



En kosteffektiv metode til måling af diffuse luftemissioner af VOC og PAH

Her beskrives den vindretningsbestemte målemetode og resultaterne af målinger udført på Koppers Denmark A/S

Af Karsten Fuglsang, FORCE Technology og Per Bech, Koppers Denmark¹

Forekomst af VOC² og PAH³ i luften kan udgøre en sundhedsmæssig risiko pga. disse stofgruppers toksicitet. I industrianlæg, hvor VOC og PAH i udendørs anlæg transporteres mellem enhedsoperationer mhp. produktion af kemiske produkter, vil der ofte kunne forekomme diffuse emissioner i form af små utilsigtede udslip fra utætte pakninger, flanger og fra trykudligninger m.m. Når myndighederne stiller krav om, at sådanne diffuse emissioner skal måles, viser det sig ofte at være en vanskelig og ressourcekrævende opgave. Den traditionelle metode omfatter målinger i læ og luv side, idet man måler koncentrationen før og efter, at vinden har passeret anlægget. Ud fra en samtidig måling af vindhastigheden kan man beregne bidraget fra anlægget.

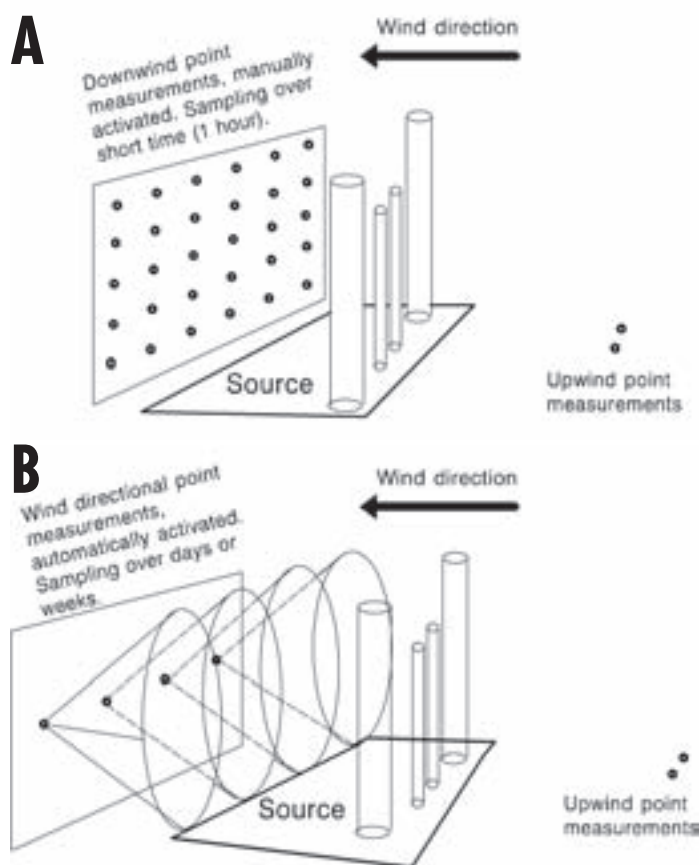
Traditionel måling af diffuse emissioner kræver mange målepunkter, når koncentrationen i læ side skal bestemmes – især hvis der er tale om et anlæg med en vis udstrækning i både højde og bredde. Alternativt kan måling udføres vha. optiske metoder såsom DOAS⁴ eller LIDAR⁵, der måler gennemsnitskoncentrationer over en længere vejstrækning. Imidlertid kan en række komponenter, herunder PAH-forbindelser, ikke måles i praksis med disse optiske metoder. Desuden er optiske metoder ofte dyre at installere i forbindelse med korterevarende målekampagner. En gennemgang af de hyppigt anvendte metoder til måling af diffuse emissioner er beskrevet i [1].

FORCE Technology har udviklet en vindretningsbestemt metode til kampagnemålinger af bl.a. VOC og PAH. Metoden reducerer udgifterne til måling væsentligt ift. den traditionelle metode.

Målemetode

Traditionelt er VOC og PAH blevet målt i et større netværk af målepunkter, der sættes op i et lodret tværsnit i læ side ift. det anlæg, hvorfra de diffuse emissioner kommer. Figur 1 illustrerer princippet i den traditionelle metode, sammenlignet med den vindretningsbestemte metode.

Den vindretningsbestemte metode benytter – som den traditionelle metode – veldokumenterede metoder til opsamling af luftformige stoffer. VOC opsamles f.eks. på aktivt kul jf. EN14662-2 [2], og PAH opsamles på glasfiberfiltre og PUF-adsorbent jf. ISO 12884 [3]. Målingerne aktiveres automatisk af en reguleringsenhed, når vinden er i den rigtige vindretningssektor. På denne måde kan der måles over længere perioder (typisk flere uger), og hvert »receptorpunkt« i læ side på figur 1b er påvirket af et større antal vindretninger og -hastigheder og dermed af et større areal på kilden. På den måde bliver hvert målepunkt mere repræsentativt for den gennemsnitlige emission fra kilden ift. den traditionelle metode, hvor der typisk måles over f.eks. en time. Af samme grund kan antallet af målepunkter reduceres, når den vindretningsbestemte metode benyttes.



Figur 1. Placering af målepunkter i forbindelse med måling af diffuse emissioner: (a) Den traditionelle, kortvarige måling, og (b) den vindretningsbestemte, længerevarende måling.

Reguleringsenheden styres af en vindretningssensor, og alle målepunkter aktiveres samtidig vha. et relæ. Reguleringsenheden er udviklet i samarbejde med Instrumatic A/S⁶ og har fået navnet Metcontroller.

Figur 2, side 34 viser, hvordan reguleringsenheden kan programmeres af brugeren, når vindretningssektoren skal vælges. Samme menu benyttes, når man skal aflæse, hvor mange timer vinden har været i den valgte vindsektor (»Source«-sektor), og når reguleringsenheden skal startes og stoppes.

Målinger af VOC og PAH på Koppers Denmark A/S

Den vindretningsbestemte metode blev brugt til måling af diffuse emissioner af VOC og PAH på Koppers Denmark A/S i Nyborg i maj-juni 2005. En nærmere beskrivelse af målingerne er givet i [4]. ►

Kemiker til kvalitetskontrol & kemisk analyse

Til Cheminovas afdeling for Miljø, Sikkerhed og kvalitetskontrol, der i øjeblikket beskæftiger 15 akademikere og 41 laboranter, søges for snarlig tiltrædelse en kemiker til en fuldtidsstilling.

» Arbejdsområder

- Kvalitetskontrol af lønformulører og lønproducenter, herunder auditering og dermed en del rejseaktivitet.
- Deltage i analyseafdelingens arbejde vedrørende nye såvel som eksisterende produkter og formuleringer.
- Udvikling, afprøvning, validering og implementering af tidssvarende analysemetoder (GC og især HPLC) i samarbejde med laboratoriets laboranter og kemikere.

» Kvalifikationer

- Kemiingeniør, cand.scient., cand.pharm. eller tilsvarende, gerne suppleret med en Ph.D.
- En solid baggrund indenfor organisk kemi og analytisk kemi.
- Kendskab til eller erfaring med kvalitetsstyring.
- Vi forventer selvstændighed samt lyst og evne til at indgå i et godt samarbejde med forskellige faggrupper (tekniske såvel som kommercielle).
- Engelsk i skrift og tale.

» Vi tilbyder

- Et udfordrende job i en spændende international koncern med en uformel kultur og med gode muligheder for såvel faglig udvikling som udvikling af personlige kompetencer.

Ansøgning

Skriftlig ansøgning vedlagt eksamenspapirer og relevante referencer sendes til Cheminova A/S, Postboks 9, 7620 Lemvig, mærket "Kvalitetskontrol og kemisk analyse".

Ansøgningen skal være os i hænde **senest onsdag den 3. maj 2006**.

Anfør venligst, hvor du har set annoncen.

Nærmere oplysninger om stillingen kan fås ved henvendelse til underdirektør Christian Bastholm eller laboratoriefachef Thomas Bjørholm på tlf. 9690 9690.

(www.cheminova.dk)



Kemiker til administration af kemikalielovgivning

Til Cheminovas afdeling for Miljø, Sikkerhed og kvalitetskontrol, der i øjeblikket beskæftiger 15 akademikere og 41 laboranter, søges for snarlig tiltrædelse en kemiker til en fuldtidsstilling.

» Arbejdsområder

- Udarbejdelse af "SDS'er (Safety Data Sheets)".
- Registrering og anmeldelse af kemikalier i henhold til nugældende kemikalielovgivning.
- Forberede virksomheden på EU's nye kemikalielovgivning "REACH (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals)" og udarbejde registreringsdokumenter og SDS'er efter denne forordning, når den træder i kraft, forventeligt i 2007.

» Kvalifikationer

- Kemiingeniør, cand.scient., cand.pharm. eller tilsvarende.
- En solid baggrund indenfor kemi/kemiteknik.
- Gerne kendskab til toksikologi/økotoxikologi.
- Interesse for administrativt arbejde.
- Engelsk i skrift og tale.

» Vi tilbyder

- Et udfordrende job i en spændende international koncern med en uformel kultur og med gode muligheder for såvel faglig udvikling som udvikling af personlige kompetencer.

Ansøgning

Skriftlig ansøgning vedlagt eksamenspapirer og relevante referencer sendes til Cheminova A/S, Postboks 9, 7620 Lemvig, mærket "Administration af kemikalielovgivning".

Ansøgningen skal være os i hænde **senest onsdag den 3. maj 2006**.

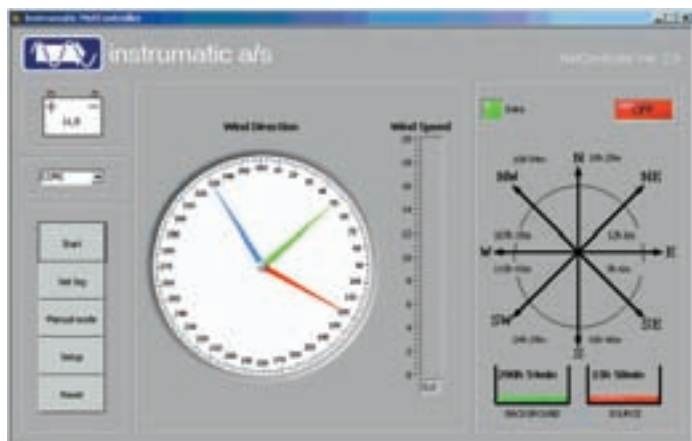
Anfør venligst, hvor du har set annoncen.

Nærmere oplysninger om stillingen kan fås ved henvendelse til underdirektør Christian Bastholm på tlf. 9690 9690.

(www.cheminova.dk)



Cheminova A/S' mission er at bekæmpe uønskede insekter, planter og svampe for at sikre den globale forsyning af fødevarer og plantefibre samt forbedre menneskers livsbetingelser generelt. Som medarbejder vil du være med til at bidrage til en bedre verden. Cheminova's produkter sælges i over 100 lande, på de 16 største markeder gennem egne datterselskaber. Cheminova A/S beskæftiger 1500 højt kompetente medarbejdere og havde i 2004 en omsætning på 4,1 milliarder kr.



Figur 2. Metcontrollers hovedmenu: Den grønne hhv. røde pil definerer den øvre og nedre grænse for, hvornår vinden er fra kilden mod målepunkterne i læ side. (her: [50°;120°]). Den blå pil viser den aktuelt målte vindretning.

Der blev udført målinger på virksomhedens naphthalen- og tjæredestillationsanlæg. Det lodrette tværsnit på hvert af de to anlæg blev inddelt i 3-4 sektioner, idet hver sektion repræsenterede et område af anlægget med forventede, karakteristiske emissioner. Den diffuse emission blev for hver sektion bestemt ud fra (I) og (II):

$$E_{a(n)} = C'_{a(n)} \cdot V_{gns} \cdot a(n) \quad (I)$$

$$C'_{a(n)} = C_{a(n)} - C_{baggrund} \quad (II)$$

Hvor

- $E_{a(n)}$ = den diffuse emission gennem det lodrette tværsnitsareal $a(n)$, placeret i læ side ift. kilden [g/s];
 $C'_{a(n)}$ = den målte, gennemsnitlige koncentration gennem tværsnitsarealet $a(n)$ under vindretninger fra kilden, korrigeret for baggrundsbidraget [g/m³];
 $C_{a(n)}$ = den målte, gennemsnitlige koncentration gennem tværsnitsarealet $a(n)$ under vindretninger fra kilden [g/m³];
 $C_{baggrund}$ = den målte, gennemsnitlige koncentration på baggrundsstationen under vindretninger fra kilden mod tværsnitsarealet [g/m³].
 V_{gns} = den målte, gennemsnitlige vindhastighed under vindretninger fra kilden mod tværsnitsarealet [m/s];
 $a(n)$ = arealet af den n'te sektion i det lodrette tværsnitsareal [m²].

$C_{baggrund}$ måles samtidig på en position i luv side, der er tilstrækkeligt langt fra anlægget til ikke at være påvirket af de diffuse emissioner under de relevante vindretninger. $C_{baggrund}$ er i forbindelse med målingerne på Koppers beregnet som gennemsnit af to parallelmålinger.

Gennemgang af de enkelte anlægs opdeling i tværsnitssektioner, ses i [4].

Måleprogram

Måleprogrammet er vist i tabel 1. Placeringen af målepositioner på tjæredestillationsanlægget er vist i figur 3.

Anlæg	Målepunkt i læside	Højde over terren	Vindhastighed og -retning målt i	Afstand til anlæg	Vindsektor	Baggrund (målepunkt i luv side)
Tjære - destillations - anlæg	T1	8,5 m	T3	10 m	[40°;120°]	B1 og B2. Højde over terren: 2 meter
	T2	4,5 m				
	T3	4,5 m				
	T4	4,5 m				
Naftalanlæg	N1	5,5 m	N3	6 m	[50°;120°]	B1 og B2. Højde over terren: 2 meter
	N2	5,5 m				
	N3	5,5 m				
	N4	5,5 m				

Tabel 1. Måleprogram til bestemmelse af diffuse emissioner af VOC og PAH fra Koppers Denmark A/S, Nyborg, vha. vindretningsbestemt prøveopsamling. Målepunkterne refererer til figur 3.

Resultater

Tabel 2 viser tidspunkter for udførelsen af målekampagnerne,



Figur 3. Måling på tjæredestillationsanlægget.

varigheden af prøveopsamlingen og den gennemsnitlige, målte vindhastighed under prøvetagningsperioderne.

	Kampagne nr.	Måleperiode		Prøv etagning aktiveret [timer i alt]	Gns. vindhastighed under prøvetagning [m/s]
		Start	Slut		
Tjære - destillationsanlæg	T-1	15.06.2005	28.06.2005	19,7	1,1
	T-2	28.06.2005	30.06.2005	12,7	0,9
Naftalanlæg	N-1	17.05.2005	02.06.2005	20,5	0,6
	N-2	02.06.2005	15.06.2005	16,0	0,9

Tabel 2. Varighed af prøvetagningen og gennemsnitlige, målte vindhastigheder under prøvetagningsperioderne.

Tabel 3 viser de målte benzenkoncentrationer under målekampagnen N-1 og illustrerer beregningen af den diffuse emission ud fra måleresultaterne. Beregningen er foretaget ud fra (I) og (II).

	For-kortelse	Unit	Læside i forhold til Naftalanlæg				Luv side , Baggrund
			A	B	C	D	
Tværsnit, sektion nr.	n	-					
Benzen, målt koncentration	$C_{a(n)}$	µg/m ³	20,4	30,7	3,8	21,4	0,2
Benzen koncentration, korr. for baggrund	$C'_{a(n)}$	µg/m ³	20,2	30,5	3,6	21,2	
Gns. vindhastighed under prøvetagning gn. tværsnitsareal	V_{avg}	m/s	0,6				
Areal af tværsnitsareal	$a(n)$	m ²	54	144	54	56	
Volumenflow gn. tværsnitsareal	$V_{avg} \cdot a(n)$	m ³ /h	120.000	310.000	120.000	120.000	
Emission	$E_{a(n)}$	g/h	2,4	9,5	0,4	2,6	

Tabel 3. Den diffuse emission af benzen, beregnet ud fra måleresultaterne i den første målekampagne på naphthalenanlægget og under anvendelse af formel (I) og (II).

Tabel 4 viser den målte diffuse emission af de enkelte VOC'er, naphthalen og total-PAH fra de to anlæg. I total-PAH indgår resultater for 16 individuelle PAH'er, målt i B[a]P ækvivalenter⁷.

	Enhed	Tjæredestillationsanlæg			Naftalanlæg		
		T-1	T-2	Gns.	N-1	N-2	Gns.
Benzen	g/h	1,0	1,9	1,4	14,8	1,9	8,4
Toluen	g/h	0,29	0,78	0,54	3,2	0,34	1,77
Ethylbenzen	g/h	0,03	0,12	0,08	0,08	0,02	0,05
Xylener	g/h	0,09	0,34	0,22	0,41	0,02	0,22
PAH in B[a]P-ækvivalenter	g B[a]P - ækv/h	0,011	0,012	0,012	0,003	0,004	0,004
Naftalin (naphthalen)	g/h	0,90	1,54	1,22	2,95	6,62	4,79

Tabel 4. Den diffuse emission af VOC og PAH fra tjære- og naphthalenanlægget, bestemt ud fra målekampagnerne på de to anlæg.



Diskussion

Måleresultaterne viste, at VOC-emissionerne fra begge anlæg domineres af diffuse udslip af benzen og C₇-C₉-aromater. Produktionen var på begge anlæg normal og konstant under målekampagnerne. De fluktuationer, der måles i VOC-emissionen fra kampagne til kampagne, skyldes formodentlig små lækager i anlægget, spild eller emissioner fra trykudligninger på anlægget. Små utætheder kan, selv når de opstår under normal produktion, give anledning til relativt store variationer i udslippet af de mest flygtige komponenter. Sådanne utætheder har en betydeligt mindre effekt på udslippet af mindre flygtige komponenter end PAH.

Emissionen af PAH var 0.011 g B[a]P-ækv/h-0.012 g B[a]P-ækv/h under begge målekampagner på tjæredestillationsanlægget. Også på naphthalenanlægget var PAH-emissionen konstant, men niveauet var 3-4 gange lavere end PAH-emissionen på tjæredestillationsanlægget. Dette er forventeligt, idet tjæredestillationsanlægget destillerer stenkulstjære, der har et højt indhold af PAH.

Eftersom naphthalen er et produkt fra naphthalenanlægget, er det ikke overraskende, at emissionen af naphthalen på 3-7 g/time fra naphthalenanlægget er omkring 4 gange højere end den fundne emission af naphthalen fra tjæredestillationsanlægget.

De målte emissioner lå alle væsentligt under de emissionsgrænseværdier, der er angivet i Fyns Amts miljøgodkendelse for de to anlæg.

Konklusion

Den vindretningsbestemte metode kunne på tilfredsstillende

måde bruges til at måle den diffuse emission af VOC og PAH fra to industrianlæg på Koppers Denmark A/S. Der blev benyttet et begrænset antal målepunkter, og vha. reguleringsenheden kunne prøvetagningen udføres automatisk, når vinden var i den rigtige retning. Veldokumenterede målemetoder kunne på denne måde bruges til måling i både læ og luv side i målekampagner med en varighed på op til 2 uger. Repræsentativiteten af hvert enkelt målepunkt blev derved øget betydeligt.

VOC-emissionerne bestod overvejende af benzen og C₇-C₉-aromater. Hvor emissionen af benzen, toluen, ethylbenzen, xylener and naphthalen viste nogen fluktuation fra den ene målekampagne til den næste (fra 2 g/h – 20 g/h totalt for benzen, toluen, ethylbenzen og xylener), var PAH-emissionerne fra de enkelte anlæg mere konstante (0.011 - 0.012 g B[a]P-ækv/h på tjæredestillationsanlægget, og 0.003 g B[a]P-ækv/h - 0.004 g B[a]P-ækv/h på naphthalenanlægget).

Fluktuationerne i VOC og naphthalen skyldes emissioner fra små utætheder, trykudligninger og spild, som også under normal produktion kan opstå i procesanlæggene. Små utætheder kan være årsag til en relativt høj emission af de mere flygtige VOC'er, hvorimod utæthederne vil have en meget mindre effekt på emissionen af mindre flygtige komponenter, herunder PAH.

Den traditionelle læ og luv side måling blev i 1992 benyttet på Koppers Denmark A/S, hvor et meget stort antal målepunkter var involveret, og hvor disse målepunkter skulle aktiveres manuelt, når vinden var i den rigtige retning. Målingen i 2005 var væsentlig billigere at anvende end den traditionelle metode, og reguleringsprincippet kan bruges i alle målemetoder, der involverer opsamling på et medie i form af et filter og/eller en ad- ►

Når det gælder kromatografi - Kontakt os hos Scantec Lab!!!

Vore leverandører er:



GC, LC og IC
kolonner, tilbehør,
instrumenter



Vials



LC kolonner



Vials og
MTP-plader



Inertsil LC kolonner
H₂ og He gasdetektor



LC kolonner



LC Instrumenter



Vials, sprøjtefiltre



Gasgeneratorer



GPC og LC kolonner
tilbehør, instrumenter



GC kolonner og
tilbehør



LC kolonner



GC og LC
ventiler og tilbehør



LC tilbehør



Pipetter



LC kolonner

 **Scantec Lab**

Filial af Scantec Lab AB, Sverige
www.scanteclab.dk

Tel. 3691 5160 • Fax 3691 5161
scantec.info@scanteclab.dk





sorbent. Det betyder, at metoden også kan anvendes til måling af diffuse emissioner af støv (herunder PM_{10}), kemiske forbindelser på partikelform og diffuse emissioner af andre gasformige forbindelser end VOC og PAH.

E-mail adresser
Karsten Fuglsang: kfu@force.dk
Per Bech: per.bech@eu.sunchem.com

Referencer

1. Emissionsbestimmung bei diffusen Quellen - Grundlagen. VDI 4285, Blatt 1/E, September 2002.
2. EN14662-2. Ambient air quality - Standard method for measurement of benzene concentrations - Part 2: Pumped sampling followed by solvent desorption and gas chromatography. Dec. 2004.
3. ISO 12884 (2000). Ambient air - Determination of total (gas and particle-phase) polycyclic aromatic hydrocarbons - Collection on sorbent-backed filters with gas chromatographic/mass spectrometric analyses.
4. Fuglsang, K (2006). A Cost-effective Method for Campaign Measurement

of Diffusive Emissions of VOCs and PAHs. 7th International Conference on Emission Monitoring, 2006 February 1-2, Paris, France.

5. Jensen, A.A. og Blinksbjerg, P. (2000). Baggrundsdokument for fastsættelse af emissionsgrænseværdi for PAH i luft. Rapport til Miljøstyrelsen. Kan downloades fra: www.ref-lab.dk

Fodnoter

- ¹⁾ Nuværende adresse: Sun Chemical A/S
- ²⁾ VOC: Flygtige organiske forbindelser
- ³⁾ PAH: Polycykliske aromatiske hydrocarboner
- ⁴⁾ DOAS: Differential Optical Absorption Spectroscopy
- ⁵⁾ LIDAR: Light Detection And Ranging
- ⁶⁾ Instrumatic A/S, Ellemosen 9, 8680 Ry, Denmark. <http://www.instrumatic.com>
- ⁷⁾ B[a]P ækvivalenter: De målte koncentrationer af PAH forbindelser omregnes til benz(a)pyren-ækvivalenter alt efter deres toksicitet ift. toksiciteten af PAH-forbindelsen benz(a)pyren. Stoffernes koncentration i B[a]P-ækvivalenter kan herefter summeres, hvorved der opnås et mål for den samlede koncentration af PAH-forbindelser. Relative toksicitetsækvivalenter benyttet til omregningen er fastsat i Koppers miljøgodkendelse. For en nærmere beskrivelse af toksicitetsfaktorer for PAH henvises til [5].

Ph.d.-projekt

Kvantificering af naturlig nedbrydning vha. kemiske analyseværktøjer

Når »Moniteret Naturlig Nedbrydning« anvendes som afværgestrategi over for grundvandsforurening fra punktkilder, har man brug for at kunne dokumentere og gerne kvantificere nedbrydning i felten. Men der findes ikke nogen overordnet metode, der kan måle nedbrydning af forurening i grundvandet. Ved at bruge flere forskellige tilgange kan man sammenstykke et billede, der alt i alt sandsynliggør, at nedbrydningen foregår.

I ph.d.-afhandlingen er en række *in situ*-indikatorer undersøgt og evalueret i forhold til forskellige stofgrupper, primært benzol/oliestoffer, chlorerede opløsningsmidler og phenoxysyreherbicer.

Nedbrydningsprodukter: Tilstrækkeligt specifikke nedbrydningsprodukter indikerer ved deres blotte tilstedeværelse, at der er sket nedbrydning. Et eksempel er de ravsyrederivater, der dannes ved anaerob nedbrydning af f.eks. aromatiske kulbrinter (f.eks. benzylravsyre fra toluen). Andre nedbrydningsprodukter er mindre specifikke, idet de f.eks. findes som synteseurenheder i moderstoffet (f.eks. chlorphenoler i phenoxysyre-herbicer), har flere kilder, eller ikke kun kan relateres til et bestemt moderstof.

Urenheder: Syntetiske stoffer kan indeholde væsentlige mængder af urenheder. Hvis det kan dokumenteres, at forholdet mellem en urenhed og dens »moderstof« har ændret sig i felten i modsat retning af, hvad man ville forudsige ud fra stoffernes fysisk-kemiske egenskaber, kan det indikere, at det ene stof er blevet nedbrudt mere end det andet. Dermed er der sket nedbrydning i felten.

Stabile isotoper: Ved bionedbrydning differentierer mikroorga-

nismen i visse tilfælde signifikant mellem forskellige stabile isotoper (isotopfraktionering), f.eks. ^{12}C og ^{13}C . Dvs. indholdet af ^{13}C stiger i den tilbageværende forurening, efterhånden som nedbrydningen skrider frem. De fleste andre processer differentierer ikke væsentligt mellem ^{12}C og ^{13}C . Dermed kan ændringer i $^{13}C/^{12}C$ -forholdet i felten dokumentere nedbrydning. Isotopfraktioneringens størrelse afhænger både af det specifikke stof samt nedbrydningsvejen og vil derfor ikke altid være signifikant i felten, selvom der foregår nedbrydning. Selve analysemetoden medfører også begrænsninger i metodens anvendelighed. Til gengæld kan anvendelsen af stabile isotoper give mulighed for kvantificering af nedbrydning i felten.

Enantiomerer: Visse stoffer findes i to spejlbilledformer kaldet enantiomerer. Eksempler er phenoxysyre-herbicerne dichlorprop og MCPP, der jævnligt påvises i grundvand. I biologiske systemer kan enantiomererne opføre sig vidt forskelligt, og derfor er det sandsynligt, at mikroorganismerne ved bionedbrydning vil differentiere mellem de to enantiomerer, og dermed vil enantiomerforholdet ændre sig. Observation af en sådan ændring i felten kan bruges som dokumentation af nedbrydning, og ud fra ændringens størrelse kan nedbrydningen kvantificeres.

De undersøgte *in situ*-indikatorer blev fundet brugbare i de tilfælde, hvor de bidrog til at dokumentere nedbrydning i felten, men ingen var generelle nok til at kunne bruges i alle situationer. Det understreger vigtigheden af at have mange værktøjer til rådighed.

Lotte Ask Reitzel, Environment & Ressources, DTU

4916 3388
CLAUS DAMM
Udstyr til:
★ steril produktion
★ bioteknologi
★ forskning
www.clausdamm.dk

Annoncer i Dansk Kemi ?

Kontakt Annie Overgaard

Tel. 4324 2693 eller ao@techmedia.dk

TechMedia

