

**Notitie advies luchtmetingen van vinylchloride**

M. Ramlal, M. H. Broekman, E. Schols 1 oktober 2012

**Inhoud**

1	Inleiding en doel .....	2
1.1	<i>Aanleiding</i> .....	2
1.2	<i>Meetmethoden en richtlijnen</i> .....	3
<a href="#">1.3</a>	<i>Doel</i> .....	3
2	Werkwijze .....	5
3	Resultaten .....	6
3.1	<i>Meetmethoden voor binnen- en kruipruimtelucht</i> .....	6
3.2	<i>Meetmethoden voor bodemlucht</i> .....	10
4	Aanbevelingen .....	13
4.1	<i>Meetmethoden voor binnen- en kruipruimtelucht</i> .....	13
4.2	<i>Meetmethoden voor bodemlucht</i> .....	13
4.3	<i>Aanvullende validatie voor bemonstering en analysemethode</i> .....	13
5	Referenties .....	14

## 1 Inleiding en doel

### **Aanleiding**

In 2015 moeten alle bodemsaneringen in Nederland beheerst zijn. Dit heeft onder andere gevolgen voor het beoordelen van het risico van vrijkomende gasvormige en schadelijke stoffen bij met vluchtige stoffen verontreinigde locaties. Hiervoor is het de bedoeling om de kwaliteit van de binnenlucht door monitoring vast te kunnen stellen op basis van luchtmetingen. Één van de kritische stoffen is vinylchloride. De stof is kritisch door zijn toxicologische eigenschappen bij inhalatoire blootstelling en het feit dat deze stof vaak in bodem en grondwater van met PER en TRI verontreinigde locaties voorkomt. Om tot een goede risicobeoordeling van de luchtkwaliteit als gevolg van uitdamping te komen moet vinylchloride betrouwbaar worden gemeten, zodat de meetwaarden met gezondheidkundige grenswaarden vergeleken kunnen worden.

### **1.2. Achtergrondinformatie**

De toepassing van vinylchloride metingen is vooral bedoeld voor de vaststelling van het risico op verspreiding van vinylchloride uit de verontreinigde bodem en het grondwater via bodemlucht en kruipruimtes naar het binnenmilieu van (particuliere) woningen en overige gebouwen. De voorgeschreven meetstrategie is er op gericht om de concentraties van vinylchloride in diverse ruimtes en luchtcompartimenten vast te stellen en een relatie te kunnen leggen met een bron in bodem en grondwater. De te bepalen luchtconcentraties kunnen variëren door verschillende factoren zoals:

#### *Binnenlucht*

- meetlocaties in een ruimte (meestal heterogeen)
- verdeling van vinylchloride over de verschillende ruimtes in een gebouw
- monstername hoogte
- ventilatievoud van een ruimte (als gevolg van afzuiging en/of ramen en deuren)
- routes vanaf bronnen in bodem, grondwater of riolering naar binnenlucht
- UV-licht en temperatuur (binnen / buiten, zomer/winter)
- grondwaterstand
- chemische reacties
- adsorptie aan materialen, emissie daarna
- menselijk gedrag in de (te onderzoeken) ruimte
- andere bronnen met deze stoffen
- immissie van buitenlucht naar binnen (i.p.v. via de kruipruimte)

#### *Bodemlucht*

- mate van verontreiniging en historie
- bodemsamenstelling (grondsoort, porositeit, grondwaterdiepte,)
- diepte (i.v.m. aanzuiging buitenlucht en herkomst bodemlucht)
- bemonsteringstijd
- bemonsteringssnelheid
- vochtgehalte (effect op kool- en thermodesorptiebuis methode)
- bodemtemperatuur (i.v.m. sorptie evenwicht)
- seizoenen en weer
- aerobie en aanwezigheid specifieke bacteriën (i.v.m. afbraak)
- verharde terrein

Er is momenteel discussie over de betrouwbaarheid van de luchtmetingen van vinylchloride. Vaak worden binnenlucht metingen gedaan in de kruipruimte, de binnenlucht van woningen/gebouwen en de buitenlucht nabij het gebouw. Ook bestaat de behoefte om in de bodemlucht van verontreinigde bodems te meten, vooral wanneer er geen kruipruimtes in gebouwen aanwezig zijn of in situaties waarbij geplande bebouwing nog niet is gerealiseerd. Ook boven stortplaatsen kan er behoefte zijn vinylchloride te meten omdat dit in een stort vaak gevormd wordt.

Vinylchloride (monochlooretheen) ontstaat meestal met *cis/trans*-1,2 dichlooretheen als afbraakproduct van tetrachlooretheen (PER) en trichlooretheen (TRI). Er zijn in Nederland veel bodemlocaties verontreinigd met PER en TRI. PER kent een toepassing als chemisch reinigingsmiddel in wasserijen en is in deze branche in het verleden de meest voorkomende bron geweest van bodemverontreiniging. Tri is veel gebruikt als ontvettingsmiddel, ondermeer bij metaalverwerkende bedrijven.

### **1.3 Meetmethoden en richtlijnen**

De meest gangbare meetmethode voor de bepaling van de luchtconcentratie vinylchloride is een actieve bemonstering over twee in serie geschakelde koolbuizen. De koolbuizen worden na de bemonstering in een laboratorium in bewerking genomen gevolgd door een GC-FID, GC-ECD of GC-MS analyse.

In de 'Richtlijn luchtmetingen' (ref. 2) en de GGD-Richtlijn bodemverontreiniging (ref. 10) is een alternatieve meetmethode voor het meten van vinylchloride voorgesteld door het RIVM. De methode bestaat uit een lucht bemonstering met hulp van canisters. Na de bemonstering analyseert het laboratorium een deelvolumen van de bemonsterde lucht met vinylchloride met bij voorkeur een GC-MS. Redenen om deze meetmethode voor te stellen zijn de aanscherping van de chronische inhalatoire blootstellingsgrenswaarde (Toelaatbare Concentratie Lucht, TCL) naar 3,6 microgram per kubieke meter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). De koolbuis meetmethode levert prestaties die deze grenswaarde niet goed kan beoordelen en er treden mogelijk verliezen op voordat de VC kan worden geanalyseerd (door het extreem vluchtige karakter van VC of door het strippen van VC door andere gechlorideerde verbindingen). De canister meetmethode is in staat deze lage concentraties aan te tonen en kent de genoemde verliezen niet. De meting via koolbuisjes voldoet niet aan de wens een tijdsgeïntegreerde meting te doen van enkele dagen tot een week. De canistermethode voldoet aan de wens een tijdsgeïntegreerde meting te doen van maximaal 2 dagen.

Zowel bij de Wbb bevoegde overheden als bij de medisch milieukundigen van de GGD's is er behoefte aan informatie over de wijze van uitvoeren van een betrouwbare meetmethode voor vinylchloride.

### **1.4. Doel**

Het doel van de activiteit in dit project is een advies te kunnen geven over de meest geschikte meetmethode(n) voor de bepaling van de luchtconcentratie vinylchloride in buiten-, bodem-, kruipruimte- en binnenlucht. De metingen van vinylchloride dienen de volgende doelen:

- a) een locatiespecifieke risicobeoordeling van bodem- en grondwaterverontreiniging aan de hand van gemeten concentraties en vergelijking daarvan met de levenslange inhalatoire blootstellingsgrenswaarde (TCL is  $3,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- b) de bepaling van de concentratiegradiënten van de luchtkwaliteit in gebouwen en bodemlucht om de herkomst en hotspots van verontreiniging te bepalen.

- c) Monitoren van bodemlucht en binnenlucht tijdens een sanering van gechloreerde verbindingen (waarbij bij door afbraak VC concentraties verhoogd zouden kunnen worden).

## 2 Werkwijze

Er is een inventarisatie gemaakt van kennis binnen en buiten het RIVM over de huidige stand der techniek inzake de luchtmetingen van vinylchloride. Dit is gebeurd door de beschikbare rapporten en documenten over het onderwerp te bestuderen (ref. 1,2) en door de bestaande kennisnetwerken in het vakgebied van de analytische chemie te betrekken. Hiervoor zijn diverse laboratoria geraadpleegd: KU Leuven, ProMonitoring, RPS, Inspectorate, TNO, Tauw, Alwest en Intertek.

Van de beschikbare meetmethoden zijn in een tabel de volgende eigenschappen opgenomen: de bepalingsgrenzen, de bemonsteringstijd, de aandachtspunten voor de meting, de mogelijkheid voor simultane bemonstering en het simultaan kunnen meten van dichloorethenen, tri en per en de analyse laboratoria, (zie hoofdstuk 4) . Ook is aangegeven of een methode gebruik maakt van actieve of passieve monsterneming: een monsternaming waarbij een kracht (met pomp of manueel) is uitgeoefend, wordt onder actieve bemonstering gerangschikt. Bij passieve bemonstering beperkt de handeling zich tot het open zetten van het medium. Dit is verder geen criterium dat van belang is voor de kwaliteit van de meting.

De geschiktheid van methoden voor het meten van VC in situatie met bodemverontreiniging is getoetst aan de volgende criteria:

- de methode moet gevalideerd zijn;
- de methode moet breed toepasbaar zijn, dat wil zeggen openbaar beschreven en praktisch uitvoerbaar;
- de methode moet een bepalingsgrens hebben van 1.3 ug/m (0.5 ppb, significant lager dan de TCL waarde van 3,6 ug/m<sup>3</sup>)
- de methode moet tijdgemiddelde concentraties kunnen bepalen over een tijdsperiode van een aantal dagen of een week;
- de methode moet bij voorkeur ook de concentraties kunnen bepalen van de precursors tetrachlooretheen (PER) en trichlooretheen (TRI) en het andere vervalproduct *cis/trans*-1,2 dichlooretheen (of 1,1-dichlooretheen).

Op basis van alle informatie is nagegaan of een methodevergelijkend onderzoek wenselijk is. Hierbij is zoveel mogelijk uitgegaan van de daarvoor geldende normen, te weten ISO/IEC 17043 (02-2010) voor de organisatie en ISO 13528 (2005) voor de statistische evaluatie.

### 3 Resultaten

#### 3.1 Meetmethoden voor binnen- en kruipruimtelucht

In tabel 1 zijn de overzichten van de meetmethoden voor de bepaling van de luchtconcentratie van vinylchloride (met hun mogelijkheden en beperkingen) in de kruipruimte lucht en de binnenlucht gegeven.

In de tabel is ook aangegeven of het een gevalideerde methode is.

##### Actieve methoden

Uit dit overzicht blijkt dat in de literatuur de kruipruimte lucht en binnenlucht bemonstering van vinylchloride (VC) vaak *actief* op een adsorbens (bv. actieve kool en Tenax) of *passief* in een canister wordt gedaan. De analyse is met GC-FID of GCMS uitgevoerd.

##### *Koolbuis*

Bij verschillende Amerikaanse meetmethoden (o.a. NIOSH 1007 OSHA 75, ASTM D 4766; ref. 3,4,5), is actieve kool een veel toegepaste adsorbens voor de bemonstering (mbv een pomp) van VC, bij arbeidshygiënisch onderzoek.

Bij deze meetmethoden is de monstername en analyse gevalideerd.

In Nederland is de NIOSH 1007 het meest toegepast. Bij deze meetmethoden zijn de koolbuizen in serie geplaatst, om de doorslag te bepalen.

Niet duidelijk is uit de literatuur of er met deze methode ook *cis/trans*-1,2 dichlooretheen, trichlooretheen en tetrachlooretheen bepaald kan worden.

Na desorptie met koolstofdioxide ( $CS_2$ ) van het geadsorbeerde vinylchloride, vindt analyse met GC-FID of GCMS plaats.

Meetcriteria koolbuis:

- flow: 50 - 100 mL/min.
- bemonsteringstijd: 1 - 8 uur
- volumina: 3 - 25 liter
- luchtvochtigheid: < 80 %
- Bepalingsgrens GC-FID: 25 - 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
GC-MS: 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

##### *NB*

- *Tijdens het bemonsteren is aanbevolen (K. Poels, KU Leuven) om de buizen voor UV licht af te schermen met bv. aluminium folie. Onder invloed van UV licht breekt VC af.*
- *NIOSH 1007 is de toegepaste methode bij KU Leuven (K. Poels, met een bepalingsgrens van 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).*

##### *Thermodesorptiebuis*

EPA TO17 (ref. 6) is een analysemethode, waarbij lucht bemonsterd is op zgn. thermodesorptie buizen. Dit is een buis (glas of RVS) met adsorbens (Tenax, Carbosieve SIII en AirToxic). Bij deze analysemethode zijn 65 componenten gevalideerd, waaronder vinylchloride, *cis/trans*-1,2 dichlooretheen, trichlooretheen en tetrachlooretheen. Bij deze meetmethode is de monstername en analyse gevalideerd.

Na thermische desorptie van de bemonsterde buizen, vindt de analyse met GC-MS plaats.

Meet criteria thermodesorptiebuis:

- flow: 15 - 70 mL/min.
- bemonsteringstijd: 1 uur
- volumina: 1 - 4 liter
- luchtvochtigheid: < 80 %
- Bepalingsgrens GC-MS: 1.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

### *Tedlarbag*

Luchtzakken (ref. 7) zijn al jaren gebruikt om zogenaamde "grab samples" te nemen. Dit zijn instantane bemonsteringen. Bemonstering kan actief worden uitgevoerd met pompen of met een Vac-U-Tube. Een bemonstering met een pomp levert tijdgemiddelde luchtconcentraties en die met de Vac-U-Tube levert momentane luchtconcentraties van vinylchloride.

Tedlarbag bemonstering is veel toegepast bij milieu- en arbeidshygiënische onderzoeken.

De analyse is volgens de (gevalideerde) EPA TO15 methode (canister bemonstering).

- flow: momentaan
- bemonsteringstijd: < 0.1 min
- volumina: 0.75 liter
- luchtvochtigheid: 10 – 95 %
- Bepalingsgrens MS: 1.3 µg/m<sup>3</sup>
- Stabiliteit: < 3 dagen.

### Passieve methode

#### *Canister*

Luchtmonsters kunnen in canisters genomen worden. Canisters zijn metalen, gevacumeerde, bollen. Door de kraan open te draaien, kan deze zich vullen met lucht tot atmosferische druk. De analyse van een deel van de lucht is volgens EPA TO15 (ref. 8, 11). Een deel van de bemonsterde lucht wordt, in een zgn. thermodesorbtië unit, geconcentreerd en geanalyseerd met GCMS. Bij deze (gevalideerde) analysemethode zijn 65 componenten gevalideerd, waaronder vinylchloride, *cis/trans*-1,2 dichlooretheen, trichlooretheen en tetrachlooretheen. D.w.z. dat in hetzelfde monster, 65 componenten gekwantificeerd kunnen worden.

De bemonstering kan simultaan gebeuren.

Meetcriteria canister:

- flow: 5 - 160 mL/min.
- bemonsteringstijd: 0.1 min. – 2 dagen
- volumina: 0.5 - 6 liter
- luchtvochtigheid: 10 - 100 %
- Bepalingsgrens MS: 1.3 µg/m<sup>3</sup>

#### *Helium Diffusion Sampling(HDS)*

Bij deze techniek wordt flesje van ca. 20 mL, gevuld met helium. Door een buisje in het flesje diffundeert helium met een bepaalde snelheid eruit en omgevingslucht erin. De bemonstering is maximaal 8 uur. (ref. 19)

#### *Solid Phase Micro Extraction (SPME)*

Een 2<sup>e</sup> veelbelovende techniek is SPME. Dit is een dunne vezel (fiber) met een coating van materiaal waarin (VOC) stoffen kunnen absorberen. Voor monsternamen wordt een fiber enkele uren tot dagen in een ruimte geplaatst. In een GCMS worden de stoffen thermisch gedesorbeerd. Vocht lijkt geen effect te hebben op de opname snelheid. (ref. 20, 21)

#### *3M Badge*

In verband met de vluchtigheid wordt VC niet op badges bemonsterd.

**Tabel 1 methoden voor de bepaling van VC of VOC in binnenlucht of kruipruimte lucht**

<b>Methoden binnenlucht / kruipruimte lucht</b>						
<b>Methode</b>	<b>Bepalingsgrens [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Bemonsteringstijd</b>	<b>Aandachtspunten bemonstering</b>	<b>Simultane bem./locatie</b>	<b>Tri, per en cis</b>	<b>Laboratorium<sup>1</sup></b>
<b>Actieve bemonstering</b>						
<b>Koolbuis</b>						
NIOSH 1007; 100/50, FID	200 +/- 18%	1.7 uur (50 mL/min, 5 L)	Koel bewaren, RH<80% tijdens en na UV-vrij geluidshinder door pomp meer dan 1 analyse	ja	nee	KUL
NIOSH 1007; 100/50, GCMS	20 +/- ? %	1.7 uur (50 mL/min, 5 L)	Koel bewaren, RH<80% tijdens en na UV-vrij geluidshinder door pomp meer dan 1 analyse	ja	nee	RPS, Tauw/Alwest  RPS
OSHA75, 130/65, FID	50 +/- 6%	1 uur (50 mL/min, 3 L)	Koel bewaren, RH<80% tijdens en na UV-vrij geluidshinder door pomp meer dan 1 analyse	ja	nee	?
ASTM D 4766, 800/200, FID	25 +/- ? %	4 uur (100 mL/min, 24 L) 8 uur (50 mL/min, 24 L)	Koel bewaren, RH<80% tijdens en na UV-vrij geluidshinder door pomp meer dan 1 analyse	ja	nee	



<b>Thermodesorptie buis</b>						
EPA TO17; GCMS	1 +/- ? %	4 uur (17 mL/min, 4 L)	Koel bewaren, RH<80% tijdens en na UV-vrij geluidshinder door pomp 1 analyse	ja	ja	TNO, Intertek, RPS, RIVM
<b>Tedlarbag</b>	1.3 +/- 10 %	Instantaan	Momentopname, wel meerdere nemen Stabiliteit: <3 dagen			
<b>Passieve bemonstering</b>						
<b>Canister</b>						
EPA TO15; GCMS	1.3 +/- 10 %	0.5 - 6 L, 0.1 min - 2 dgn. 5 - 160 mL/min	vacuüm controleren vocht: geen invloed meer dan 1 analyse	ja	ja	TNO, RPS, Intertek  Inspectorate, RIVM
<b>Helium Diffusion Sampling</b>						
<i>(in ontwikkeling)</i>	1 +/- ? %	8 uur	afgesloten bewaren	ja	ja	TNO
<b>Solid Phase Micro Extraction (SPME)</b>						
<i>(in ontwikkeling)</i>	0.1 +/- ? %	30 min. - 16 uur	afgesloten bewaren vocht geen invloed 1 analyse	ja	ja	?

### **3.2 Meetmethoden voor bodemlucht**

In tabel 2 is een overzicht opgenomen van de methoden voor het meten van VC in bodemlucht. Uit dit overzicht blijkt dat er geen gevalideerde methoden zijn om VC in bodemlucht te bepalen.

Om bodemluchtmonsters te kunnen nemen, moet eerst een sonde in de bodem geplaatst worden. Het plaatsen van de sonde kan volgens 2 manieren:

- peilbuis methode; na boring in de bodem is er een buis geplaatst met een bodemluchtfilter of een capillair met een trechter. Bodemlucht wordt bemonsterd via een PE of Teflon slang.
- de verloren punt methode (VPM); een metalen buis met afdichtende punt, wordt in de grond geslagen. Vervolgens wordt de buis iets omhoog getrokken en de afdichtende punt met een staaf eruit gedrukt. Hierdoor ontstaat een holte in de bodem en bodemlucht wordt bemonsterd via een PE of Teflon slang (NB: geen siliconenenslang, vanwege adsorptie van VOC's). De punt blijft achter in de bodem.

Bij zowel de VPM als peilbuismethode wordt, voorafgaand aan de bemonstering, de aangezogen lucht door een CO2 meter geleid tot een constant CO2 gehalte. En hoger dan de buitenlucht CO2 concentratie. Op deze manier wordt vastgesteld of er lekkage van lucht optreedt langs de sonde en om na te gaan of het dood volume lucht uit de aanzuigleidingen is verwijderd.

Ook kan het dood volume berekend worden en weggepompt worden.

De verloren punt methode (ref.10, 11, 12) is geschikt voor eenmalige bemonstering en het bepalen van 'hot-spots' van een gebied.

Bij de peilbuis zijn repeterende bemonsteringen uit te voeren.

De meting van VOC in bodemlucht is voor een deel analoog aan die van binnenlucht:

- Actief: koolbuis, thermodesorptiebuis (zie paragraaf 0);
- Passief: canister (zie paragraaf 0, Emflux en Gore Sorber).

De Emflux en Gore Sorber methode is een door EPA erkende, passieve bodemlucht bemonsteringsmethoden voor VOC (ref. 13, 14, 15). Hierbij wordt een sorbent buisje geïnstalleerd in een peilbuis. Deze techniek is gebaseerd op diffusie van VOC in de bodemlucht. Op deze VOC lijst ontbreekt VC.

Door RIVM zijn voor screening van VOC's (65 componenten, waaronder VC), indicatieve metingen gedaan in bodemlucht, volgens de verloren punt methode en canister bemonstering (ref.12).

**Tabel 2 Methoden voor de bepaling van VC in bodemlucht**

<b>Methoden bodemlucht</b>						
<b>Methode</b>	<b>Bepalingsgrens [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Bemonsteringstijd</b>	<b>Aandachtspunten bemonstering</b>	<b>Sequentiële bem./locatie</b>	<b>Tri, per en cis</b>	<b>Analyse Laboratorium</b>
<b>Actieve bemonstering</b>						
<b>Koolbuis</b>						
NIOSH 1007; 100/50, FID	200 +/- 18%	1.7 uur (50 mL/min, 5 L)	Koel bewaren, RH<80% tijdens en na UV-vrij geluidshinder door pomp meer dan 1 analyse	ja: Peilbuis/VPM	nee	KUL
NIOSH 1007; 100/50, GCMS	20 +/- ? %	1.7 uur (50 mL/min, 5 L)	koelbewaren, RH<80% tijdens en na UV-vrij geluidshinder door pomp meer dan 1 analyse	ja: Peilbuis/VPM	nee	RPS, Tauw/Alwest
OSHA75, 130/65, FID	50 +/- 6%	1 uur (50 mL/min, 3 L)	koelbewaren, RH<80% tijdens en na UV-vrij geluidshinder door pomp meer dan 1 analyse	ja: Peilbuis/VPM	nee	?
ASTM D 4766, 800/200, FID	25 +/- ? %	4 uur (100 mL/min, 24 L) 8 uur (50 mL/min, 24 L)	koelbewaren, RH<80% tijdens en na UV-vrij geluidshinder door pomp meer dan 1 analyse	ja: Peilbuis/VPM	nee	
<b>Thermodesorbtië buis</b>						
EPA TO17; GCMS	1 +/- ? %	4 uur (17 mL/min, 4 L)	koelbewaren, RH<80% tijdens en na UV-vrij geluidshinder door pomp 1 analyse	ja: Peilbuis/VPM	ja	TNO, Intertek,  RPS, RIVM

<b>Passieve bemonstering</b>						
<b>Canister</b>						
EPA TO15; GCMS	1.3 +/- 10 %	0.5 - 6 L, 0.1 min - 2 dgn. 5 - 160 mL/min	vacuüm controleren vocht: geen invloed meer dan 1 analyse	ja: Peilbuis/VPM	ja	
<b>Helium Diffusion Sampling</b>						
<i>(in ontwikkeling)</i>	1 +/- ? %	15 min. - 8 uur	afgesloten bewaren 1 analyse	ja: Peilbuis	ja	TNO-D&V
<b>Solid Phase Micro Extraction (SPME)</b>						
<i>(in ontwikkeling)</i>	0.1 +/- ? %	30 min. - 16 uur	afgesloten bewaren, vocht geen invloed 1 analyse	ja: Peilbuis	ja	?

## 4 Aanbevelingen

### **Meetmethoden voor binnen- en kruipruimtelucht**

Om de concentratie van vinylchloride (en van *cis/trans*-1,2 dichlooretheen, trichlooretheen en tetrachlooretheen) in binnen-, bodem- en kruipruimtelucht te bepalen, heeft de EPA TO15 methode veel voordelen ten opzichte van andere methoden. Daarom is deze methode aan te bevelen:

- tijdsgeïntegreerde metingen tot 2 dagen
- bepalingsgrens van circa  $1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- vocht heeft geen invloed
- eenvoudig uit te voeren: kraan open draaien
- geen verlies van VC tijdens en na bemonstering: canister schermt de analyten af van UV licht
- geen geluidsoverlast tijdens binnenlucht bemonstering

Deze analysemethode is door een aantal laboratoria (TNO, Intertek en RIVM) in Nederland geïmplementeerd met voldoende analyse capaciteit. De analysemethode is door de EPA gevalideerd voor 65 componenten met een bepalingsgrens van 0.5 ppbv ( $1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  voor vinylchloride)

De analyse kosten zijn vergelijkbaar met de analyse kosten voor koolbuis analyse.

De koolbuis methode is een optie voor binnenlucht metingen. De bemonstering is maximaal 8 uur en met een bepalingsgrens van minimaal  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  voor VC.

### **Meetmethoden voor bodemlucht**

Net als bij binnen- en kruipruimtelucht, heeft de EPA TO15 methode veel voordelen bij het meten van bodemlucht. Via een bodemlucht sonde (verloren punt methode of peilbuis) wordt lucht in een canister bemonsterd.

Belangrijke voordelen zijn:

- geen last van vocht en stilstaande bodemlucht;
- eenvoudig uit te voeren (robuust);
- kleine kans op verlies van VC tijdens monsternamen en analyse (liefst op basis van validatie)

Een alternatief is een bemonstering in een Tedlarbag, mits na bemonstering donker bewaard en de analyse binnen 3 dagen is.

### **Aanvullende validatie voor bemonstering en analysemethode**

Bij de inventarisatie is gebleken dat er gevalideerde methoden zijn om vluchtige organische componenten te bemonsteren en te analyseren, maar dat vinylchloride vaak ontbreekt of dat de bepalingsgrens te hoog is. Of dat de analyse gevalideerd is maar de monsternamen niet.

De verschillende laboratoria in Nederland hebben de TO15 analyse methode geïmplementeerd, maar niet de monsternamen. Daarom is het raadzaam om een vergelijkend onderzoek te starten met de verschillende laboratoria, voor de bemonstering en analyse van vinylchloride (en van *cis/trans*-1,2 dichlooretheen, trichlooretheen en tetrachlooretheen) in lucht. Met de daarvoor geldende normen, te weten ISO/IEC 17043 (02-2010) voor de organisatie en ISO 13528 (2005) voor de statistische evaluatie.

Wat er minimaal zou moeten gebeuren is dat er op een locatie, waarvan bekend is dat er vinylchloride (en de andere VOCl) aanwezig is, in veelvoud in canisters wordt bemonsterd. Deze canisters kunnen door laboratoria die mee willen doen, geanalyseerd worden. Het RIVM zou dit kunnen organiseren.

**Referenties**

1. Blootstellingsbepaling vinylchloride in de binnenlucht; intern document RIVM-IMG, W. Hagens et al., 2010
2. Richtlijn voor luchtmetingen voor de risicobeoordeling van bodemverontreiniging; RIVM rapport 711701048/2007, P.F. Otte et al.
3. NIOSH METHOD 1007, 4<sup>th</sup> Edition, 8/15/94.
4. OSHA Analytical Methods Manual", Method 75, Apr 1989.
5. ASTM D4766 - 98(2009)e1, Standard Test Method for Vinyl Chloride in Workplace Atmospheres (Charcoal Tube Method).
6. EPA Compendium Method TO-17, Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, Second Edition, Jan1999
7. A Tedlar bag sampling system for toxic organic compounds in source emission sampling and analysis. *J. Air Waste Mgmt. Assn.* Pau, J.C., J.E. Knoll, and M.R. Midgett: 41:1095-1097 (1991).
8. The stability of sulphur compounds, low molecular weight gases, and VOCs in five air sample bag materials, SKC Publication 1805 Rev 1207, 25 jan. 2011, Linda Coyne, et al.
9. EPA Compendium Method TO-15, Determination Of Volatile Organic Compounds (VOCs) In Air Collected In Specially-Prepared Canisters And Analyzed By Gas Chromatography/ Mass Spectrometry (GC/MS), Second Edition, Jan1999
10. Bodemlucht met de gassonde, RIVM rapport 712601 005, 1998, T. Knol-de Vos et al.
11. IMD/M/029 v5, Jan2011, Methode voor bemonstering van bodemlucht, RIVM-IMG voorschrift.
12. Kwaliteitssysteem bodemluchtbemonsteringen, Tauw bv, werkvoorschrift WV 2.6.1.1.13
13. Environmental Technology Verification Report, Soil gas sampling technology, Quadral services, EMFLUX soil gas system, EPA/600/R-98/096, aug. 1998
14. Environmental Technology Verification Report, Soil gas sampling technology, GORE-SORBER screening survey, W.L. Gore, EPA/600/R-98/095, aug. 1998
15. Soil gas sampling: General overview of passive and active sampling methods, P. Valle, ERM België, presentatie 08Jun2012.
16. GGD richtlijn medische milieukunde - gezondheidsrisico bodemverontreiniging RIVM rapport 609330010/2009, C. Hegger et al.
17. Implementatie van de canistermethode voor kwalitatief en kwantitatief onderzoek naar (zeer) vluchtige organische contaminanten. Concept RIVM rapport, Broekman MH en Kootstra PR, 1999.
18. AO\_4336 Second opinion luchtmetingen terrein Chemie-Pack\bemonstering en analyse VOC en aldehyden in grondwater, bodemlucht.
19. [http://www.entechinst.com/media/pdfs/catalog/82-85\\_personal-monitoring-using-helium-diffusion-sampling.pdf#page=3](http://www.entechinst.com/media/pdfs/catalog/82-85_personal-monitoring-using-helium-diffusion-sampling.pdf#page=3)
20. Air sampling with SPME, Ph.D. dissertation, P.A. Martos, University of Waterloo, 1997
21. Air Sampling of VOCs by SPME for Analysis by Capillary GC

**TO15 componenten**

CAS#	Komponent
<b>Aromaten</b>	
71-43-2	Benzeen
108-88-3	Tolueen
100-41-4	Ethylbenzeen
108-38-3 / 106-42-3	<i>m/p</i> -Xyleen
95-47-6	<i>o</i> -Xyleen
100-42-5	Styreen
622-96-8	4-Ethyltolueen
108-67-8	1,3,5-Trimethylbenzeen
95-63-6	1,2,4-Trimethylbenzeen
<b>Gechloreerde aromaten</b>	
120-82-1	1,2,4-Trichlorobenzeen
95-50-1	1,2-Dichlorobenzeen
541-73-1	1,3-Dichlorobenzeen
106-46-7	1,4-Dichlorobenzeen
100-44-7	Benzylchloride
108-90-7	Chlorobenzeen
<b>Alkanen, alkenen</b>	
106-99-0	1,3-Butadien
110-82-7	Cyclohexaan
142-82-5	Heptaan
110-54-3	Hexaan
540-84-1	Isooctaan
115-07-1	Propen
<b>Chloor, broom,fluorkoolwaterstoffen</b>	
<i>Chloorkoolwatersoffen</i>	
71-55-6	1,1,1-Trichloroethaan
79-34-5	1,1,2,2-Tetrachloroethaan
87-68-3	1,1,2,3,4,4-Hexachloro-1,3-butadiene
79-00-5	1,1,2-Trichloroethaan
75-34-3	1,1-Dichloroethaan
75-35-4	1,1-Dichloroethen
107-06-2	1,2-Dichloroethaan
78-87-5	1,2-Dichloropropaan
75-00-3	Chloroethaan
75-01-4	Chloroethen_(Vinylchloride)
74-87-3	Chloromethaan_(Methylchloride)
156-59-2	<i>cis</i> -1,2-Dichloroethen
10061-01-5	<i>cis</i> -1,3-Dichloropropen
75-09-2	Dichloromethaan_(Methyleenchloride)
127-18-4	Tetrachloroethen_(Tetra)
56-23-5	Tetrachloromethaan
156-60-5	<i>trans</i> -1,2-Dichlooretheen
10061-02-6	<i>trans</i> -1,3-Dichloropropen
79-01-6	Trichloroethen_(Tri)
67-66-3	Trichloromethaan_(Chloroform)
<i>Broomkoolwaterstof</i>	

106-93-4	1,2-Dibromoethaan
593-60-2	Broometheen
74-83-9	Methylbromide
75-25-2	Tribroommethaan
<i>Chloor_broomkoolwaterstof</i>	
75-27-4	<i>Broomdichloormethaan</i>
124-48-1	<i>Dibroomchloormethaan</i>
<i>Chloor_fluorkoolwaterstoffen</i>	
76-13-1	1,1,2-Trichlorotrifluorethaan_(CFK113)
75-71-8	Dichlorodifluormethaan_(CFK12)
76-14-2	Dichlorotetrafluorethaan_(CFK114)
75-69-4	Trichlorofluormethaan_(CFK11)
<b>Ketonen</b>	
<i>67-64-1</i>	Aceton
591-78-6	Methyl_Butyl_Keton_(MBK)
78-93-3	Methyl_Ethyl_Keton_(MEK)
108-10-1	Methyl_Isobutyl_Keton_(MIK)
1634-04-4	Methyl-Tert-Butyl Ether (MTBE)
<b>Acetaten</b>	
141-78-6	Ethylacetaat
108-05-4	Vinylacetaat
<b>Diverse</b>	
123-91-1	1,4-Dioxaan
107-02-8	Acroleine
64-17-5	Ethanol
67-63-0	<i>Isopropylalkohol_(IPA)</i>
75-15-0	<i>Koolstofdisulfide_(CS2)</i>
80-62-6	Methylmethacrylaat
91-20-3	Naftaleen
109-99-9	Tetrahydrofuraan_(THF)