning.
- En laktid på 6 till 24 timmar verkar vara tillräckligt, även om migrationsfenomen inte kan mätas
- Biologisk aktivitet i vätskefasen kan hämmas genom tillsats av natriumazid (2 g/l), om så önskas. Det krävs mer undersökningar för att kunna välja rätt lakvätska, t.ex. med tanke på pH.
- Prov på vattenfas ska centrifugeras (4000 g i 20 minuter). Filtrering (0,45µm filter) ska endast genomföras om detta är nödvändigt för analysen.
- Analys av alla relevanta ämnen ska göras, helst även totalhalten i jorden.

Det krävs mer undersökningar för att kunna anpassa testen till speciella förhållanden (t.ex. pH). För att kunna tolka resultaten krävs en koppling till ett reall fall, så att man kan verifiera, vilka halter som är farliga. Dessutom krävs koppling till data i varje speciellt fall, t.ex. hur området ska användas.

6.2 Samband mellan jord- respektive ämnesegenskaper och utlakning

Genom den statistiska utvärderingen kunde inga slutsatser gällande samband mellan egenskaper av jord respektive ämnena och utlakning gällande för alla undersökta alternativ dras. Det behövs en komplettering med fler försök och fler data på egenskaper för att kunna förbättra utvärderingen.

I vissa fall i försöken verkar lerhalten i jorden ha betydelse för utlakningen. Enligt litteraturen är även organhalten i jorden viktig. Försöken visar också att vattenlösligheten av ämnet är viktig för utlakningen i vissa fall.

7. Referenser

referenser till litteraturstudien

Payá-Pérez, A.B. et.al. Organic Matter Fractions Controlling the Sorption of Atrazine in Sandy Soils. *Chemosphere*, vol. 25, no. 6, pp 887-898. 1992.

Weissenfels, W.D., Klewer, H.-J., Langhoff, J. Adsorption of polycyclic aromatic hydrocarbons by soil particles: influence on biodegradability and biotoxicity. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* (1992) 36, pp 689-696.

Bintein, S., Devillers, J. QSAR for organic chemical sorption in soils and sediments. *Chemosphere*, vol. 28, no.6, pp 1171-1188.

Seip, Hans M. et.al. Measurement of mobility of organic compounds in soils. *Sci. Total Environ.* (1986), 50, 87-101.

Referenser angående data om kemikalierna:

Reagents, Chemicals, Diagnostics. Merck produkt katalog 1996. Merck KGaA, Darmstadt, Tyskland.

Goa et.al., 1996, *Environ. Toxicol. Chem.*, 1101-?.

Wan, Q.-H., et. al. 1996, *Anal. Chem.*, 68, 437-446.

Dean, J.R., 1996, *Anal. Chem.*, 68, 130–133.

Pers. komm. Per-Åke Hynning, 1994

Swartz et. al., 1995, *Environ. Toxicol. Chem.*, 14, 1977-1987

Referenser angående jordar:

Pers komm. Jan Christianson, Kvärtärgeologen, Stockholms Universitet, Tel: 16 48 82.

Pers. komm. Ebba Tiberg, KEMI

Ed Freden C., *Geologi* 1994, Atlas, SNA, Stockholm

OECDs guidelines for testing of chemicals, "Adsorption/desorption" nr 106 (accepterad 12 maj 1981), reviderad 1996

Bilagor

Bilaga 1. Litteratursökningsprofil

FILE 'CA' ENTERED AT 15:24:45 ON 09 APR 1997

L1 9104 S SOIL#(S)LEACH?
 L2 QUE CHARACTERIZATION OR SORPTION OR MOBILIZATION
 L3 6816 S SOIL#(S)L2
 L4 QUE ORGANIC? OR HYDROCARBON# OR AROMAT? OR PRIORITY
 POLLU
 L5 206 S L1(S)L4
 L6 620 S L3(S)L4
 L7 612 S L6 NOT L5
 L8 QUE ORG/CC OR 6001/CC OR 6004/CC OR 6006/CC
 L9 7 S (L1 OR L3) AND L8
 E 60001/CC
 L10 QUE ORG/CC OR 60-01/CC OR 60-04/CC OR 60-06/CC
 L11 7 S (L1 OR L3) AND L10
 L12 161 S L5 AND (EN OR FR OR GER OR SWED?)/LA
 L13 119 S L12 AND 1986-1997/PY
 L14 519 S L7 AND (EN OR FR OR GER OR SWED?)/LA
 L15 428 S L14 AND 1986-1997/PY
 L16 QUE TEST# OR ANAL?
 L17 139 S L15(S)L16
 L18 QUE ORG/CC OR 60-1/CC OR 60-4/CC OR 60-6/CC
 L19 535 S (L1 OR L3) AND L18
 L20 506 S L19 NOT (L13 OR L17)
 L21 459 S L20 AND (EN OR GER OR FR)/LA
 L22 3 S L20 AND SWED?/LA
 L23 379 S (L21 OR L22) AND 1986-1997/PY
 L24 129 S L23 AND (ANAL? OR TEST#)

FILE 'POLLUAB' ENTERED AT 15:57:03 ON 09 APR 1997

L25 1335 S SOIL#(S)LEACH?
 L26 782 S SOIL#(S)L2
 L27 316 S L25(S)L4
 L28 311 S L26(S)L4
 L29 302 S L27 AND (EN OR GER OR FR OR SWED?)/LA
 E GER/LA

L30 2 S L27 AND GERMAN/LA
L31 304 S L29 OR L30
L32 306 S L28 AND (EN OR FR OR GERMAN OR SWED?)/LA
L33 196 S L31 AND 1986-1997/PY
L34 256 S L32 AND 1986-1997/PY
SET DUPORDER FILE

FILE 'CA, POLLUAB' ENTERED AT 16:08:05 ON 09 APR 1997

L35 657 DUP REM L13 L17 L33 L34 (53 DUPLICATES REMOVED)
L36 119 S L35
L37 139 S L35
L38 210 FILE CA
L39 184 S L35
L40 215 S L35
L41 323 FILE POLLUAB

TOTAL FOR ALL FILES

L42 533 S L35 AND 1990-1997/PY
L43 216 FILE POLLUAB

TOTAL FOR ALL FILES

L44 216 S L41 AND 1993-1997/PY

FILE 'CA' ENTERED AT 16:45:50 ON 09 APR 1997
FILE 'POLLUAB' ENTERED AT 16:57:13 ON 09 APR 1997 => _

Bilaga 2. Jord- och ämnesegenskaper

Tabell 9. Jordegenskaper av jordarna använda i lakförsöken

Enhet	Lerinhåll vikts %	Org C vikts %	pH-min	pH-max	Ca CO ₃
Jord 1	2,3	1,8	4,5	5,5	-
Jord 2	23	0,8	5,6	6,5	0
Jord 3	2,1	0,2	7,8	7,8	<0,5 %

Tabell 10. Egenskaper av ämnena som ingick i lakförsöken

Ämne	Molvikt g/mol	Smältpunkt °C	Kokpunkt °C	Kow	pKa	Löslighet g/m ³
Karbazol	167,21	245-246	355	3,29	-	0
Flouranthen	202			5,1-5,22	-	0,21-0,26
3-metylbensoesyra	136,14	108,75	263	2,37	4,27	850
4-klorbifenyl	188,66	76-78	28,2	4,5	-	0,8-1,2
p-cresol	108,14		202	10,2	1,95	20
m-xylenol	122,16		137 (67hPa)	10,2	2,23	5,58

Bilaga 3. Försöksmatrix

Tabell 11. Översikt över de olika parametrar i de olika försöken

Försöksnummer	upprepning	LS	jord	tid/h
1	a	10	1	6
2	b	10	1	6
3		10	1	24
4		10	1	96
5	a	5	1	6
6	b	5	1	6
7		5	2	2
8	a	5	2	6
9	b	5	2	6
10	c	5	2	6
11		5	2	24
12		5	2	96
13		5	2	504
14	a	10	2	6
15	b	10	2	6
16	a	10	3	6
17	b	10	3	6
18		10	3	24
19		10	3	96
20	a	5	3	6
21	b	5	3	6

Bilaga 4. Expertuttalanden och riktlinjer angående val av jord

Geologi 1994, Ed Freden C., Atlas, SNA, Stockholm

I "Geologi" har en ungefärlig lokalisering av svenska industriområden fördelade på marktyp gjorts, vilket redovisas i tabell 12.

Tabell 12.

	Industriområden antal %
Berg	3
Morän	20
Silt/sand/grus	37
Lera	27
Fyllning	13

Samtal med Jan Christianson

Jan Christianson, Kvartärgeologen, Stockholms Universitet, Tel: 16 48 82.

Om man ska välja tre typiska jordar relevanta för industriområden föreslår Christianson:

- 1) Sandig, moig urbergsmorän som återfinns i Norrland men också i många andra delar av landet.
- 2) Grovmo (finsand) eller "badstrands"-sand som är vanlig vid kustnära lokaliseringar och anläggningar vid deltaområden.
- 3) Fyllnadsmaterial som sprängsten, sand och grus eller liknande typ åsmaterial.

KEMI

Det finns ett nordiskt samarbetsprojekt där man försöker definiera ett antal nordiska jordar som ska kunna användas som referensjordar vid riskbedömning (Information från Ebba Tiberg, KEMI). Orsaken till att man vill välja ut jordar som är specifika för Norden är att norra Europas jordar skiljer sig i fråga om ålder och komposition från resten av Europa. Utgångspunkten har dock inte främst varit förorenad mark utan mer jord- och skogsbruk och pesticider som används i dessa, vilket har påverkat egenskaperna hos de valda jordarna. I tabell 13 visas de föreslagna jordtyperna.

Tabell 13

Jordnr	Jord typ, FAOklass	pH (i CaCl ₂)	Lerhalt	Totalkol
1	”Cambic Arenosol” ¹	6,3	8,0	1,5
2	”Stagnic Luvisol”	5,3	14,4	1,1
3	”Haplic Podzol”	5,5	4,5	1,4
4	”Umbric Regosol”	5,6	5,0	2,8
5	”Haplic Podzol” ¹	3,1	-	29,2
6	”Thionic Gleysol”	3,6	23,6	4,6
7	”Stagnic Podzoluvisol”	5,4	23,0	4,6
8	”Dystric Fluvisol”	6,2	5,8	2,0
9	”Gleyic Podzol”	2,9	-	35,4
10	”Eutric Cambisol”	6,0	46,9	2,1
11	”Haplic Podzol”	3,2	-	45,2
12	”Haplic Podzol” ¹	4,5	8,7	15,9

1. Klassificering ej helt klar

Vid samtal med en av de svenska representanterna i det nordiska projektet, Ebba Tiberg, föreslog hon följande jordtyper:

- 1) fyllnadsmaterial
- 2) sand

OECD-guidelines

I ”OECDs guidelines for testing of chemicals” finns en metod, ”Adsorption/desorption” nr 106 (accepterad 12 maj 1981), som beskriver hur en kemikalies adsorptions- respektive desorptionsförmåga till jord ska kunna bestämmas. I denna beskrivning rekommenderas att tre jordar med olika egenskaper testas. I tabell 14. redovisas de rekommenderade jordarna.

Tabell 14. Rekommenderade jordar enligt Adsorption/desorption nr 106 OECD Guidelines.

Jord	pH	Lerinhåll vikts %	Organisk kolhalt vikts %	CaCO ₃ -innehåll vikts %
OECD-jord 1 ¹	4,5-5,5	5	0,6-3,5	
OECD-jord 2 ²	5,6-6,5	15-25	0,6-2,3	
OECD-jord 3 ³	7,1-8,0	11-25	0,6-2,3	1-10

1. Mycket starkt-starkt sur sandig jord, ”Spodosol”.
2. Måttligt eller lätt sur lerartad jord, ”Alfisol”.
3. Lätt basisk lerartad jord, ”Entisol”

OECD-metoden reviderades och en ny metodutgåva kom under 1996. I denna hade kraven på jordar som ska användas i metoden förändrats. I den nya metoden finns 7

stycken jordar angivna. Alla behöver inte användas men i olika delar av testet anges ett antal av jordar som ska testas och det är av dessa som utföraren kan välja mellan.

Tabell 15. Jordtyper enligt reviderad OECD guideline 106

Jordtyp	pH-intervall	Lerinnehåll %	Organisk kolhalt %	Jordstruktur
1	4,5-5,5	65-80	1,0-2,0	”clay”
2	> 7,5	20-40	3,5-5,0	”clay loam”
3	5,5-7,0	15-25	1,5-3,0	”silt loam”
4	4,0-5,5	15-30	3,0-4,0	”loam”
5	< 6,0	< 15	< 1,0	”loamy sand”
6	>7,0	40-65	<1,0	”clay loam/clay”
7	<4,5	<10	>10	”sand/loamy sand”

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL är ett oberoende och fristående forskningsinstitut som ägs av staten och näringslivet. Vi erbjuder en helhetssyn, objektivitet och tvärvetenskap för sammansatta miljöfrågor och är en trovärdig partner i miljöarbetet.

IVLs mål är att ta fram vetenskapligt baserade beslutsunderlag åt näringsliv och myndigheter i deras arbete för ett bärkraftigt samhälle.

IVLs affärsidé är att genom forskning och uppdrag snabbt förse samhället med ny kunskap i arbetet för en bättre miljö.

Forsknings- och utvecklingsprojekt publiceras i

IVL Rapport: IVLs publikationsserie (B-serie).

IVL Nyheter: Nyheter om pågående projekt på den nationella och internationella marknaden.

IVL Fakta: Referat av forskningsrapporter och projekt.

IVLs hemsida: www.ivl.se

Forskning och utveckling som publiceras utanför IVLs publikationsserie registreras i IVLs A-serie.

Resultat redovisas även vid seminarier, föreläsningar och konferenser.



IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Box 210 60, SE-100 31 Stockholm
Hälsingegatan 43, Stockholm
Tel: +46 8 598 563 00
Fax: +46 8 598 563 90

IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd

Box 470 86, SE-402 58 Göteborg
Dagjämningsgatan 1, Göteborg
Tel: +46 31 725 62 00
Fax: +46 31 725 62 90

Aneboda, SE-360 30 Lammhult
Aneboda, Lammhult
Tel: +46 472 26 20 75
Fax: +46 472 26 20 04