

CODE VAN GOEDE PRAKTIJK VOOR HET GEBRUIK VAN  
ALTERNATIEVE BODEMONDERZOEKSTECHNIKEN

# Mobiele Gas Chromatograaf (Mobiele GC)



## Beschrijving van de techniek

De mobiele GC is een instrument waarmee vluchtige organische verbindingen in de (bodem)lucht on-site kunnen worden gemeten. De mobiele GC is een actieve bemonsteringstechniek met als voordeel dat nauwkeurig en componentspecifiek kan worden gemeten welke vluchtige verbindingen voorkomen in de (bodem)lucht. Het is daarbij wel een vereiste om op voorhand inzicht te hebben in de parameters die aanwezig zijn om een geschikte kalibratie uit te kunnen voeren. Met snelle on-site meetresultaten, kan de onderzoekstrategie on-site worden bijgesteld op basis van tussentijdse bevindingen. Hiermee is een efficiënte onderzoeksaanpak mogelijk. Er dient een onderscheid te worden gemaakt tussen mobiele laboratorium GC's, die in een meetwagen of werfkeet kunnen geplaatst worden en mobiele veld GC's, zijnde mobiele veldkits (zie verder).

## ALGEMENE INFORMATIE

### A. Bodemcomponenten

De techniek kan toegepast worden voor het onderzoek naar de aanwezigheid van verontreinigingen in volgende bodemcomponenten:

Bodemfase		Opmerkingen
Bodemmatrix		Headspace meting – Indirecte meting
Grondwater		Headspace meting – Indirecte meting
Bodemlucht	X	Bodemlucht, binnenlucht en omgevingslucht

### B. Geanalyseerde verontreinigingsparameters

Met de techniek kunnen volgende verontreinigingsparameters onderzocht worden :

Verontreinigingsparameter	Bodemmatrix	Grondwater	Bodemlucht	Opmerkingen
Aromaten(BTEX)	-	-	X	
Gechloreerde solventen (VOCL, Cl-ethen, Cl-ethaan, gechloreerde aromaten)	-	-	X	
PAK	-	-	X	Niet standaard gekalibreerd
Vluchtige KWS (C5-C10)	-	-	X	Niet standaard gekalibreerd
Minerale Olie (C10-C40)	-	-	-	
Zware Metalen (+Kobalt)	-	-	-	
Cyaniden	-	-	-	
LNAPL	-	-		

Verontreinigingsparameter	Bodemmatrix	Grondwater	Bodemlucht	Opmerkingen
DNAPL	-	-	X	Opgepast bij headspacemetingen van puur product – vervuult meetkolom
Andere	-	-	X	PCB, (Semi-)Vluchtige organische koolwaterstoffen, Alcoholen en Polaire solventen – niet standaard gekalibreerd

### C. Terreinkenmerken toepassingsgebied

De alternatieve bodemonderzoekstechniek is toepasbaar bij volgende omgevingskenmerken:

Bodemtype	Opmerkingen		
Puin	X		Vermijden van voorkeursstromingen waardoor lucht wordt onttrokken
Zand	X		
Leem	X		
Grind	X		
Veen	X		
Klei	-		kleiige bodems zijn weinig geschikt door beperkte aanvoer bodemlucht
Zandsteen	X		
Andere (leisteel, metamorf gesteente, krijt)	-		
<b>Hydrogeologische karakteristieken</b>			
Heterogeen en doorlatend	X		
Heterogeen en matig doorlatend	X		
Heterogeen en ondoorlatend	-		
<b>Diepte</b>			
Oppervlakkig	X		Gevoeligheid onafhankelijk van de diepte bodemluchtfilter
1-5 m-mv	X		
5-10 m-mv	X		
10-15 m-mv	X		
>15 m-mv	X		
<b>Bodembedekking</b>			
Geen bodembedekking	X		
Klinkers	-		Na installatie bodemluchtfilter
Kasseistenen	-		
Tegels	-		
Asfalt	-		
Beton	-		
Andere...	-		
<b>Minimale werkdimensie</b>			
Dimensies l x b x h		1 x 1 x 1 (m)	
<b>Techniek toepasbaar voor verontreinigde zone met:</b>			
Kleine oppervlakte (1-5 m <sup>2</sup> )	X		
Medium oppervlakte (5 – 200 m <sup>2</sup> )	X		
Grote oppervlakte (>200 m <sup>2</sup> )	X		Mobiele Labo GC's zijn interessant om omgevingslucht op te volgen tijdens sanering (continu doormeten)

### D. Fysicochemische parameters

Met de techniek kunnen volgende fysicochemische parameters worden geanalyseerd :

Fysicochemische parameters	Bodemmatrix	Grondwaters	Bodemlucht	Opmerkingen
pH	-	-	-	
EC	-	-	-	
Temperatuur	-	-	-	
Hydraulische conductiviteit	-	-	-	

## E. Werkingsprincipe

De mobiele GC wordt aangesloten op een luchtpomp waarmee omgevingslucht of bodemlucht (headspacemeting) wordt aangezogen.

Een gaschromatograaf bestaat uit een spiraalvormige kolom gevuld met inwendige coating (de stationaire fase). De kolom bevindt zich in een oven, die op vrijwel elke gewenste temperatuur gebracht kan worden. Over de kolom stroomt een draaggas (de mobiele fase). Het monsterwolkje dient als een dunne band mee te worden gevoerd in de mobiele fase. Daarom is het van belang dat het monster zo snel mogelijk verdampt. De temperatuur van de injector moet hiervoor in regel iets hoger zijn dan het kookpunt van de hoogst kokende component in het mengsel.

*Afhankelijk van het type GC, zijn er meerdere kolommen aanwezig. De kolomkeuze wordt bepaald door de lengte van de kolom; hoe korter de kolom, hoe sneller de analyse. De kortste lengte wordt voornamelijk gebruikt voor simpele gasmengsels. Hoe complexer de gassen, hoe langer de kolomlengte moet zijn om de afzonderlijke componenten te kunnen onderscheiden. Hoe dikker de coating, hoe meer weerstand het gas ondervindt en hoe trager het gas door de kolom stroomt. Actieve componenten worden effectiever gebonden aan dikkere coating waardoor minder storing optreedt dan bij dünnere coating.*

Het grootste verschil tussen een mobiele veld en labo GC is de complexiteit van de labo GC (meer kolommen), wat toelaat de componenten van het gasmengsel beter van elkaar te scheiden. Een mobiele labo GC wordt geplaatst op een locatie waar de omgevingstemperatuur zo veel mogelijk constant blijft, wat de nauwkeurigheid van de meting bevordert.

Een detector achter de kolom registreert vervolgens de afzonderlijke stoffen. Er bestaan verschillende soorten detectoren zoals FID, Thermal Conductivity Detector en Massa Spectrometer (MS). De scheiding op de kolom berust op twee principes: verschil in vluchtigheid (de laagst kokende (meest vluchtige component) wordt beter meegevoerd met het draaggas) en een verschil in adsorptie (niet alle componenten hechten zich op dezelfde wijze aan de stationaire fase).

De retentietijd is de tijd tussen injectie ( $t_0$ ) en detectie. De retentietijd is karakteristiek voor een component, waardoor een onderscheid kan gemaakt worden tussen de verschillende componenten in het mengsel. Het oppervlak onder de pieken in een chromatogram is een maat voor de hoeveelheid component.

De concentraties kunnen op het display in p.p.m. worden afgelezen. Deze kunnen indien gewenst omgerekend worden naar  $\text{mg}/\text{m}^3$ . De chromatogrammen kunnen na downloaden van de meetgegevens uitgedraaid worden en geven inzicht in de nauwkeurigheid van de metingen.

## F. Aanvullende informatie

Aanvullende informatie is opgenomen in onderstaande tabel:

Aanvullende informatie	Opmerkingen
<b>Aard van de techniek</b>	chemisch / sensor
<b>Meetfrequentie / meetsnelheid</b>	10 à 20 (bodem)luchtmetingen /dag Standaardanalyse in 5-30 minuten (snelle systemen: 30 sec/meting) Stabilisatietijd toestel voor gebruik is belangrijk bij de keuze van het toestel. Kalibratie is ook essentieel voor gebruik.
<b>Tijd nodig om de meetresultaten te bekomen</b>	On-site, nabewerking off-site. De meeste mobiele labo GC's kunnen ook continu doormeten, hoewel de nieuwste generatie mobiele veld GC's ook al deze optie bevatten.
<b>Presentatie / visualisatie resultaten</b>	Concentraties af te lezen op GC, visueel voorgesteld in chromatogram
<b>Ervaringsniveau veldwerker</b>	Medium tot expert
<b>Aard van het meetresultaat</b>	Semi-Kwantitatief voor grond- en grondwater: de alternatieve onderzoekstechniek resulteert in concentraties die verder moeten gekalibreerd, omgerekend of gecorreleerd worden met conventionele bodemonderzoekstechnieken en – analyses

Aanvullende informatie	Opmerkingen
	Kwantitatief voor bodemlucht : de alternatieve onderzoekstechniek resulteert in rechtstreeks gemeten concentraties die de actuele verontreinigingstoestand kwantificeren, vergelijkbaar met conventionele bodemonderzoekstechnieken en – analyses.
<b>Nauwkeurigheid / Detectielimiet / Meeteenheid</b>	0, 005-0,05 ppm omgerekend naar mg/m <sup>3</sup>
<b>Kostprijs gebruik</b>	mobiele veld/labo GC (excl. kalibratie) aan € 800/week
<b>Kostprijs aankoop</b>	mobiele veld GC: +/-60k€ (excl. BTW) mobiele labo GC: +/- 50k € (excl. BTW)

## TECHNISCHE VOORSCHRIFTEN

### A. Richtlijnen vóór/bij aanvang gebruik op terrein

#### 1. Respons test

Voer een controlemeting uit in schone buitenlucht om na te gaan of er geen verontreiniging op de kolom aanwezig is. Om het gebruik van de GC te optimaliseren en de verontreiniging van de kolommen te verhinderen, is het aangeraden voor het gebruik van de GC een meting te doen met een PID. Dit laat toe de instellingen van de mobiele GC bij te stellen voor een beter analyseresultaat.

#### 2. Kalibratie

Voorafgaand aan de meting dient de mobiele GC te worden gekalibreerd met de te verwachten componenten. Voer altijd een ijking voorafgaand aan de metingen uit en check of alle pieken in het ijkgasmengsel goed worden gedetecteerd. De meeste standaard mengsels betreffen BTEX en VOCl. De mengsels zijn beperkt houdbaar. Kalibratie methoden zijn toegevoegd in de handleiding van verschillende merken. Overige kalibratiemengsels zijn beschikbaar, maar dienen in het algemeen aanvullend aangeschaft te worden.

Er wordt gekalibreerd bij een vaste temperatuur. Voor de nauwkeurigheid van de resultaten is het belangrijk deze temperatuur ook in het veld aan te houden (nadeel mobiele veld GC), voor de interpretatie van de verontreinigingspieken achteraf.

Op basis van de specifieke verontreinigingssituatie en omstandigheden (pre-screening met PID) en de onderzoeksopzet dient het toestel te worden ingesteld met de juiste specificaties (kolom, druk, temperatuur, draaggas, analysetijd, injectietijd etc.).

#### 3. Intensiteit van gebruik van de alternatieve techniek

- i. In Brussel en België - De techniek werd nog niet toegepast in het BHG in officiële rapportages. In België wordt de techniek niet vaak gebruikt, hoewel hij in de CvGP van Leefmilieu Brussel en de OVAM voor bodemluchtbemonstering staat vermeld.
- ii. Andere regio's, landen
  - In Nederland zijn er reeds verschillende praktijkervaringen met de techniek. Door snelle on-site resultaten kan de onderzoeksstrategie on-site worden bijgesteld op basis van tussentijdse bevindingen. In Nederland worden resultaten bekomen op basis van een mobiele laboratorium GC's als volwaardige meting beschouwd.
  - In Frankrijk wordt de techniek aangeraden ter voorbereiding van de onderzoeksstrategie, zeer goed om de aanwezige vluchtige parameters te identificeren en kwantificeren.

## B. Beschrijving werkwijze terrein

### Bodemluchtstaalname in bodemluchtfilter

1. Stabilisatie van de mobiele GC, afhankelijk van model. Mobiele veld GC's hebben een beperkte stabilisatietijd.
2. Plaatsing polyethyleenslang (PE) in de onverzadigde zone op gewenste diepte. Voorwaarden plaatsing correcte bodemluchtfilter (Code van Goede Praktijk N°3 Leefmilieu Brussel paragraaf 3.4.2)
3. Voorpompen. Alvorens de eigenlijke staalname uit te voeren dient het volume aanwezig in de PEslang aan een laag debiet doorgepompt te worden. Hierbij wordt eenzelfde debiet aangehouden als bij de eigenlijke staalname.
4. Meting met mobiele veld GC ter plaatse. Bodemluchtmonsters kunnen tijdelijk bewaard worden in glazen of roestvrijstalen monsterflesjes vooraleer ze geïnjecteerd worden in bijvoorbeeld een on-site gaschromatograaf.
  - a. De monsterflesjes worden vooraf vacuüm gezogen om, op de locatie, eenvoudig met een gekende hoeveelheid te kunnen worden gevuld. Bepaalde componenten kunnen echter in relatief grote hoeveelheden adsorberen aan de wanden van de monsterflesjes waardoor verliezen kunnen optreden en een onderschatting van de concentratie niet uit te sluiten is.
  - b. Het is aangeraden om bodemluchtstalen te verzamelen die kunnen worden opgestuurd voor analyse naar een labo, om on-site monitoringsresultaten te bevestigen.
5. De concentraties kunnen op het display in p.p.m. worden afgelezen. Deze kunnen indien gewenst omgerekend worden naar mg/m<sup>3</sup>. De chromatogrammen kunnen na downloaden van de meetgegevens uitgedraaid worden en geven inzicht in de nauwkeurigheid<sup>1</sup> van de metingen.

➔ De mobiele GC kan ook gebruikt worden om binnenlucht en omgevingslucht te analyseren. Tijdens de metingen dienen ook nauwkeurig de omgevingscondities (luchtdruk, regenval, temperatuur, windrichting en –snelheid en diepte grondwatertafel) te worden geregistreerd. De meest recente toestellen kunnen worden ingesteld zodanig dat automatisch, op regelmatige tijdstippen, een staalname kan worden gedaan.

### Headspacemeting grondwater in bestaande peilbuis – Bodemluchtmeting in bestaande peilbuis

De headspace techniek bestaat eruit dat lucht boven het grondwater of drijfslag in een peilbuis wordt bemonsterd. De stalen worden genomen tussen 0,3 en 0,6 meter boven de grondwatertafel met een PE slang, verbonden met de mobiele veld GC. Er kunnen ook monsterflesjes worden gevuld (zie staalname bodemlucht), die kunnen geanalyseerd worden met de mobiele labo GC.

Bodemluchtmetingen uitgevoerd in bestaande peilbuizen geven een snelle “worst case” inschatting van de uitdamping vanuit de verzadigde zone. Er dient echter wel rekening mee gehouden dat bij toepassing van de headspace techniek de uitdamping niet gerelateerd is aan de bodemopbouw en dat de invloed van de verontreiniging in de onverzadigde zone op de totale uitdamping niet wordt mee gemeten. Om een representatieve meting van het moment uit te voeren is het aanbevolen om de peilbuis voorafgaand aan de staalname af te pompen zodat er “vers” grondwater in de buis aanwezig is.

De concentraties kunnen op het display in p.p.m. worden afgelezen. De chromatogrammen kunnen na downloaden van de meetgegevens uitgedraaid worden en geven inzicht in de nauwkeurigheid van de metingen.

### Headspacemeting boven grondstalen

Met behulp van klassieke boortechnieken worden grondstalen genomen. Deze worden vervolgens zo vlug mogelijk in een afgesloten glazen potje gebracht. Het gehalte aan vluchtige componenten in de lucht in het potje boven het grondmonster kan gemeten worden via een slang die door het deksel van het glazen potje loopt en verbonden wordt met de mobiele veld of labo GC. Het gaat uiteraard niet om een correct bodemluchtstaal, maar met deze methode kan

---

<sup>1</sup> Atypische pieken in het chromatogram geven een indicatie van de nauwkeurigheid van de meting.

wel op relatief snelle wijze een indicatie verkregen worden van de gehalten aan vluchtige componenten in de bodemlucht.

Het deksel wordt tevens voorzien van een extra gaatje om buitenlucht aan te zuigen, zodanig dat er geen onderdruk gecreëerd wordt waardoor de pomp van de detectieapparatuur geen voldoende debiet zou halen. Theoretisch beschouwd, valt deze techniek dan onder de dynamische headspace technieken. De grondstalen kunnen tevens in plastic zakken of in specifiek hiervoor geconstrueerde glazen headspace recipiënten worden verzameld.

De concentraties kunnen op het display in p.p.m. worden afgelezen. De chromatogrammen kunnen na downloaden van de meetgegevens uitgedraaid worden en geven inzicht in de nauwkeurigheid van de metingen.

Op een vergelijkbare manier kan dit ook gebruikt worden voor headspacemetingen bij phytoscreening.

### **C. Richtlijnen na verwerving resultaten**

Validatie van de resultaten:

Er dient voor de validatie een onderscheid te worden gemaakt tussen mobiele laboratorium GC's, die in de meetwagen of werfkeet kunnen geplaatst worden en mobiele veld GC's, zijnde mobiele veldkits. In Nederland worden resultaten bekomen op basis van een mobiele laboratorium GC als volwaardige meting beschouwd. Afhankelijk van toestelspecificaties van de mobiele veld GC, verschilt de nauwkeurigheid en representativiteit van de metingen.

- Resultaten (bodem)lucht
  - a. De expert dient te onderbouwen dat de alternatieve techniek voldoende representatief is. De pieken van de chromatogrammen kunnen bevestigd worden door Massa Spectrometrie analyse in een labo-omgeving. De correlatie tussen de veld- en labogegevens evalueert de betrouwbaarheid van de veldgegevens.
  - b. De meetfout moet geëvalueerd worden door labo-analyse van duplostalen, om on-site monitoringsresultaten te bevestigen. Het percentage controlemetingen op het totaal aantal metingen is afhankelijk van de onderzoeksopzet.
- Resultaten grondwater / bodem

De resultaten zijn indicatief. Ze kunnen desgewenst gecorreleerd worden aan analyseresultaten van de grondwater- en bodemstalen. Deze correlatie kan, wanneer voldoende onderbouwd, gebruikt worden om in het veld de onderzoekstrategie of ontgravingsstrategie te optimaliseren.

VEILIGHEIDSVOORSCHRIFTEN SPECIFIEK VOOR DE TECHNIEK
---

Veiligheidsrichtlijnen voor de verschillende merken zijn opgenomen in de handleiding van het toestel.

Niet alle toestel kunnen gebruikt worden in ATEX zones.

Om de veiligheid van de veldwerkers te kunnen garanderen zijn standaard persoonlijke beschermingsmiddelen bij het gebruik van de alternatieve bodemonderzoekstechniek noodzakelijk.

**A. Leveranciers van de alternatieve bodemonderzoekstechniek (apparaat)**

- Mobiele Veld GC (te huur bij Cleanair (USA° of KDanalytical (UK)):
  - Photovac Voyager Mobiele GC
  - HAPSITE® ER
  - Torion® T-9 portable GC/MS
  - Qmicro GC (ATEX-vrij systeem + snelle meting)
  
- Mobiele Labo GC:
  - META Process-Gaschromatographs (te huur bij META GmbH)
  - Agilent Mobile Micro GC System

**B. Bibliografie - Literatuur**

- On site Characterization of media contaminated with volatile compounds: total content and first estimation of the mobility, Valérie Laperche (BRGM)
- Handreiking 'Identificatie spoedlocaties – Versnellingsprotocol Sim Onderzoek', Ministerie VROM, 2009 (Grontmij)
- Uitdamping en bodemverontreiniging – Deel 1: Bodemlucht- en binnenluchtmetingen: veldwerk en analyses, OVAM, 2004
- CMA Bodemlucht – Emis VITO (2012)
- Codes van Goede Praktijk N°3 (Leefmilieu Brussel) - Codes van goede praktijk voor het nemen van bodem-, grondwater-, sediment en bodemluchtstalen, alsook de bewaring (conservering en recipiënten) van de genomen stalen
- ISO 10381-7 – Soil Quality Sampling – Guidance on sampling of soil gas.
- Mode Opératoire - Apports et limitations de l'analyse des gaz du sol - Projet ATTENA (Ph 2), 2013, Ademe
- Guide pratique pour la caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en lien avec une pollution des sols et/ou des eaux souterraines, 2016, BRGM - INERIS
- Bodemrichtlijn.nl – Onderzoekstechnieken - Mobiele GC