

Bepaling van het gehalte gasvormig formaldehyde in een gaskanaal

INHOUD

1	Toepassingsgebied	4
2	Principe	4
3	Bemonsteringsprocedure	4
3.1	Vorbereiding	5
3.2	Controles	5
3.3	Bemonstering	5
3.4	Andere te registreren parameters	6
4	Uitrusting	6
4.1	Bemonsteringsapparatuur voor isokinetische bemonstering met zijstroom	6
4.1.1	Sonde	7
4.1.2	Filter en filterhouder	8
4.1.3	Te gebruiken materialen	8
4.1.4	Eenheid met pomp en gasmeter	8
4.1.5	Impingers/wasflessen	9
4.1.6	Barometer	10
4.2	Bemonsteringsapparatuur voor niet-isokinetische bemonstering	10
4.2.1	Sonde	10
4.2.2	Deeltjesfilter	10
4.2.3	Verbindingsstuk tussen de verwarmde deeltjesafscheider en de impingers/wasflessen	11
4.2.4	Materialen	11
5	Analyseprocedure	11
5.1	Reagentia en verdunningen	11
5.1.1	Pararosaniline-oplossing	11
5.1.2	Formaldehyde 37% in water, gestabiliseerd met 10-15% methanol	11
5.1.3	Bereiding reagentia voor de titratie van de formaldehyde 37% oplossing	12
5.1.4	Formaldehyde-stockoplossing	13
5.1.5	Werkoplossing voor aanmaak van de kalibratielijijn	13
5.1.6	Formaldehyde-verdunningen voor bereiding van de kalibratielijijn	13
5.2	Bereiding kalibratielijijn voor spectrofotometrie	14
5.3	Onafhankelijke controlestandaard	14
5.4	Bereiding van de stalen	14
6	Berekeningen	15
6.1	Aangezogen gasvolume onder normaalomstandigheden	15
6.2	Hoeveelheid formaldehyde in de absorptievloeistof	15
6.3	Formaldehyde-concentratie in de gasstroom	15
7	Aandachtspunten	16

8	Interferenties	17
9	Validatie	21
9.1	<i>Juistheid en precisie</i>	21
9.2	<i>Aantoonbaarheids- en bepalingsgrens</i>	23
10	Meetonzekerheid	24
11	Referenties	25

1 TOEPASSINGSGEBIED

Deze procedure beschrijft de methode voor bemonstering en analyse van gasvormig formaldehyde (CH_2O) in emissies en is afgeleid van de EPA-methode 316 voor formaldehyde-emissies van stationaire bronnen in de minerale wolindustrieën en wol-glasvezelindustrieën.

De methode werd voor gasvormig formaldehyde door het referentielaboratorium gevalideerd van 2 tot 60 $\text{mg}/\text{Nm}^3\text{dr}$.

2 PRINCIPE

Met behulp van een verwarmde sonde wordt vanuit het gaskanaal een representatief staal genomen. In tegenstelling tot de EPA methode 316 waarbij gas en eventueel aanwezige deeltjes samen in de impingers/**wasflessen** worden bemonsterd, worden deeltjes en stof uit de bemonsterde gasstroom verwijderd door filtratie bij een gecontroleerde temperatuur (120°C). De aanwezigheid van deeltjes in de absorptievloeistof kan namelijk interfereren op de analysemethode. Daarna passeert het gas doorheen **minstens** twee impingers/**wasflessen** met ultrapuur water. Het stof dat op de filter achterblijft wordt niet geanalyseerd. Formaldehyde is bij omgevingstemperatuur een gas dat sterk oplosbaar is in water. Door de keuze van de filtertemperatuur op 120°C wordt alle formaldehyde naar de gasfase verplaatst.

Sommige vaste deeltjesvormige stoffen kunnen door verwarming bij hogere temperatuur dan 120°C of door chemische reactie formaldehyde vrijstellen. Volgens deze methode worden deze stoffen niet als een emissie van formaldehyde meegerekend.

Indien de gasstroom verzadigd is aan waterdamp of indien er waterdruppels in de gasstroom voorkomen zoals bijvoorbeeld het geval kan zijn na een natte gaswasser, dan moet isokinetisch bemonsterd worden. In het andere geval mag niet-isokinetisch bemonsterd worden.

Bij afwezigheid van stof kan zonder filter worden gewerkt. Bij niet gesplitste gasstromen kan in dat geval een niet verwarmde sonde worden gebruikt die na de bemonstering wordt uitgespoeld.

Bij aanwezigheid van SO_2 in de gasstroom kan de formaldehyde-concentratie omwille van SO_2 -interferentie bij de methode onderschat zijn. Per meetlocatie dient de SO_2 -concentratie minstens éénmalig en bij iedere proceswijziging gemeten te worden. Deze gemeten SO_2 -concentratie dient per locatie in ieder meetrapport opgenomen te worden. Bij een gemeten SO_2 -concentratie boven de bepalingsgrens van de meetmethode moet bijkomend in het meetrapport vermeld worden dat de formaldehydeconcentratie omwille van SO_2 -interferentie bij de methode onderschat kan zijn. Bij een gemeten SO_2 -concentratie lager dan de bepalingsgrens, moet de bepalingsgrens eveneens vermeld worden.

3 BEMONSTERINGSPROCEDURE

De bemonstering moet standaard op een minimum aantal punten van de meetdoorsnede worden uitgevoerd, afhankelijk van de vorm en de afmetingen van het gaskanaal. De keuze van het aantal punten en meetduur gebeurt volgens de EN 15259. Voor gasvormige componenten is een 1-

puntsmeting in niet verzadigde gasstromen toegestaan indien voldaan is aan één de voorwaarden voor homogeniteit die gespecificeerd zijn in de procedure “Essentiële kwaliteitsvereisten voor emissiemetingen” (LUC/0/005). Bij aanwezigheid van druppels in de gasstroom, bijvoorbeeld na een natte scrubber, moet altijd een isokinetische bemonstering worden toegepast en moet er een rastermeting worden uitgevoerd. In het andere geval mag de bemonstering niet-isokinetisch met een rechte verwarmde sonde zonder nozzle worden uitgevoerd waarbij een constant aanzuigdebiet wordt ingesteld.

3.1 VOORBEREIDING

- Reinig de sonde en de filterhouder vóór elke reeks metingen en installeer een nieuwe filter;
- Gebruik een zuivere en droge aanzuigleiding en **impingers/wasflessen** (of spoel de impingers/**wasflessen** vóór elke bemonstering zorgvuldig met absorptievloeistof (ultrapuur water)). Vul de impingers/**wasflessen** daarna met het vereiste volume absorptievloeistof; tenminste **minstens** 2 impingers/**wasflessen** worden na mekaar in een ijsbad geplaatst.

3.2 CONTROLES

- Controleer de gassnelheden in de monsternamepunten en bereken de bemonsteringsparameters die in elk punt moeten ingesteld worden (debiet, bemonsteringsduur, ...) indien nodig;
- Controleer de bemonsteringstrein vóór elke bemonstering op lektheid (voorwaarden zie ook procedure ‘Essentiële kwaliteitsvereisten voor emissiemetingen’ (LUC/0/005);
- Voor elke meetreeks en tenminste 1 keer per dag moet een blanco van de uitrusting genomen worden (zie 7);
- Installeer de sonde in het gaskanaal en conditioneer het bemonsteringssysteem gedurende minstens 10 minuten, zodat de gehele bemonsteringstrein op de werkingscondities komt te staan en controleer de goede werking van de sonde.

3.3 BEMONSTERING

Als de bemonsteringsopstelling van Figuur 1 gebruikt wordt, geldt volgende procedure:

- Verwarm de sonde en het filterhuis voor;
- Registreer de gasmeterstanden;
- Start de pompen en stel de vereiste aanzuigdebieten in; **zie 4.1.5 voor** het aanzuigdebiet van de bemonsteringstrein **bedraagt ± 5 l/min**.

De nodige aandacht moet besteed worden om te vermijden dat de inhoud van de impingers/**wasflessen** terug gezogen wordt ten gevolge van een onderdruk in het gaskanaal of ten gevolge van drukvariaties in de monsternemingslijn bij het opstarten van de pompen (zie 7).

- Controleer de aanzuigdebieten regelmatig en regel deze indien nodig bij. Registreer de druk, temperatuur, debieten en gasmeterstanden. Als de bemonstering op verschillende punten uitgevoerd moet worden, verplaats de monsternamesonde dan van punt tot punt zonder de pompen te stoppen en stel de bemonsteringsparameters in afhankelijk van een isokinetische bemonstering (debieten regelen) of een niet-isokinetische bemonstering (debieten of

bemonsteringsduur); bij verandering van de meetopening moet de pomp worden uitgeschakeld;

- Aan het eind van de bemonstering wordt de hoofdpomp eerst gestopt, daarna de secundaire pomp. Registreer de gasmeterstanden opnieuw. Haal de sonde uit het gaskanaal;
- Koppel de impingers/**wasflessen** met aanzuigleiding los van de sonde;
- Koppel de impingers/**wasflessen** met aanzuigleiding los van de sonde; indien de leiding naar de **impingers**/**wasflessen** onverwarmd is of onverwarmde delen bevat, dan moet deze met absorptievloeistof gespoeld worden en deze spoelvloeistof moet dan mee geanalyseerd worden;
- Sluit de impingers/**wasflessen** af en giet de inhoud ervan later onder zuivere omstandigheden over in recipiënten voor analyse in het laboratorium. Spoel de impingers/**wasflessen** na het overbrengen van de absorptievloeistof nog goed na met ultrapuur water en voeg dit spoelsel eveneens bij de absorptievloeistof. Bepaal de totale hoeveelheid absorptievloeistof (volumetrisch of gravimetrisch minstens tot op 1 g of 1 ml nauwkeurig);

De niet-isokinetische methode zonder aanzuigsonde werd onder laboratoriumomstandigheden getest bij een aanzuigdebiet rond 5 l/min en een bemonsteringsduur van 30 minuten (zie 9). Er werd dus telkens ongeveer 150 liter bemonsterd. Wanneer zeer lage formaldehyde-concentraties in de gasstroom verwacht worden, wordt aangeraden om de bemonsteringsduur tot 1 uur te verlengen. **Naar aanleiding van de publicatie van de technische specificatie CEN/TS 17638 werden door het referentielaboratorium herhaalde validaties met eenzelfde type impinger maar bij het lager aanzuigdebiet van 2 l/min zoals opgenomen in de technische specificatie uitgevoerd.**

3.4 ANDERE TE REGISTREREN PARAMETERS

Afhankelijk van het doel van het testprogramma, kan het noodzakelijk zijn om andere parameters te meten gedurende de bemonsteringsperiode:

- Snelheden en temperatuur van de geëmitteerde gassen, samen met een continue meting van deze parameters op een referentiepunt indien het debiet niet constant is.
- Watergehalte omdat dit vaak nodig is om de formaldehyde-concentratie onder standaardomstandigheden uit te drukken.
- de CO₂- of O₂-concentratie.

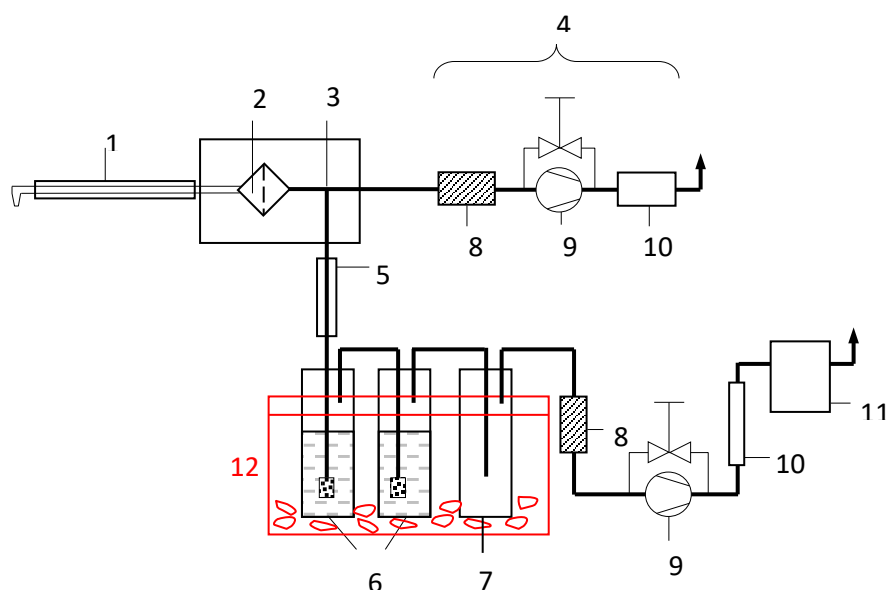
4 UITRUSTING

4.1 BEMONSTERINGSAPPARATUUR VOOR ISOKINETISCHE BEMONSTERING MET ZIJSTROOM

Figuur 1 geeft een voorbeeld van de bemonsteringsapparatuur voor de isokinetische bemonstering van formaldehyde met zijstroom. De isokinetische bemonstering ~~volgens EN 13284-1~~ vereist dikwijls aanzuigdebieten die hoger zijn dan toegelaten voor de impingers/**wasflessen** die bij de formaldehyde-bemonstering gebruikt worden. Daarom wordt bij deze opstelling na de filter slechts een deel van de gassen doorheen de **impingers**/**wasflessen** gezogen. Een bemonsteringssysteem zonder zijstroom kan eveneens toegepast worden voor de isokinetische bemonstering indien voldaan is aan de vereisten voor de absorptie-efficiëntie; zie 4.1.5.

De verwarmde sonde en nozzle moeten voldoen aan de vereisten van de EN 13284-1, maar aangezien deze delen dikwijls uit borosilicaatglas vervaardigd zijn en dit moeilijk te bewerken valt

binnen de kleine toleranties die volgens deze norm opgelegd worden, zijn de vereisten betreffende de rand van de nozzle minder streng.



- | | |
|--|----------------------------------|
| 1 verwarmde sonde | 7 veiligheidswasfles (optioneel) |
| 2 verwarmde deeltjesfilter | 8 droger |
| 3 verwarmd T-stuk | 9 pomp |
| 4 hoofdstroom | 10 debietmeter |
| 5 verwarmde leiding | 11 gasmeter |
| 6 Minstens 2 impingers/wasflessen gevuld met 75 à 100 ml ultrapuur water | 12 ijsbad |

Figuur 1: Isokinetische bemonsteringsuitrusting

4.1.1 SONDE

De sonde moet temperatuurgecontroleerd zijn en ingesteld worden op $120 \pm 14^\circ\text{C}$ zodat geen condensatie kan optreden. Koude punten tussen filterhuis en impingers/wasflessen moeten vermeden worden.

De inwendige nozzle diameter bij de isokinetische bemonstering dient bij voorkeur minimum 8 mm te bedragen.

Bij de bemonstering van stofvrije gassen mag bij niet gesplitste gasstromen een niet-verwarmde sonde zonder filter worden gebruikt, die na de bemonstering wordt gespoeld.

4.1.2 FILTER EN FILTERHOUDER

In gasstromen die stofdeeltjes bevatten dient een verwarmde filter en verwarmde sonde te worden toegepast. De EPA-methode 316 zonder filter kan worden toegepast voor gasstromen die geen stof bevatten.

De deeltjesafscheider moet een filtermateriaal bevatten met een efficiëntie >99,5% bij een testaërosol met een mediane diameter van 0,3 µm (of 99,9% bij een testaërosol met een mediane diameter van 0,6 µm) bij het maximaal toelaatbaar debiet over de filter om te voorkomen dat meetfouten ontstaan doordat kleine deeltjes in de impingers/**wasflessen** terechtkomen en mee geanalyseerd worden. Filters met de meest geschikte eigenschappen voor dit doel zijn vlakfilters: borosilicaat glasvezelfilters of kwartsvezelfilters zijn geschikt.

De filterhouder moet eveneens verwarmd worden op 120 °C.

4.1.3 TE GEBRUIKEN MATERIALEN

Alle delen van de uitrusting vóór de impingers/wasflessen die in contact komen met de gassen, met inbegrip van de nozzle, dichtingen en flexibele verbindingstukken moeten tegen corrosie en hoge temperaturen bestand zijn. Het materiaal van de uitrusting mag geen formaldehyde of andere in het gas te bepalen componenten adsorberen of ermee reageren.

Toegelaten materialen voor de nozzle **zijn borosilicaatglas of kwarts of roestvrij staal** en voor de liner in de sonde kan borosilicaatglas, kwartsglas of titanium gebruikt worden. PTFE (**polytetrafluoreen**), **PFA, Viton®** mag ook gebruikt worden bijvoorbeeld voor dichtingen of flexibele verbindingstukken.

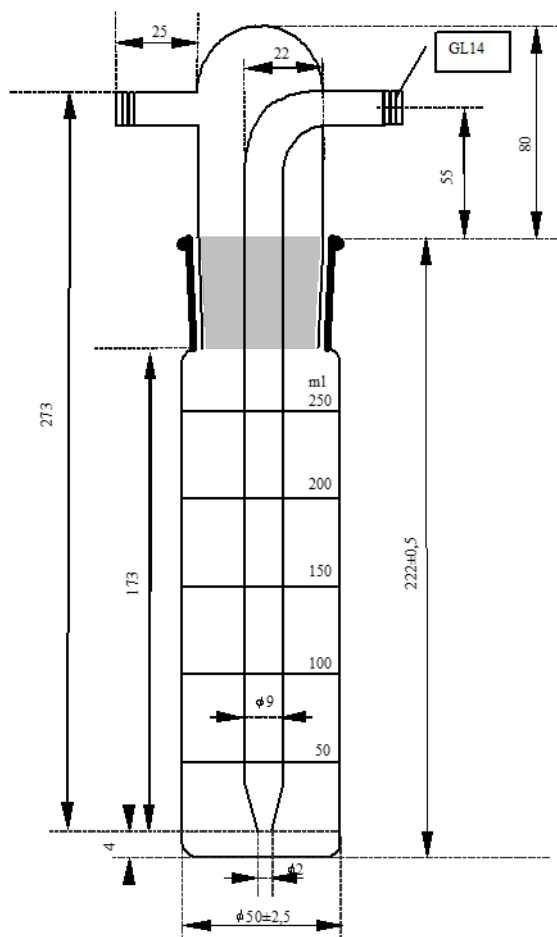
De vereisten voor het materiaal zijn minder streng voor de delen van het bemonsteringssysteem na de impingers/**wasflessen** (pompen, gasmeter), maar ook hier wordt materiaal aanbevolen dat bestand is tegen corrosie.

Door een T-stuk na de filter te plaatsen kunnen **lagere** gasdebieten ~~om 5 l/min~~ in de aftakking naar de impingers/**wasflessen** voor formaldehyde ingesteld worden. Het gasdebiet in de hoofdstroom, dat afhankelijk is van de isokinetische instelling, ligt gewoonlijk hoger. Het bemonsteringssysteem moet zodanig ontwikkeld worden dat er geen condensatie tussen de filter en het T-stuk kan optreden. Dit kan verwezenlijkt worden door deze delen in dezelfde behuizing te verwarmen. Indien de leiding naar de **impingers**/wasflessen niet verwarmde delen bevat, dan dient deze na de bemonstering gespoeld te worden en moet dit spoelsel mee geanalyseerd en verrekend worden.

4.1.4 EENHEID MET POMP EN GASMETER

De eenheid met pomp en gasmeter in de hoofdstroom moet een regeling/kraan en debietmeter hebben om te kunnen voldoen aan de isokinetische criteria. De eenheid met pomp en gasmeter in de formaldehyde-bemonsteringslijn moet instelbaar zijn op **het vereiste aanzuigdebiet (zie onder 4.1.5 voor het debiet tijdens validatie ingesteld door het referentielaboratorium) ± 5 l/min**. Vóór de pompen wordt een toestel om water te verwijderen geplaatst, een condensor of droger bijvoorbeeld. De pomp zelf moet lek dicht zijn.

De maximum toegelaten relatieve uitgebreide onzekerheid van de gasvolumemeter en van de temperatuur- en drukmeting ter hoogte van de gasmeter is opgenomen in procedure LUC/0/005.

4.1.5 IMPINGERS/**WASFLESSEN**

materiaal: borosilicaatglas
 volume: ± 250 ml per impinger
 absorptie-efficiëntie: groter dan 95 %

Figuur 2: Afmetingen gebruikte standaard impinger tijdens validaties door het referentielaboratorium

Figuur 2 geeft de afmetingen van de standaard-impinger die door het referentielaboratorium gebruikt werd ter validatie van de methode onder laboratorium-omstandigheden. Tijdens de initiële validaties werd bemonsterd met een aanzuigdebiet van 5 l/min en tijdens bijkomende recentere validaties werd het aanzuigdebiet naar 2 l/min verlaagd overeenkomstig de technische specificatie CEN/TS 17638 die in 2021 gepubliceerd werd.

De absorptie-efficiëntie **moet** ~~kan~~ gecontroleerd worden door twee of meer impingers/**wasflessen** na mekaar te plaatsen en de laatste impinger/**wasfles** na de monsterneming afzonderlijk te analyseren:

- Ofwel mag er maximum 5% gasvormig formaldehyde in de laatste wasfles/impinger aanwezig zijn;
- Ofwel komt de inhoud van de laatste wasfles/impinger overeen met een concentratie die lager is dan de bepalingsgrens van de meting. Dit laatste criterium wordt overgenomen vanuit de CEN/TS 17638.

~~De voorwaarden voor de bepaling van de absorptie-efficiëntie en het criterium zijn opgenomen onder 7.~~ Bij de bemonstering van formaldehyde neemt de absorptie-efficiëntie toe bij dalende temperatuur van de absorptie-vloeistof.

4.1.6 BAROMETER

De atmosferedruk moet gekend zijn om het aangezogen gasvolume om te rekenen naar normaalomstandigheden. ~~Indien de gasmeter het laatste onderdeel van de bemonsteringsopstelling is, dan kan de druk ten opzichte van de atmosferedruk verwaarloosd worden en de absolute druk in de gasmeter aan de atmosferedruk gelijkgesteld worden. De maximum toegelaten relatieve uitgebreide onzekerheid van de drukmeting ter hoogte van de gasmeter is opgenomen in procedure LUC/0/005.~~

~~De meetonzekerheid moet beter zijn dan 1kPa.~~

4.2 BEMONSTERINGSAPPARATUUR VOOR NIET-ISOKINETISCHE BEMONSTERING

Als de te bemonsteren gasstroom geen druppels bevat dan mag een niet-isokinetische bemonstering worden uitgevoerd.

Voor de niet-isokinetische bemonstering kan dezelfde opstelling van Figuur 1 gebruikt worden, maar is onderdeel 4 optioneel. De monsterneming mag uitgevoerd worden met een rechte verwarmde sonde zonder nozzle.

4.2.1 SONDE

Als sonde mag een rechte glazen buis met een inwendige diameter van **4 5** tot 8 mm gebruikt worden zonder speciale vereisten voor de nozzle. De sonde moet verwarmd worden en de temperatuur dient gecontroleerd te worden. Onverwarmde zones in de buurt van de verbinding naar het filterhuis moeten vermeden worden. Bij de bemonstering van stofvrije gassen mag bij niet gesplitste gasstromen een niet-verwarmde sonde zonder filter worden gebruikt, die na de bemonstering wordt gespoeld.

4.2.2 DEELTJEFILTER

Zie de isokinetische bemonstering

4.2.3 VERBINDINGSSTUK TUSSEN DE VERWARMDE DEELTJESAFSCHEIDER EN DE IMPINGERS/WASFLESSEN

De verbindingsleiding tussen de deeltjesfilter en de **impingers**/wasflessen werd reeds besproken bij de isokinetische bemonstering. Om condensatie te vermijden, worden alle delen van het verbindingsstuk die achteraf niet gespoeld worden verwarmd.

4.2.4 MATERIALEN

Zie de isokinetische bemonstering.

5 ANALYSEPROCEDURE

Als analysemethode wordt de gemodificeerde pararosanilinemethode gebruikt die beschreven wordt in EPA methode 316: het formaldehyde in het staal reageert met zure pararosaniline en natriumsulfiet tot vorming van een purper chromofoor. De intensiteit van de purpere kleur wordt spectrofotometrisch gemeten en is een precieze en accurate maat voor de formaldehydeconcentratie in het staal.

Alle verdunningen voor bereiding van de formaldehyde-kalibratielijnen worden in deze procedure gravimetrisch aangemaakt maar er kan eveneens volumetrisch gewerkt worden mits afdoende kalibratie van het volumetrisch materiaal.

5.1 REAGENTIA EN VERDUNNINGEN

5.1.1 PARAROSANILINE-OPLOSSING

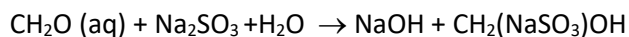
- 0,1800 g pararosanilinechloride ($C_{19}H_{18}Cl N_3$) rechtstreeks in een 100 ml-kolfje afwegen. De wanden van het kolfje spoelen met ± 20 ml ultrapuur water*; 0,1800 g van dit chloride bevat 0,16 g vrije base;
- 20 ml HCl 37% (dichtheid= 1,19 kg/l) toevoegen
- de maatkolf met roerder gedurende 4 u op een roerplaat plaatsen
- de oplossing aanlengen tot 100 ml met ultrapuur water

*ultrapuur water: water met een geleidbaarheid van maximum 0,055 mS/cm of een resistiviteit van minstens 18 M Ω .cm.

Deze oplossing is gedurende enkele maanden stabiel als ze goed afgesloten bij kamertemperatuur bewaard wordt.

5.1.2 FORMALDEHYDE 37% IN WATER, GESTABILISEERD MET 10-15% METHANOL

Als formaldehyde-standaard wordt een oplossing van 37 gewichtspercent formaldehyde in water gestabiliseerd met 10-15% methanol gebruikt. De juiste concentratie van de fles dient eerst bepaald te worden volgens de Na_2SO_3 -methode beschreven door Walker J. F. Deze methode is gebaseerd op de kwantitatieve vrijstelling van NaOH als formaldehyde met Na_2SO_3 reageert tot vorming van het formaldehyde-bisulfiet additieproduct:



Het gevormde NaOH wordt vervolgens getitreerd met HCl volgens 5.1.3.1. De bereiding van de reagentia gebeurt volgens.

Alternatief kan voor de bereiding van de kalibratielijns (5.1.4 t.e.m. 5.1.6) een aangekochte gecertificeerde formaldehydestandaard gebruikt worden in plaats van de 37% formaldehyde standaardoplossing die vooraf gesteld wordt.

5.1.3 BEREIDING REAGENTIA VOOR DE TITRATIE VAN DE FORMALDEHYDE 37% OPLOSSING

1M Na₂SO₃

los 126 g waterdrij zout in voldoende ultrapuur water op en leng aan tot 1l

Ethanol 50%

Breng 62,5 ml ethanol 96% in een beker en voeg 57,5 ultrapuur water toe.

Thymolftaleïne-indicator

Los 0,1 g indicator op in ethanol 50% (aanlengen tot 100 ml).

HCl-1M

Bijvoorbeeld bereid vanuit een aangekochte titrisol-oplossing

5.1.3.1 *Titratie-procedure*

- Breng 50 ml van de 1M Na₂SO₃-oplossing in een 500 ml-erlenmeyer; voeg enkele druppels thymolftaleïne-indicator toe totdat de oplossing blauw kleurt; voeg zorgvuldig enkele druppels van de HCl 1M oplossing toe totdat de oplossing terug ontkleurt.
- Maak een verdunning van de 37% formaldehyde-oplossing: weeg nauwkeurig ±6 g oplossing af in een 100 ml-maatkolf en leng aan tot de maatstreep met ultrapuur water.
- Voeg nauwkeurig 25 ml van de verdunde formaldehyde-oplossing toe aan de Na₂SO₃-oplossing.
- Titreer het resulterende mengsel met de HCl 1M-oplossing. 1 ml zuur komt overeen met 0,03003 g formaldehyde in het mengsel.

Herhaal deze procedure minstens 3 keer.

5.1.3.2 *Berekening van het gewichtspercentage formaldehyde in de oplossing*

Het werkelijk percentage van de ± 37% formaldehydeoplossing wordt berekend:

$$\% \text{ formaldehyde} = \frac{\frac{\text{Molariteit HCl}}{1000} \times \text{ml HCl} \times \text{MM formaldehyde}}{m}$$

MM formaldehyde: Molecuulmassa formaldehyde (30,02 g/mol)

ml HCl: aantal ml van de HCl 1M-oplossing gebruikt ter titratie van het staal

m: gewicht (g) van de $\pm 37\%$ oplossing aanwezig in het getitreerde deelstaal

De massa m van de 37% oplossing aanwezig in het deelstaal is gelijk aan:

$$m = \frac{m1 \times 25}{100}$$

met m1: gewicht in g van de 37% formaldehyde-oplossing in de 100 ml-kolf gebracht voor aanmaak van de verdunde oplossing

5.1.4 FORMALDEHYDE-STOCKOPLOSSING

2,7 g formaldehyde 37wt% (Bijvoorbeeld Acros, dichtheid=1,08 kg/l; MW=30,02) in een 1l-kolf toevoegen die reeds met ± 500 ml UPW gevuld is en dan aanlengen tot de maatstreep (totale hoeveelheid oplossing afwegen);

Deze stockoplossing bevat 1000 mg formaldehyde per 1000 g oplossing. De oplossing is gedurende één jaar stabiel als ze goed wordt afgesloten met parafilm en bij kamertemperatuur bewaard wordt.

5.1.5 WERKOPLOSSING VOOR AANMAAK VAN DE KALIBRATIELIJN

Vanuit de formaldehyde-stockoplossing wordt gravimetrisch een verdunning 1/10 aangemaakt. Deze oplossing bevat 100 mg formaldehyde per 1000 g oplossing.

5.1.6 FORMALDEHYDE-VERDUNNINGEN VOOR BEREIDING VAN DE KALIBRATIELIJN

Alle verdunningen vanuit de werkoplossing van 100 mg/1000 g worden aangemaakt in ultrapuur water en worden bij iedere analysereeks vers bereid:

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| 1) 250 μ l in 100 ml | = 0,25 mg/1000 g formaldehyde |
| 2) 500 μ l in 100 ml | = 0,50 |
| 3) 1000 μ l in 100 ml | = 1,0 |
| 4) 2000 μ l in 100 ml | = 2,0 |
| 5) 1500 μ l in 50 ml | = 3,0 |

De gepipetteerde hoeveelheden formaldehyde-werkoplossing en de totale gewichten oplossing worden gewogen voor de berekeningen van de werkelijke concentraties.

Na₂SO₃-oplossing

0,1 g Na₂SO₃ watervrij afwegen in een 100 ml-maatkolfje en aanlengen met ultrapuur water tot 100 ml (eveneens wegen).

De Na₂SO₃-oplossing moet op dezelfde dag van de analyses bereid worden.

5.2 BEREIDING KALIBRATIELIJN VOOR SPECTROFOTOMETRIE

De aanmaak van de kalibratielijn voor de spectrofotometer gebeurt als volgt:

2,5 ml van de standaardoplossingen 1) tem 5) of van blanco ultrapuur water in een 10 ml-proefbuis pipetteren

+ 250 µl van de pararosaniline-oplossing

30 seconden mengen met vortex*-toestel

+250 µl van de Na₂SO₃-oplossing (zie 5.1.6)

30 seconden mengen met vortex*-toestel

60 minuten laten staan

*vortex = een fenomeen met de structuur van een wervelende beweging

De metingen met de spectrofotometer worden uitgevoerd bij een golflengte van 570 nm. De spectrofotometer werd bij de validatietesten op nul geregeld met 2 cuvetten (1 cm padlengte) gevuld met ultrapuur water. Een andere mogelijkheid bestaat erin om de spectrometer op nul te regelen met twee blanco's van de kalibratielijn. In het laatste geval gaat de kalibratielijn door nul. Er moeten dan wel twee blanco's simultaan met de kalibratiestandaarden worden aangemaakt.

5.3 ONAFHANKELIJKE CONTROLESTANDAARD

In procedure WAC/VI/A/003 zijn de algemene kwaliteitsvereisten voor de analysemethoden voor waterstalen opgenomen.

Voor de spectrofotometrische bepaling van formaldehyde in water gelden hier de kwaliteitsvereisten van WAC/VI/A/003 hoofdstuk 2 (en niet hoofdstuk 3). Een onafhankelijke controlestandaard dient steeds meegenomen te worden.

Een aangekochte gecertificeerde formaldehydestandaard kan gebruikt worden voor ofwel kalibratie of controle (QC).

5.4 BEREIDING VAN DE STALEN

De stalen worden eventueel voorverdund en vervolgens simultaan met de kalibratielijn geprepareerd volgens 5.2.

6 BEREKENINGEN

6.1 AANGEZOGEN GASVOLUME ONDER NORMAALOMSTANDIGHEDEN

Droge gasmeter met voorafgaande droging van de gasstroom over een silicagelpatroon:

$$V_n = V_{T,p} \cdot \frac{273,15}{T} \cdot \frac{p}{1013,25}$$

met V_n : volume onder normaalcondities ($p_n = 1013,25$ mbar, $T_n = 273,15$ K) in Nm^3 , droog
 $V_{T,p}$: volume onder actuele condities van temperatuur en druk gasmeter in m^3 , droog
 T : temperatuur in de gasmeter in K
 p : druk in de gasmeter in mbar
 (=atmosfeerdruk in de opstelling van Figuur 1)

6.2 HOEEVEELHEID FORMALDEHYDE IN DE ABSORPTIEVLOEISTOF

$$m_{\text{formaldehyde}} = C \cdot a$$

met $m_{\text{formaldehyde}}$: massa formaldehyde in het staal in mg
 C : de formaldehyde-concentratie van de absorptieoplossing in mg/1000 g
 a : het gewicht van de absorptievloeistof in g

6.3 FORMALDEHYDE-CONCENTRATIE IN DE GASSTROOM

$$C_{\text{formaldehyde}} = \frac{m_{\text{formaldehyde}}}{V_n}$$

met $C_{\text{formaldehyde}}$: de formaldehyde-concentratie in de gasstroom bij normaaldruk en temperatuur, in mg per Nm^3 (droog)
 $m_{\text{formaldehyde}}$: massa formaldehyde in het staal in mg
 V_n : het aangezogen gasvolume, in Nm^3 (droog)

Indien de formaldehyde-concentratie moet uitgedrukt worden bij een referentie-zuurstofgehalte om te corrigeren voor verdunning moet de bovenstaande concentratie vermenigvuldigd worden met de factor:

$$\frac{21 - O_{2\text{ref}}}{21 - O_{2\text{gemeten}}}$$

(belangrijke opmerking: indien de kalibratie van de zuurstofmonitor op 20,95% wordt uitgevoerd, dan moet in bovenstaande formule ook met 20,95 in plaats van 21% zuurstof gerekend worden)

met $O_{2\text{ref}}$: het zuurstofpercentage bij de referentiecondities voor het droog gas
 $O_{2\text{gemeten}}$: het gemeten zuurstofpercentage in het droog gas

7 AANDACHTSPUNTEN

De kritische punten werden reeds in voorgaande punten aangehaald, maar worden hier nog eens samengevat:

- Formaldehyde lost zeer goed op in water; bij aanwezigheid van waterdruppeltjes in de gasstroom moet daarom de isokinetische bemonsteringsmethode **en rastermeting** worden toegepast.
- De absorptievloeistof dient afgekoeld te worden vóór de start van de bemonstering;
- De sonde en filter dienen op 120°C verwarmd te zijn;
- Koude punten tussen het filterhuis en de **impingers**/wasflessen moeten vermeden worden. Delen tussen de filter en de **impingers**/wasflessen die niet verwarmd zijn, moeten na de bemonstering gespoeld worden en deze spoelvloeistof moet dan mee geanalyseerd worden. Bij gebruik van een opstelling met zijstroom dient alles voor het T-stuk en het T-stuk steeds verwarmd te worden om condensatie te vermijden.
- Bij de bemonstering van stofvrije gassen mag bij niet gesplitste gasstromen een niet-verwarmde sonde zonder filter worden gebruikt, die na de bemonstering wordt gespoeld.
- Als er onderdruk in het gaskanaal aanwezig is of drukvariaties in de monsternamelijs bij het opstarten van de pompen, moet vermeden worden dat de inhoud van de impingers/**wasflessen** teruggezogen wordt; indien met gesplitste gasstromen gewerkt wordt, dan wordt bij het opstarten eerst de pomp van de secundaire formaldehyde-bemonsteringslijn aangeschakeld (~~5 l/min~~) en pas daarna de hoofdpomp (~~hoger aanzuigdebiet~~). Op het einde van de bemonstering wordt de hoofdpomp eerst gestopt, daarna de pomp van de secundaire lijn voor de formaldehyde-bemonstering.
- De voorwaarden waarbij de gasvormige componenten in niet-verzadigde gasstromen op 1 punt gemeten mogen worden, zijn in de procedure 'Essentiële kwaliteitsvereisten voor emissiemetingen' (LUC/0/005) opgenomen. Indien hieraan niet voldaan is, dan moet een rastermeting volgens EN **15259** worden uitgevoerd.
- ~~– Bij aanwezigheid van druppeltjes is altijd een isokinetische bemonstering en een rastermeting vereist.~~
- Een veldblanco moet steeds genomen, geanalyseerd en gerapporteerd worden. Dit dient te gebeuren volgens de procedure die in de procedure 'Essentiële kwaliteitsvereisten bij emissiemetingen' (LUC/0/005) voor HCl en andere parameters is vastgelegd. De concentratie in de blanco moet kleiner zijn dan 10% van de EGW.
- De voorwaarden voor uitvoering van de lekttest staan beschreven in de procedure 'Essentiële kwaliteitsvereisten bij emissiemetingen' (LUC/0/005).
- De efficiëntie van de wasflessen/impingers moet minstens bij de gekozen bemonsteringsuitrusting en bemonsteringscondities (aanzuigdebiet, tijd) bepaald worden door afzonderlijke analyse van de absorptie-oplossing uit de laatste wasfles/impinger. Het gasdebiet, vulling met vloeistof, de vorm en diameter van de tip, en afstand tot de bodem zijn kritische parameters.
- ~~Aangezien geen criterium voor de absorptie-efficiëntie is opgenomen in de EPA methode 316, worden voor~~ **De absorptie-efficiëntie de vereisten uit de HCl norm EN 1911:2010 overgenomen moet voldoen aan:**
 - Ofwel mag er maximum 5% gasvormig formaldehyde in de laatste wasfles/impinger aanwezig zijn;
 - **Ofwel komt** de inhoud van de laatste wasfles/**impinger** ~~komt overeen met een~~ concentratie die lager is dan ~~een concentratie overeenkomstig 5 keer de~~

detectielimiet de bepalingsgrens van de meting. Dit laatste criterium wordt overgenomen vanuit de CEN/TS 17638.

- De maximum toegelaten relatieve uitgebreide onzekerheid van de gasvolumemeter en van de temperatuur- en drukmeting ter hoogte van de gasmeter is opgenomen in procedure LUC/0/005.
- Voor de behandeling en bewaring van de stalen wordt naar punt 8.7 van de norm EPA 316 verwezen. Onder bepaalde omstandigheden (bv. bij risico op contaminatie vanuit gaswassers) kan het nodig zijn om na de bemonstering een biocide (quaternaire ammoniumverbinding) toe te voegen. De stalen moeten binnen 14 dagen na de bemonstering geanalyseerd worden.
- Per meetlocatie dient de SO₂-concentratie éénmalig en bij iedere proceswijziging gemeten te worden om de afwezigheid van SO₂ aan te tonen. De gemeten SO₂-concentratie moet per meetlocatie in ieder meetrapport opgenomen worden. Bij aanwezigheid van SO₂ in de gasstroom, dit wil zeggen bij een gemeten SO₂-concentratie groter dan de bepalingsgrens van de meetmethode, moet eveneens in het meetverslag vermeld worden dat de formaldehydeconcentratie omwille van SO₂-interferentie (zie 8) bij de methode onderschat kan zijn. Bij een gemeten SO₂-concentratie beneden de bepalingsgrens van de meetmethode, moet in ieder geval ook de bepalingsgrens in het meetverslag opgenomen worden.

8 INTERFERENTIES

Sulfiet en cyanide in oplossing interfereren op de pararosaniline analysemethode. Bijkomend werd de interferentie van een aantal aldehydes, van hexamethyleentetramine, van methanol en fenol op de analysemethode nagegaan. Hexamethyleentetramine ((CH₂)₆N₄) wordt commercieel onder meer gebruikt bij de productie van synthetische harsen. Bij verwarming van hexamethyleentetramine met sterke zuren in waterige oplossingen vindt hydrolyse plaats met vrijstelling van formaldehyde en vorming van ammoniumzouten.

De resultaten van de interferentietesten zijn in Tabel 1 opgenomen. De interferentie van elk van de geteste aldehyden op de analysemethode was kleiner dan 2% bij een concentratie in oplossing die bij de in deze methode beschreven bemonsteringsparameters uit tabel 2 overeenkomt met een concentratie in de gasstroom van maximum ±20 mg/Nm³dr.

Methanol wordt gebruikt om de formaldehyde-oplossing te stabiliseren maar de interferentie op de analysemethode is verwaarloosbaar.

Hexamethyleentetramine vertoont wel een grote interferentie aangezien deze stof door hydrolyse formaldehyde vrijstelt.

Tabel 1: Interferentie van enkele componenten bij de analysemethode

Component	Aangemaakte concentratie mg/1000 g oplossing	Respons uitgedrukt als mg/1000g formaldehyde	% van de component dat als formaldehyde gemeten wordt (= % interferentie)	Overeenkomstige concentratie van de component in mg/Nm ³ dr (*)
Acetaldehyde	15,3	0,21	1,4	20,4
Acetaldehyde	3,1	0,06	1,8	4,1
Furfural	11,8	0,01	0,05	15,7
Furfural	3,0	0,02	0,70	3,9
Acroleïne	16,4	0,17	1,1	21,9
Acroleïne	3,3	0,01	0,34	4,3
Gluteraldehyde	16,0	0,23	1,5	21,3
Gluteraldehyde	3,2	0,02	0,58	4,3
Hexamethyleen-tetramine	53,5	Onmiddellijk verkleuring buiten de kalibratielijn	-	-
Hexamethyleen-tetramine	3,2	1,2	38	4,3
Methanol (**)	280	0,08	0,03	71
Fenol	5	0	0	6,7
Fenol	50	0	0	67
Fenol	500	0	0	667

(*) de concentratie in oplossing wordt met een fictief aangezogen volume van 0,150 Nm³dr en een fictieve hoeveelheid absorptievloeistof van 200 g (100 ml per impinger) omgerekend naar een overeenkomstige concentratie in de gasstroom uitgedrukt in mg/Nm³dr. Het aangezogen volume komt overeen met een bemonsteringsduur van 30 minuten aan een bemonsteringsdebiet van ongeveer 5 l/min.

(**) methanol pa bevat ook sporen van formaldehyde

Tijdens recente labovalidatiestudies werden bijkomende interferentietesten vanuit een gasstroom uitgevoerd. In een eerste fase werd een gasstroom met 20 mg/Nm³ formaldehyde met resp. 20 ppm SO₂, NO₂, NH₃ en acetaldehyde bemonsterd en geanalyseerd volgens deze LUC-methode. Het aanzuigdebiet werd voor het gebruikte type impinger (zie Figuur 2) tijdens deze testen naar 2 l/min verlaagd overeenkomstig CEN/TS 17638. Bij een stap zonder interferenten werd een formaldehyde-terugvinding ten opzichte van aanmaak van 100% bekomen. Er is dus geen effect waarneembaar ten gevolge van een verlaging van het aanzuigdebiet van 5 l/min naar 2 l/min. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 2. Bij resp. 20 ppm NO₂, NH₃ of acetaldehyde ligt de terugvinding van formaldehyde nabij 100%; bij 20 ppm SO₂ in de gasstroom wordt slechts 7% van het in de gasstroom aanwezige formaldehyde gemeten. Er wordt dus geen significante interferentie van NO₂, NH₃ en acetaldehyde maar wel van SO₂ op de formaldehydemeting vastgesteld.

Tabel 2: Testen van de aanwezigheid van interferenties in de gasstroom bij een formaldehydeconcentratie rond 20 mg/Nm³ (aanzuigdebiet 2 l/min i.p.v 5 l/min)

Formaldehydeconcentratie mg/Nm ³ gegenereerd	Geteste potentiële interferent	% formaldehyde t.o.v. generatie
≈ 20 mg/Nm ³	Stap zonder interferenten	(100 ± 2) % 2% rsd
≈ 20 mg/Nm ³	≈ 20 ppm SO ₂	Max. 7% Hoeveelheid in WF praktisch overal < RG* analyse
≈ 20 mg/Nm ³	≈ 20 ppm NO ₂	(98 ± 2)% 2% rsd
≈ 20 mg/Nm ³	≈ 20 ppm NH ₃	(96 ± 2)% 2%rsd
≈ 20 mg/Nm ³	≈ 20 ppm acetaldehyde	(100 ± 2)% 2%rsd

* RG: rapporteergrens

In een tweede fase werd de invloed van de SO₂-concentratie op de mate van interferentie bij de LUC-methode voor formaldehyde verder onderzocht. Een gasstroom met 20 mg/Nm³ formaldehyde in combinatie met verschillende SO₂-concentraties werd volgens de LUC-methode bemonsterd en geanalyseerd weliswaar eveneens met een verlaging van het aanzuigdebiet van 5 l/min naar 2 l/min volgens de CEN/TS 17638. Deze resultaten zijn opgenomen in Tabel 3.

Tabel 3: Testen van de invloed van de SO₂-concentratie op de mate van interferentie bij de LUC-methode bij 20 en 60 mg/Nm³ formaldehyde (aanzuigdebiet 2 l/min)

Formaldehydeconcentratie mg/Nm ³ in de gasstroom (generatie)	SO ₂ -concentratie in de gasstroom (generatie)	% H ₂ O in gasstroom	% formaldehyde gemeten t.o.v. generatie
Generatie vanuit een stockfles 23,5% low methanol			
21,7 mg/Nm ³	Stap zonder SO ₂	0	107%
22,0 mg/Nm ³	8 ppm	0	64%
22,1 mg/Nm ³	20 ppm	0	<7%
59,2 mg/Nm ³	8 ppm	0	92%
60,6 mg/Nm ³	8 ppm	25%	91%
Generatie vanuit een stockfles 37% CH ₂ O gestabiliseerd met 10% methanol			
21,9 mg/Nm ³	Stap zonder SO ₂	0	102%

Bij beide gegenereerde formaldehydeconcentraties (20 en 60 mg/Nm³dr) worden bij aanwezigheid van 8 en 20 ppm SO₂ in de gasstroom met LUC/III/004 lagere terugvindingen t.o.v. de stap zonder SO₂ vastgesteld. De SO₂-interferentie is functie van zowel de formaldehyde- als de SO₂-concentratie. Eenzelfde SO₂-concentratie geeft meer interferentie bij een lagere formaldehydeconcentratie. Bij eenzelfde formaldehydeconcentratie neemt de interferentie toe bij een stijgende SO₂-concentratie.

9 VALIDATIE

Een methode moet volgens Vlarec toepasbaar zijn tussen 0,1 keer en 3 keer de emissiegrenswaarde van de te meten verontreinigende component. Volgende parameters moeten gevalideerd worden:

- (Intra)-reproduceerbaarheid;
- Juistheid, bijvoorbeeld uit ringtestgegevens;
- Werkgebied;
- Aantoonbaarheids- en bepalingsgrens;
- Meetonzekerheid;

Indien mogelijk dienen deze prestatiekenmerken gevalideerd te worden voor de combinatie van bemonstering en aansluitende analyse. Indien niet mogelijk dient de validatie minimaal op de analysemethode uitgevoerd te worden en dit conform de procedure [WAC/VI/A/001 CMA/6/A](#). In deze procedure zijn eveneens definities voor de verschillende prestatiekenmerken opgenomen. Onder 9.1 en 9.2 zijn de resultaten van een door het [referentielaboratorium VITO](#) uitgevoerde validatiestudie weergegeven.

9.1 JUISTHEID EN PRECISIE

Voor bepaling van de juistheid (recovery) en de precisie bij herhaalmetingen werden onder laboratoriumcondities 3 verschillende gasconcentraties aangemaakt:

- $\pm 2 \text{ mg/Nm}^3\text{dr}$ ($=0,1 \times$ algemene emissiegrenswaarde voor formaldehyde)
- $\pm 20 \text{ mg/Nm}^3\text{dr}$ ($=$ algemene emissiegrenswaarde voor formaldehyde)
- $\pm 60 \text{ mg/Nm}^3\text{dr}$ ($=3 \times$ algemene emissiegrenswaarde voor formaldehyde)

Voor de bepaling van de precisie op de herhaalmetingen werden alle omstandigheden (uitvoerder, apparatuur, reagentia,...) hetzelfde gehouden maar werd wel de factor tijd gevarieerd. Door de spreiding in de tijd bij de uitvoering wordt de precisie hier als reproduceerbaarheid beschouwd.

De bemonsteringsparameters bij de uitgevoerde validatie-experimenten zijn in Tabel 4 opgenomen.

Tabel 4: Bemonsteringsparameters bij de validatie-experimenten

Gebruik van sonde	Neen (rechtstreekse koppeling aan glazen verdeelleiding)
Aanzuigdebiet naar de bemonsteringstrein	$\pm 5 \text{ l/min}$ en $\pm 2 \text{ l/min}$ tijdens herhaalde validaties naar aanleiding van het uitbrengen van de technische specificatie CEN/TS 17638
Bemonsteringsduur	30 minuten
Aangezogen volume	$\pm 150 \text{ l}$ en $\pm 60 \text{ l}$
g absorptievloeistof na spoelen	$\pm 150 \text{ à } 200 \text{ g}$
Afmetingen impingers	Zie Figuur 2

De resultaten voor juistheid en precisie van deze bemonsteringsmethode met aansluitende spectrofotometrische analysemethode zijn in Tabel 5 opgenomen.

Tabel 5: Juistheid en precisie van de bemonsteringsmethode (2 standaard impingers en een aanzuigdebiet van 5 l/min)

Concentratie		EPA methode 316	
	Aanmaakwaarde mg formaldehyde/ Nm ³ dr	Precisie % rsd	Juistheid % recovery
± 0,1 x algemene EGW*	2,12	2,4	104,2
± algemene EGW*	21,0 18,1	2,1 2,6	100,0 95,5
± 3x algemene EGW*	59,9	4,9	99,8

*EGW: emissiegrenswaarde

Tijdens een recentere validatiestudie werden deze testen herhaald bij een verlaagd aanzuigdebiet van 2 l/min in plaats van 5 l/min in overeenstemming met de CEN/TS 17638 bij gebruik van standaard impingers met een volume van 250 ml (zie Figuur 2). Zoals blijkt uit Tabel 6 heeft de verlaging van het aanzuigdebiet naar 2 l/min geen invloed op de juistheid of precisie (reproduceerbaarheid) van de meetmethode.

Tabel 6: Juistheid en precisie van de bemonsteringsmethode (2 standaard impingers en een aanzuigdebiet van 2 l/min)

Concentratie		EPA methode 316	
	Aanmaakwaarde mg formaldehyde/ Nm ³ dr	Precisie % rsd	Juistheid % recovery
± 0,1 x algemene EGW*	2,2 – 2,3	7	94
± algemene EGW*	20,7 – 21,4	2	100
± 3x algemene EGW*	58,8 – 57,9	2	101

*EGW: emissiegrenswaarde

Bij gebruik van twee standaard impingers volgens Figuur 2 wordt meer dan 5% van de gegenereerde formaldehydeconcentratie in de tweede impinger teruggevonden en wordt niet voldaan aan een absorptie-efficiëntie van meer dan 95% in de eerste impinger/wasfles die in veel normen voorgeschreven wordt. Tijdens bijkomende validatietesten om de interferentie van SO₂ op de meetmethode te onderzoeken, werd gebruik gemaakt van 3 standaard impingers en werd de laatste impinger afzonderlijk geanalyseerd en de inhoud van de eerste twee impingers

samen gevoegd. In deze derde impinger werd minder dan 5% van de totale hoeveelheid formaldehyde gemeten.

9.2 AANTOONBAARHEIDS- EN BEPALINGSGRENS

Voor bepaling van de aantoonbaarheids- en bepalingsgrens bij een aanzuigdebiet van 5 l/min werden blanco-bemonsteringen van stikstof uitgevoerd met de opstelling voor formaldehyde. In eerste instantie werden 6 blanco stalen gedurende telkens 30 minuten bemonsterd wat de standaardprocedure in de praktijk weerspiegelt. Daarna werden bijkomend nog 3 blanco stalen gedurende 60 minuten bemonsterd. Indien zeer lage concentraties aan formaldehyde verwacht worden, kan de bemonsteringsduur namelijk verlengd worden om de aantoonbaarheids- en bepalingsgrens te verlagen.

De gemeten absorpties lagen allemaal beneden de aantoonbaarheids- en bepalingsgrens van de analysemethode die resp. gelijk zijn aan 0,02 en 0,04 mg formaldehyde/1000 g oplossing. In tabel 4 werden deze blanco-resultaten aan de hand van de hoeveelheid absorptievloeistof en het bemonsterde gasvolume omgerekend naar een bepalingsgrens van de bemonsteringsmethode met aansluitende analysemethode. De aantoonbaarheidsgrens van bemonstering+analyse werd op dezelfde manier berekend vertrekkend vanuit de aantoonbaarheidsgrens van de analysemethode.

Tabel 7: Resultaten blanco-metingen ter bepaling van aantoonbaarheids- en bepalingsgrens van de bemonsteringsmethode

Blanco	Absorptantie (x1000)	mg/1000 g formaldehyde in oplossing	Volume bemonsterd (Nm ³ dr)	g absorptie-vloeistof	mg/Nm ³ dr formaldehyde gemeten
1	1	<0,04*	0,1340	193,5	0,058
2	1	<0,04*	0,1354	168,3	0,050
3	4	<0,04*	0,1331	186,1	0,056
4	-2	<0,04*	0,1322	175,3	0,053
5	-2	<0,04*	0,1301	199,7	0,061
6	6	<0,04*	0,1331	187,4	0,056
				Gemiddelde	0,056
7	5	<0,04*	0,2508	81,8	0,0131
8	-2	<0,04*	0,2557	100,1	0,0157
9	-3	<0,04*	0,2483	98,4	0,0159
					0,015

* onder de bepalingsgrens van de analysemethode

De uit de blanco's bepaalde aantoonbaarheids- (AG) en bepalingsgrenzen (BG) zijn gelijk aan:

- Bij een bemonsteringsperiode van 30 minuten, een aanzuigdebiet van ± 5 l/min (= $\pm 0,150$ Nm³dr gas bemonsterd) en ± 200 g absorptievloeistof na bemonstering: AG_R= 0,03 mg/Nm³dr en BG_R= 0,06 mg/Nm³dr
- Bij een bemonsteringsperiode van 60 minuten, een aanzuigdebiet van ± 5 l/min (= $\pm 0,300$ Nm³dr gas bemonsterd) en ± 100 g absorptievloeistof na bemonstering: AG_R= 0,01 mg/Nm³dr en BG_R= 0,02 mg/Nm³dr

10 MEETONZEKERHEID

Voor de bepaling van de meetonzekerheid op natchemische bepalingen dient vooreerst de onzekerheid op de analyse te worden geëvalueerd. Voor de bemonstering is de meetonzekerheid samengesteld uit de volgende factoren:

- Afwijking isokinetisme
- Absorptie in sonde en leidingen
- Toegelaten lek (lektestcriterium)
- Beperkte efficiëntie impingers/**wasflessen**
- Onzekerheid op het aangezogen volume
- Onzekerheid temperatuur gasmeter
- Onzekerheid druk gasmeter
- Onvolledige droging gasstaal

Deze termen kunnen kwantitatief ingeschat worden op basis van de specificaties van de gebruikte instrumentatie van het laboratorium en uit kalibratie- en validatiegegevens. Combinatie van alle standaardonzekerheden (ook op de analyse) volgens GUM leidt dan tot de uiteindelijke onzekerheid op de gemeten formaldehyde-concentratie. Deze werkwijze wordt ook wel de 'bottom-up' benadering genoemd.

Een alternatieve methode voor berekening van de meetonzekerheid is de "top-down" methode die in procedure **WAC/VI/A/002 CMA/6/B** van het 'Compendium voor **de** monsterneming, **meting** en analyse **van water (WAC)** ~~in het kader van het Materialendecreet en Bodemdecreet (CMA)~~ beschreven wordt. Deze werkwijze maakt gebruik van de vastgestelde prestatiekenmerken en kwaliteitscontrolegegevens om een redelijke schatting van de totale meetonzekerheid te maken. Deze benadering werd hier toegepast. Met uitzondering van eventuele afwijkingen van het isokinetisme en factoren die typisch aan de meetplaats gerelateerd zijn (niet homogeniteit bv), zijn al de bovenstaande onzekerheden bij de bemonstering vervat in de totaal berekende meetonzekerheid.

De meetonzekerheid wordt uit de resultaten van validatie-experimenten berekend als:

$$U = |b| + 2 u_{tot}$$

$$CV_{tot} = \sqrt{(CV_{RW})^2 + \sum (u_{sup,i})^2}$$

met:

U	gecombineerde meetonzekerheid op het resultaat (op ca. 95% betrouwbaarheidsniveau, via dekkingsfactor $k=2$), in %
b	bias, in %
u_{tot}	standaardonzekerheid, in %
CV_{RW}	intra-reproduceerbaarheidsvariatiecoëfficiënt, in %
$u_{sup,i}$	supplementaire onzekerheidsfactoren, in %

Een uitgebreidere toelichting van deze begrippen is terug te vinden in de procedure **WAC/VI/A/002 CMA/6/B** van het 'Compendium voor **de** monsterneming, **meting** en analyse **in het kader van het Materialendecreet en Bodemdecreet** **van water (WAC)**.

Op basis van de validatiegegevens uit Tabel 5 werd een inschatting gemaakt van de meetonzekerheid bij de 3 verschillende concentratieniveaus.

Tabel 8: Meetonzekerheid op de meting van formaldehyde in een gasstroom

Formaldehyde-concentratie in mg/Nm ³ dr	Bias b %	u _{tot} %	U %
2,12	4,2	2,4	9,0
21,0 18,1	0 4,5	2,1 2,6	4,2 10
59,9	0,2	4,9	10

11 REFERENTIES

EPA method 316 - 5/24/99

Sampling and Analysis for formaldehyde Emissions from Stationary Sources in the Mineral Wool and Wool Fiberglass industries

<http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html>

EPA publication SW-846 "Test methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical methods"

Method 0011- Sampling for selected aldehyde and Ketone emissions from stationary sources

Revision 0-december 1996

<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/0011.pdf>

EN 13284-1:2017

Stationary source emissions – Determination of low range mass concentration of dust – part 1: Manual gravimetric method

EN 15259: 2007

Luchtkwaliteit- Meting van emissies van stationaire bronnen – Eisen voor meetvlakken en meetlocaties en voor doelstelling, meetplan en rapportage van de meting

Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht (LUC)

Essentiële kwaliteitsvereisten voor emissiemetingen (LUC/0/005)

<http://www.emis.vito.be/lne-erkenningen-lucht>

Validatie van de bemonstering en spectrofotometrische analysemethode van formaldehyde volgens EPA methode 316

W. Swaans, R. Brabers, W. Aerts

Vito-rapport 2003/MIM/R/137, November 2003

<http://www.emis.vito.be/validatieverslagen>

Formaldehyde
J. Frederic Walker
Third edition, 1964
Reinhold Publishing Corporation

ISO 9096: 2003
Stationary source emissions – Manual determination of mass concentration of particulate matter

EN 1911: 2010
Stationary source emissions – Determination of mass concentration of gaseous chlorides expressed as HCl – Standard reference method

Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van water (WAC)
Methode WAC/VI/A/001
Prestatiekenmerken
<https://emis.vito.be/nl/lne-erkenningen-water>

Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van water (WAC)
Methode WAC/VI/A/002
Meetonzekerheid
<https://emis.vito.be/nl/lne-erkenningen-water>

Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van water (WAC)
Methode WAC/VI/A/003
Kwaliteitseisen voor de analysemethoden
<https://emis.vito.be/nl/lne-erkenningen-water>

CEN/TS 17638: 2021
Stationary source emissions – Manual method for the determination of the mass concentration of formaldehyde – Reference method