

Bepaling van het ammoniakverwijderingsrendement van luchtzuiveringssystemen, opgenomen in de lijst met ammoniak-emissiereducerende maatregelen en technieken in uitvoering van het AERM decreet

INHOUD

1	Regelgevend kader	4
2	Toepassingsgebied	4
3	Lijst van technieken die de uitgaande stallucht zuiveren	5
3.1	<i>Biologisch luchtwassysteem (Systeem S-B-1)</i>	5
3.2	<i>Chemisch luchtwassysteem (Systeem S-C-1)</i>	5
3.3	<i>Bio-bed luchtbehandelingssysteem (systeem S-3)</i>	5
4	Begrippen en definities	6
5	Principe	6
6	Meetmethodiek	7
6.1	<i>Voorafgaand plaatsbezoek</i>	7
6.1.1	Visuele inspectie van het luchtzuiveringssysteem	7
6.1.2	Controlepunten voor de goede werking van een luchtzuiveringssysteem	8
6.1.3	Logboek	9
6.2	<i>Eigenlijke meting van het ammoniakverwijderingsrendement</i>	9
6.2.1	Visuele inspectie en controlepunten voor de goede werking van het luchtzuiveringssysteem	10
6.2.2	Homogeniteitscontrole	10
6.2.3	Meting van de ventilatielucht aan de ingang van het luchtzuiveringssysteem	13
6.2.4	Meting van de ventilatielucht aan de uitgang van het luchtzuiveringssysteem	14
7	Uitrusting	18
7.1	<i>Te gebruiken materialen</i>	18
7.2	<i>Verdeelstuk voor simultane monsterneming op verschillende meetpunten in de drukkamer</i>	18
7.3	<i>Apparatuur voor monsterneming van grotere deeloppervlakken aan de uitgang van het Luchtzuiveringssysteem</i>	19
7.3.1	Rooster voor simultane monsterneming op verschillende meetpunten van een groter deeloppervlak	20
7.3.2	Alternatieve apparatuur voor monsterneming van de ventilatielucht aan de uitgang van het luchtwassysteem	20
7.4	<i>Sonde</i>	21
7.5	<i>Filter voor stofafscheiding</i>	22
7.6	<i>Impingers of wasflessen</i>	23
7.7	<i>Monsternemingsleiding</i>	24
7.8	<i>Eenheid met pomp en droge gasmeter</i>	25
7.9	<i>Barometer</i>	25
7.10	<i>Staalnamereciënten</i>	25

7.11	Absorptievloeistof	25
8	Monsternemingsprocedure	26
9	Analyse	27
10	Berekeningen	28
10.1	Aangezogen gasvolume onder normaalomstandigheden	28
10.2	Gasvormig NH_3	29
10.3	Rendement van het luchtzuiveringssysteem	29
11	Aandachtspunten	31
12	Validatie	32
12.1	Validatie van de natchemische monsterneming	32
12.2	Homogeniteit luchtwassystemen	32
12.3	Vergelijking van verschillende monsternemingsystemen	38
12.4	Herhaalbaarheid van indicatieve metingen met gasdetectiebuisjes	42
13	Meetonzekerheid	43
13.1	Meetonzekerheid van de natchemische bepaling van de concentratie gasvormig NH_3 in emissies	43
13.2	Meetonzekerheid op de concentratie gasvormig NH_3 aan de uitgang van het luchtwassysteem	43
13.3	Meetonzekerheid op de bepaling van het ammoniakverwijderingsrendement	44
14	Referenties	46
BIJLAGE: Checklist bepaling van het NH_3-verwijderingsrendement van luchtzuiveringssystemen bij stalsystemen		49

1 REGELGEVEND KADER

Het Ministerieel besluit van 19 maart 2004 houdende vaststelling van de lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen in uitvoering van artikel 1.1.2 en artikel 5.9.2.1bis van het besluit van de Vlaamse Regering van 1 juni 1995 houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne, inclusief de bijlagen (verder [M.B. van 19 maart 2004](#)).

Ministerieel besluit van 16 juli 2021 tot wijziging van bijlage I en bijlage II van het ministerieel besluit van 19 maart 2004 houdende vaststelling van de lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen in uitvoering van artikel 1.1.2 en artikel 5.9.2.1bis van het besluit van de Vlaamse Regering van 1 juni 1995 houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne, wat betreft de melding van de ingebruikname van een stalstelsel, het systeem P-6.4, de voorwaarden voor luchtzuiveringssystemen en de aanvraagprocedure voor opname in de lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen (verder [M.B. van 16 juli 2021](#)).

[Decreet van 19 april 2024 over ammoniakemissiereducerende maatregelen](#)

2 TOEPASSINGSGBIED

Deze procedure is van toepassing op de bepaling van het ammoniakverwijderingsrendement van luchtzuiveringssystemen, in het kader van het [M.B. van 19 maart 2004](#), waarin wordt voorzien dat de bevoegde overheid een NH₃-rendementsmeting kan voorschrijven.

Op 12 juli 2024 werd het [decreet betreffende ammoniakemissiereducerende maatregelen \(AERM-decreet\)](#) gepubliceerd in het Belgisch Staatsblad. Door het AERM-decreet werden de vroegere PAS-lijst en AEA-lijst samengevoegd tot een nieuwe lijst met alle ammoniakemissiereducerende maatregelen en technieken voor de veeteelt en mestverwerking waaruit exploitanten een maatregel kunnen kiezen om te voldoen aan de verplichtingen van het Stikstofdecreet.

Deze LUC-methode is van toepassing op luchtzuiveringssystemen opgenomen in deze lijst van ammoniakemissiereducerende maatregelen en technieken. Waar in deze methode wordt verwezen naar “stal(systemen)”, dient dit, tenzij anders vermeld, eveneens gelezen te worden als betrekking hebbend op installaties en toepassingen binnen mestverwerking waarvoor een ammoniakverwijderingsrendement van luchtzuiveringssystemen moet worden bepaald.

De procedure is van toepassing op de S-lijst van technieken die de uitgaande stallucht zuiveren, opgenomen in hoofdstuk 5 van bijlage I van het [M.B. van 19 maart 2004](#), zoals gewijzigd bij [M.B. van 16 juli 2021](#), met name biologische en chemische luchtwassystemen en bio-bed luchtbehandelingssystemen.

De procedure beschrijft de meetmethodiek voor de bepaling van het ammoniakgehalte in de ventilatielucht vóór en na het luchtzuiveringssysteem, evenals de berekening van het ammoniakverwijderingsrendement.

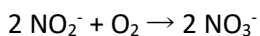
Voor emissiemetingen aan de uitgang van bio-bed luchtbehandelingssystemen is [LUC/VII/003](#) van toepassing; in dat geval wordt de voorliggende procedure toegepast in combinatie met [LUC/VII/003](#). [...]

3 LIJST VAN TECHNIKEN DIE DE UITGAANDE STALLUCHT ZUIVEREN

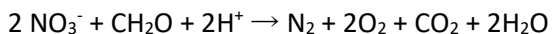
Volgende technieken die de uitgaande stallucht zuiveren, zijn [...] opgenomen in Hoofdstuk 5 van bijlage I van het [M.B. van 19 maart 2004](#), zoals gewijzigd bij [M.B. van 16 juli 2021](#). Bij uitbreiding van deze lijst dient de methode eveneens toegepast te worden op de toegevoegde technieken.

3.1 BIOLOGISCH LUCHTWASSYSTEEM (SYSTEEM S-B-1)

Het biologisch luchtwassysteem bestaat uit een filter (kolom met vulmateriaal) of uit een filterpakket dat continu vochtig wordt gehouden met een wasvloeistof en waar de uitgaande stalventilatielucht in tegenstroom, gelijkstroom of dwarsstroom door geleid wordt. Bij passage van de stalventilatielucht door het luchtwassysteem wordt de ammoniak afgevangen in de wasvloeistof, waarna de gereinigde ventilatielucht het luchtwassysteem verlaat. Bacteriën die zich op het vulmateriaal en in de wasvloeistof bevinden zetten de ammoniak om in nitriet en/of nitraat, waarna deze stoffen met het spuiwater worden afgevoerd.



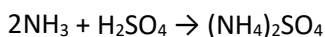
Een denitrificator wordt toegepast om nitraat en nitriet uit het waswater te verwijderen en zo het evenwicht van de chemische reacties naar rechts te verschuiven:



Een teveel aan vrij NH_3 en HNO_2 onderdrukt de werking van de bacteriën. Een denitrificatie is niet noodzakelijk, maar zal ervoor zorgen dat de hoeveelheid spuiwater verkleint.

3.2 CHEMISCH LUCHTWASSYSTEEM (SYSTEEM S-C-1)

Het luchtwassysteem bestaat uit een filter (kolom met vulmateriaal) of uit een filterpakket dat continu vochtig wordt gehouden met een wasvloeistof die aangezuurd is met zwavelzuur en waar de uitgaande stalventilatielucht in tegenstroom, gelijkstroom of dwarsstroom door geleid wordt. Bij passage van de stalventilatielucht door het luchtwassysteem wordt de ammoniak afgevangen in de wasvloeistof, waarna de gereinigde ventilatielucht het systeem verlaat. Door toevoeging van zwavelzuur aan de wasvloeistof wordt de ammoniak gebonden als ammoniumsulfaat, waarna deze stof met het spuiwater wordt afgevoerd:



3.3 BIO-BED LUCHTBEHANDELINGSSYSTEEM (SYSTEEM S-3)

Het luchtzuiveringssysteem bestaat uit een bed van biologisch vulmateriaal dat continu vochtig wordt gehouden en waar de uitgaande stalventilatielucht door geleid wordt. Bij passage van de ventilatielucht door het luchtzuiveringssysteem wordt de ammoniak afgevangen en door bacteriën die zich op het vulmateriaal bevinden omgezet in nitriet en/of nitraat (zie 3.1).

4 BEGRIPPEN EN DEFINITIES

In Tabel 1 zijn de officiële definities van luchtzuiveringssystemen weergegeven, conform het M.B. ammoniakemissiearme stalsystemen¹, aangevuld met de alternatieve benamingen die in andere wetgevende bronnen (VLAREM II, LUC-compendium) worden gehanteerd.

Tabel 1: begrippen en definities

Begrip	Definitie/Omschrijving	Alternatieve benamingen in wetgeving/LUC-methode
Biologisch luchtwassysteem	3.1	
Chemisch luchtwassysteem	3.2	
Bio-bed luchtbehandelingsstelsel	3.3	biofilter
Luchtwassysteem	3.1 en 3.2	luchtwasser
Luchtzuiveringstelsel	Biobed en luchtwassysteem	luchtbehandelingsstelsel

5 PRINCIPE

Voor de rendementsbepaling op de **luchtzuiveringssystemen** van varkens- of pluimveestallen die onder 3 beschreven zijn, **moet overeenkomstig Bijlage I, Hoofdstuk 5 van het M.B. van 19 maart 2004** een natchemische bepaling van het ammoniakgehalte in zowel de ventilatielucht voor het **luchtzuiveringstelsel** als in de ventilatielucht na **het luchtzuiveringstelsel** uitgevoerd worden.

De meetmethode voor de natchemische monsterneming van gasvormig ammoniak (CAS-nummer 7664-41-7) in een gaskanaal volgens NBN EN ISO 21877 wordt beschreven in compendiumprocedure [LUC/III/003](#).

Indien **uitsluitend** gasvormig ammoniak moet worden bepaald in aanwezigheid van ammoniumstof, wordt volgens deze methode voor geleide emissies — bij aanwezigheid van druppels in het afgas, zoals te verwachten aan de uitgang van een **luchtzuiveringstelsel** — een representatief staal uit het gaskanaal aangezogen via een verwarmde sonde met een filter buiten de schoorsteen ('out-stack') op 105 °C. Deze temperatuur werd aanvullend op de norm NBN EN ISO 21877 voorgeschreven om condensatie of bevochtiging van de filter te vermijden, terwijl de verdamping van ammoniumzouten van de filter bij deze temperatuur minimaal blijft.

Bij afwezigheid van druppels wordt volgens deze methode bij voorkeur een monsterneming van gasvormig NH₃ in de schoorsteen ('in-stack') bij de afgastemperatuur uitgevoerd, of alternatief buiten de schoorsteen op 105 °C.

Ammoniak wordt geabsorbeerd in twee impingers of wasflessen met frit, gevuld met 0,1 N H₂SO₄, waarbij ammoniumsulfaat ontstaat. Deeltjes en stof die vaste ammoniumzouten kunnen bevatten worden door de filtratie verwijderd.

¹ [M.B. van 19 maart 2004](#)

Bij de meeste bestaande **luchtzuiveringssystemen** gebeurt de emissie van de gezuiverde stallucht niet via een geleid kanaal, maar via een open emitterend oppervlak, **waarbij** concentratieverschillen over het oppervlak **mogelijk zijn**. In hoofdstuk 6 wordt een meetmethodiek beschreven die specifiek van toepassing is op rendementsmetingen aan **luchtzuiveringssystemen**. **Voor het uitvoeren van emissiemetingen aan de uitgang van bio-bed luchtbehandelingssystemen wordt doorverwezen naar [LUC/VII/003](#) (niet parameter-specifiek).**

6 MEETMETHODIEK

6.1 VOORAFGAAND PLAATSBEZOEK

Een voorafgaand plaatsbezoek aan **het luchtzuiveringssysteem (of de luchtzuiveringssystemen)** dient uitgevoerd te worden. Dit plaatsbezoek heeft in de eerste plaats als doel om na te gaan of het **luchtzuiveringssysteem (of de luchtzuiveringssystemen)** goed bereikbaar is (zijn) en of al dan niet een hoogtewerker/ladder of ander materiaal noodzakelijk is om de toegankelijkheid te verzekeren. De karakteristieken van **het luchtzuiveringssysteem** worden hierbij opgetekend: de afmetingen, het type luchtzuiveringssysteem: chemisch/biologisch **luchtwassysteem of biobed**, het type van vulmateriaal, leverancier van **het luchtzuiveringssysteem**, visuele inspectie van het oppervlak van **het luchtwassysteem/biobed (6.1.1)** en de (goede) werking van **het luchtwassysteem/biobed (6.1.2)**, ... Indien meerdere **luchtzuiveringssystemen** op het bedrijf aanwezig zijn, dan dient een schematische weergave van de volledige **luchtzuivering** in de checklist van het voorafgaand plaatsbezoek opgenomen te worden.

Tijdens dit voorafgaand bezoek worden eveneens de technische fiche en het logboek **(6.1.3) opgevraagd**. **Een kopie van de technische fiche en het logboek dienen later bij het meetverslag te worden gevoegd** zodat verdere interpretatie van de meetresultaten mogelijk is.

Tijdens dit voorafgaand bezoek kunnen ook de gepaste afspraken voor de eigenlijke metingen met de veehouder gemaakt worden. Er wordt aanbevolen om het plaatsbezoek met foto's te verduidelijken.

Een kopie van het verslag van het voorafgaandelijk plaatsbezoek, de technische fiche en het logboek worden overgemaakt aan de bevoegde overheid vóór uitvoering van de metingen. Indien duidelijk visuele gebreken of onregelmatigheden rond de uit te voeren controles in het logboek worden vastgesteld, kan door de bevoegde overheid beslist worden om tot nader order geen meting uit te voeren.

6.1.1 VISUELE INSPECTIE VAN HET LUCHTZUIVERINGSSYSTEEM

Tijdens het voorafgaand plaatsbezoek **en vooraleer wordt overgegaan tot metingen** dient steeds een visuele inspectie van het oppervlak van **het luchtzuiveringssysteem** uitgevoerd te worden.

Indien meerdere **luchtzuiveringssystemen** op het bedrijf aanwezig zijn, dan dienen deze allemaal aan een visuele inspectie onderworpen te worden. De resultaten worden genoteerd op de checklist (zie bijlage).

Mogelijke afwijkingen kunnen onder andere zijn:

- verzakking van het vulmateriaal of onvolledige vulling waardoor gaten in **het luchtzuiveringssysteem** kunnen ontstaan (zie bv. figuur 1 in geval van een **biobed luchtbehandelingsysteem**; voor dit type luchtzuivering is LUC/VII/003 van toepassing)
- slecht werkend sproeisysteem waardoor er geen gelijkmatige bevochtiging van het waspakket optreedt
- de aanwezigheid van droge plekken die wijzen op een lokaal slecht werkende bevochtiging
- de aanwezigheid van lekopeningen rondom het waspakket
- zoutvorming op het waspakket met verstoppingen en dus een slechtere werking van het **luchtwassysteem**

Tengevolge van deze afwijkingen wordt een deel van de stallucht minder gezuiverd of ongezuiverd in de atmosfeer geëmitteerd. Aangezien de geventileerde lucht de weg van de minste weerstand zoekt, zal de emissie langs openingen/gaten bovendien des te groter zijn waardoor dit effect nog meer uitgesproken zal zijn.

Duidelijk aanwezige visuele gebreken vastgesteld tijdens het voorafgaandelijke bezoek worden beschreven in het verslag van dit bezoek. Deze vaststellingen dienen gestaafd te worden door het nemen van een aantal foto's. Op basis van deze vaststellingen kan er door de bevoegde overheid beslist worden om tot nader order geen meting uit te voeren. **Het luchtzuiveringssysteem** dient dan eerst hersteld/gereinigd worden vooraleer het rendement via de hierna voorgestelde strategieën kan bepaald worden. **Voor het uitvoeren van metingen aan de uitgang van een bio-bed luchtbehandelingsysteem wordt hierbij doorverwezen naar LUC/VII/003.**



Figuur 1: Gaten in **het bio-bed luchtzuiveringssysteem**

6.1.2 CONTROLEPUNTEN VOOR DE GOEDE WERKING VAN EEN LUCHTZUIVERINGSSYSTEEM

6.1.2.1 BIOLOGISCHE EN CHEMISCHE LUCHTWASSYSTEMEN S-B-1 EN S-C-1

Volgende parameters dienen bij het voorafgaand plaatsbezoek geregistreerd/gemeten te worden:

- waswaterverdeling en sproeibeeld over het filterpakket/sproeiregime (sproeiers al dan niet continu werkend);
- waswaterdebiet en stand van de uretteller van de circulatiepomp van het waswater
- spuiwaterdebiet en stand van de waterpulsometer voor het spuiwaterdebiet;
- spui-frequentie;

- ventilatie-instellingen en luchtweerstand van het luchtwassysteem (drukval in Pa over het (filter)pakket);
- pH van het waswater ter hoogte van het voorziene aftappunt;

6.1.2.2 BIOBED LUCHTBEHANDELINGSSYSTEEM S-3

Volgende parameters dienen bij het voorafgaand plaatsbezoek geregistreerd/gemeten te worden:

- bevochtigingspatroon van het vulmateriaal
- stand van de watermeter
- hoeveelheid verbruikt bevochtigings-/spoelwater
- draaiuren waspomp
- toename van de drukval over het vulmateriaal

6.1.3 LOGBOEK

Een kopie van het logboek wordt opgevraagd bij de exploitant. Het logboek bevat alle gegevens omtrent volgende controles:

- de halfjaarlijkse controle van het waswater;
- de wekelijkse controle op de goede werking van het luchtwassysteem door de exploitant (zie hierboven vermelde punten) en eventuele acties;
- het jaarlijks onderhoud en de controle uitgevoerd door de leverancier of een andere deskundige partij
- de eventuele rendementsmetingen

6.2 EIGENLIJKE METING VAN HET AMMONIAKVERWIJDERINGSRENDEMENT

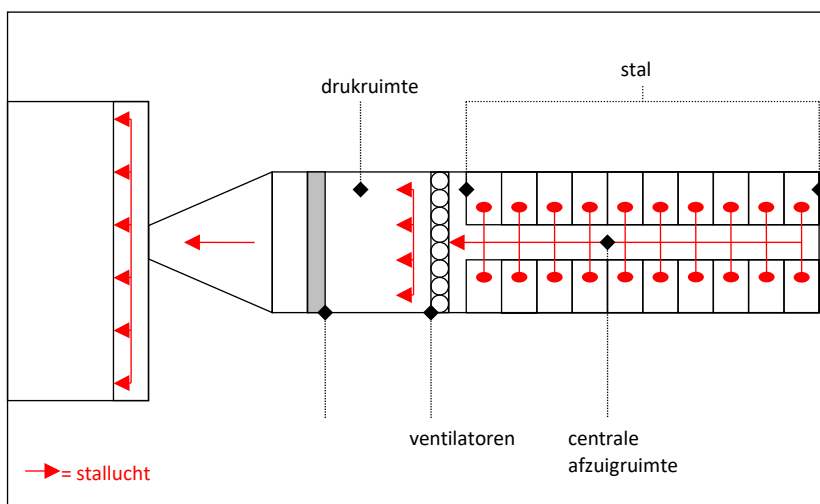
Het **ammoniakverwijderingsrendement** van een **luchtzuiveringssysteem** wordt overeenkomstig *Bijlage I, Hoofdstuk 5 van het MB van 19 maart 2004, zoals vervangen door het MB van 16 juli 2021 (BS 20.10.2021)* bepaald door de simultane meting van de ammoniakconcentratie in de ventilatielucht voor en na het **luchtzuiveringssysteem**. Dit dient te gebeuren gedurende driemaal een meting van minimaal een half uur tijdens piekbelasting van het **luchtzuiveringssysteem** (dit betekent voor de veehouderij overdag). Deze 3 metingen dienen serieel uitgevoerd te worden.

Voorafgaand aan de metingen dient een controle op de goede werking en een visuele inspectie van het **luchtzuiveringssysteem** uitgevoerd te worden (6.1.1). Naast de resultaten van deze voorafgaande controles, dient volgende informatie op het moment van de metingen eveneens geregistreerd te worden voor het staldeel/het stalcompartiment waarop het waspakket/**biobed** is geïnstalleerd waar de metingen worden uitgevoerd:

- het staltype;
- de dierbezetting (gewicht, leeftijd en aantal);

Deze gegevens worden mee in het rapport opgenomen evenals een schematische weergave van het concept stal/**luchtwassysteem (systemen) of biobed**/luchtstroom (voorbeeld zie Figuur 2). Indien meerdere **luchtzuiveringssystemen** op het bedrijf aanwezig zijn, dan dient een weergave van de volledige **luchtbehandeling** in de checklist van het voorafgaand plaatsbezoek en het rapport

opgenomen te worden. In dat geval dient ook duidelijk in het rapport aangegeven te worden op welk **luchtzuiveringssysteem** de metingen werden uitgevoerd.



Figuur 2: Voorbeeld van een schematische weergave van het concept stal/luchtbehandeling/luchtstroom

6.2.1 VISUELE INSPECTIE EN CONTROLEPUNTEN VOOR DE GOEDE WERKING VAN HET LUCHTZUIVERINGSSYSTEEM

Voorafgaand aan de eigenlijke rendementsmetingen, wordt opnieuw een visuele inspectie van **het luchtzuiveringssysteem** uitgevoerd (6.1.1) en worden de controlepunten voor de goede werking van **het luchtzuiveringssysteem** (6.1.2) opnieuw afgetoetst zoals bij het voorafgaand plaatsbezoek.

6.2.2 HOMOGENITEITSCONTROLE

Vooraleer wordt overgegaan tot de eigenlijke meting van **het ammoniakverwijderingsrendement** dient er een homogeniteitscontrole van het emitterend oppervlak uitgevoerd te worden. Op basis van deze controle wordt nadien de effectieve monsternemingsstrategie gekozen.

Voor de controle van de homogeniteit van een chemisch of biologisch luchtwassysteem geldt voorliggende paragraaf. Voor de controle van de homogeniteit van een biobed is LUC/VII/003 van toepassing.

Op minimum 6 meetplaatsen, gelijkmatig verdeeld over het totale oppervlak van **het luchtwassysteem**, worden NH_3 -metingen met behulp van gasmeetbuisjes uitgevoerd (zie Figuur 3). Het grootste aantal meetpunten wordt hierbij gekozen in de lengterichting. Een voorbeeld van een gelijkmatige verdeling van de monsternemingspunten wordt gegeven in Figuur 4.



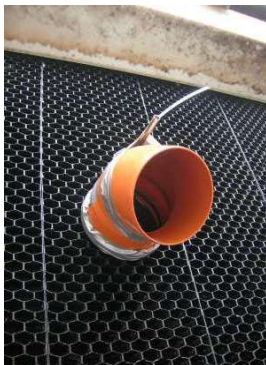
Figuur 3: Gasdetectiebuisjes voor homogeniteitscontrole van het oppervlak van het luchtwassysteem

●	●	●
●	●	●

Figuur 4: Gelijkmatige verdeling van de monsternemingspunten over het oppervlak van het luchtwassysteem

Tijdens de metingen worden de gasmeetbuisjes tegen windinslag afgeschermd, bijvoorbeeld door gebruik van een opzetstuk (zie Figuur 5).

Een schema of foto van het waspakket met een aanduiding van de genummerde meetpunten van de homogeniteitstest alsook een tabel met de meetresultaten moeten in het verslag opgenomen worden. Voorbeelden hiervan zijn opgenomen in Figuur 19 t.e.m. Figuur 23.



Figuur 5: Toepassing van een opzetstuk om windinslag te vermijden

De NH_3 -gasmeetbuisjes moeten steeds het gepaste meetbereik hebben om de aflezing zo nauwkeurig mogelijk te maken. Voor lage NH_3 -concentraties aan de uitgang tot 3 ppm kan bijvoorbeeld een Dräger-gasmeetbuisje van het type 0.25/a met een bereik van 0,25-3 ppm en een relatieve standaardafwijking (rsd) van 10 tot 15% gebruikt worden. Er zijn eveneens Dräger-gasmeetbuisjes voor ammoniak met hogere meetbereiken beschikbaar:

- type 2/a van 2 tot 30 ppm (rsd 10 à 15%)

- type 5/a van 5 tot 70 ppm of van 50-700 ppm (rsd 10 à 15%)
- type 5/b van 5 tot 100 ppm (rsd 10 à 15%)

Deze door de leverancier opgegeven relatieve standaardafwijking werd in het labo gecontroleerd door het herhaaldelijk meten van ingaande en uitgaande ventilatielucht, bemonsterd in een inerte gaszak. De vastgestelde spreiding was lager dan 5% (zie 12.4).

Alternatief kan eveneens een NH₃-sensor (bijvoorbeeld Dräger Pac 7000) of een on-line monitor (bijvoorbeeld een NEO Lasergas NH₃-monitor) voor de homogeniteitscontrole gebruikt worden. De herhaalbaarheid van de gebruikte meetmethode dient conform WAC/VI/A/001 gecontroleerd te worden en mag maximaal 10% bedragen.

Met herhaalbaarheid wordt volgens WAC/VI/A/001 de precisie bedoeld die wordt verkregen bij uitvoering van alle betreffende metingen door dezelfde analist, met dezelfde meetapparatuur, op zo dicht mogelijk bij elkaar gelegen tijdstippen. De gebruikelijke maat is de herhaalbaarheidsstandaardafwijking of de herhaalbaarheidsvariatiecoëfficiënt (relatieve herhaalbaarheidsstandaardafwijking). Bepaling van de herhaalbaarheid van een meetmethode gebeurt in principe op praktijkmonsters of monsters die hierop zoveel mogelijk gelijken. Eén van de beschreven methoden uit WAC/VI/A/001 is herhaalde analyse (minstens 5 keer) van eenzelfde monster.

De herhaalbaarheid van de meetmethode ter bepaling van de homogeniteit van **het luchtwassysteem** dient ten minste op 2 NH₃-concentratieniveaus (resp. in het bereik 1 - 3 ppm en 5 - 25 ppm) gecontroleerd te worden.

De bepalingsgrens van de meetmethode voor het bepalen van de homogeniteit mag maximaal 1 ppm NH₃ bedragen. Bij aftoetsing van het 30%-criterium worden meetwaarden die beneden de bepalingsgrens liggen, meegerekend als de bepalingsgrens.

Indien de relatieve standaardafwijking op de gemiddeld gemeten concentratie aan gasvormig NH₃ met de gasmeetbuisjes binnen de 30% ligt, dan **wordt het luchtwassysteem als homogeen beschouwd** en volstaat een eigenlijke natchemische monsterneming in de gekozen 6 meetpunten. De punten worden tegen windinslag afgeschermd bijvoorbeeld door toepassing van een opzetstuk (voorbeelden hiervan in Figuur 5 en Figuur 10). Dit 30%-criterium werd bepaald uit combinatie van de maximum spreiding op het gemiddelde van 6 meetpunten bij **luchtwassystemen** die volgens EN 15259 homogeen zijn (zie 12.2) en de herhaalbaarheid van gasdetectiebuisjes (10 à 15%).

Indien de relatieve standaardafwijking groter is dan 30%, dan wordt **het luchtwassysteem** als een niet homogeen emitterende bron beschouwd. In dat geval dient een zo groot mogelijk deel van het emitterend oppervlak bemonsterd te worden. Hierbij wordt als minimum vereiste 10% van het totale oppervlak (voor luchtwassers tot 40 m² minimaal vier deelvlakken van 1 m²) gesteld waarbij gerefereerd wordt naar de norm VDI 3880 (paragraaf 5.2.2.3) die bij geurmetingen voor oppervlakken tot 100 m² monsterneming van minstens 10 m² voorschrijft.

De meetstrategie voor een niet homogeen **luchtwassysteem** kan in ieder geval ook steeds toegepast worden bij homogene **luchtwassystemen**.

6.2.3 METING VAN DE VENTILATIELUCHT AAN DE INGANG VAN HET LUCHTZUIVERINGSSYSTEEM

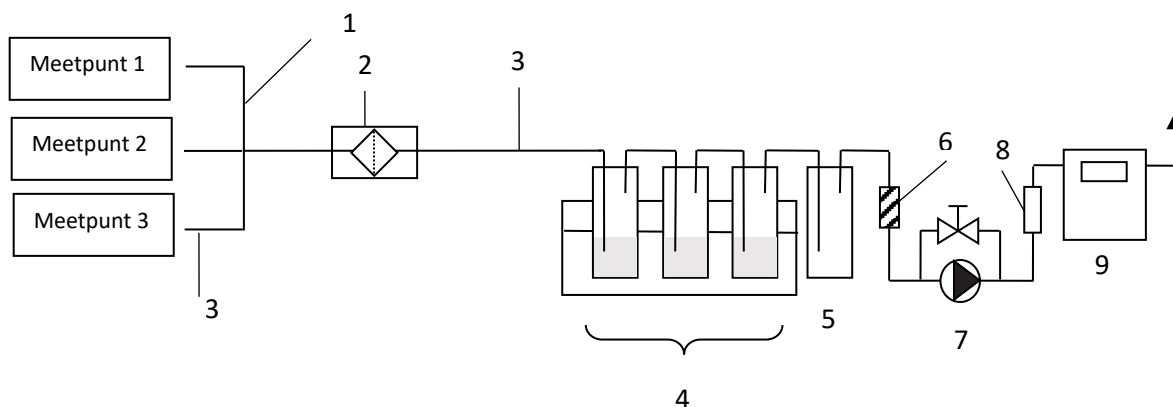
6.2.3.1 Luchtwassysteem

De monsterneming van de ventilatielucht aan de ingang van het luchtwassysteem gebeurt gelijktijdig op minimaal 3 plaatsen verspreid in de drukkamer. Hiervoor kan bijvoorbeeld een glazen verdeelstuk gebruikt worden (zie Figuur 11). Er dient hierbij voor gezorgd te worden dat de debieten doorheen de verschillende aanzuigleidingen naar het verdeelstuk onderling maximaal 20% verschillen. Het erkende laboratorium dient aan te tonen dat het gebruikte verdeelsysteem voldoet aan dit criterium.

Indien er bij luchtzuiveringssystemen in de praktijk geen drukkamer aanwezig is of er geen meting mogelijk is, dan moet de meetmethodiek per installatie worden afgestemd. Mogelijk kunnen de meetmethodieken voor geleide emissies worden toegepast, voor zover er gaskanalen aanwezig zijn die de ventilatielucht naar het luchtbehandelingsstelsel leiden. In dat geval moet aangetoond worden dat de ingaande gasstroom homogeen is. In situaties zonder dergelijke gaskanalen blijft een aanpak op maat noodzakelijk.

De aangezogen gasstroom wordt gefilterd om stof en eventueel aanwezige ammoniumaërosolen uit de gasstroom te verwijderen. De temperatuur van de filter en van de staalnameleidingen tot aan het filterhuis of van het filterhuis naar de impingers/wasflessen dient boven het dauwpunt van de ventilatielucht te liggen zodat condensatie vermeden wordt.

De monsternemingsduur van een meting bedraagt minimaal 30 minuten. Figuur 6 geeft een schematische voorstelling van de monsternemingsopstelling. De pompen van de monsternemingstreinen aan de in- en uitgang van het luchtzuiveringssysteem dienen gelijktijdig gestart te worden. Nadat alle meetpunten aan de uitgang van het luchtzuiveringssysteem bemonsterd zijn, worden de pompen gelijktijdig gestopt.



1. glazen verdeelstuk (zie Figuur 11) voor simultane monsterneming in minimum 3 punten
2. filter (temperatuur > dauwpunt)
3. PTFE-leiding (temperatuur > dauwpunt)
4. 2 of 3 impingers of wasflessen gevuld met 0,1 N H₂SO₄ (koeling in (ijs)water)
5. veiligheidsfles (optioneel)
6. droger
7. pomp
8. debietmeter
9. gasmeter

Figuur 6: Opstelling voor de natchemische monsterneming van NH_3 in de ventilatielucht aan de ingang van *het luchtzuiveringssysteem*



Figuur 7: NH_3 -metingen in de ventilatielucht aan de ingang van *het luchtzuiveringssysteem*

De verschillende stappen voor de eigenlijke monsterneming worden beschreven onder hoofdstuk 8.

6.2.3.2 Bio-bed luchtbehandelingssysteem

Bij een bio-bed luchtbehandelingssysteem wordt een representatieve ammoniakconcentratie meting volgens compendiumprocedure [LUC/III/003](#) uitgevoerd in de toegangsleiding naar het biobed.

6.2.4 METING VAN DE VENTILATIELUCHT AAN DE UITGANG VAN HET LUCHTZUIVERINGSSYSTEEM

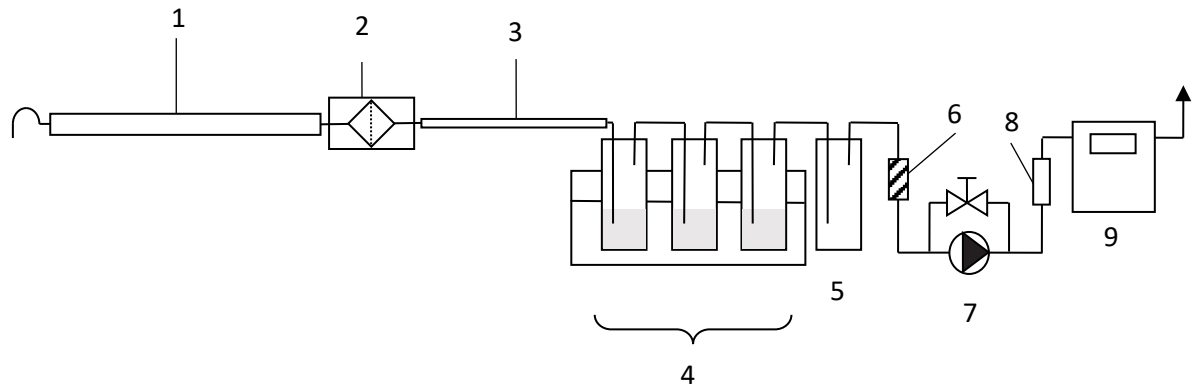
Op basis van de voorafgaande controle van de homogeniteit (zie 6.2.2) wordt de effectieve monsternemingsstrategie gekozen.

Voor het uitvoeren van NH_3 -emissiemetingen aan de uitgang van een luchtwassysteem geldt voorliggende paragraaf. Voor het uitvoeren van NH_3 -emissiemetingen aan de uitgang van een bio-bed luchtbehandelingssysteem is LUC/VII/003 van toepassing.

Indien de relatieve standaardafwijking op de gemiddeld gemeten concentratie aan gasvormig NH_3 met de gasmeetbuisjes binnen de 30% ligt, wordt het luchtwassysteem als homogeen beschouwd en volstaat een eigenlijke natchemische monsterneming in de 6 meetpunten die gelijkmatig verdeeld zijn over het totale oppervlak van het luchtwassysteem (zie 6.2.2). De punten worden tegen windinslag afgeschermd bijvoorbeeld door toepassing van een opzetstuk met een diameter van ≈ 15 cm (voorbeelden hiervan in Figuur 5 en Figuur 11). Bij gevaar voor verdunning door windinslag is het gebruik van een niet afgeschermd PTFE-leiding niet voldoende. Met behulp van een dergelijk opzetstuk wordt een deelgasstroom omgezet tot een geleide emissie. De metingen vinden vervolgens plaats met de meetmethode voor geleide emissies die in LUC/III/003 beschreven wordt. Een schematische weergave van een dergelijke opstelling voor de natchemische

monsterneming van ammoniak in de ventilatielucht aan de uitgang van een **luchtzuiveringssysteem** is weergegeven in Figuur 8. In Figuur 9 is een praktijkfoto van deze meetopstelling aan de uitgang van een **luchtwassysteem** weergegeven.

De aanzuigmond van de verwarmde sonde wordt in het middelpunt van de dwarsdoorsnede van het opzetstuk aangebracht om wandeffecten te vermijden. Alternatief wordt een verwarmde leiding rechtstreeks aan het opzetstuk aangesloten (zie Figuur 14).



1. nozzle en verwarmde monsternemingssonde (105 °C)
2. verwarmde filter (105 °C)
3. verwarmde leiding (105 °C)
4. 2 of 3 impingers of wasflessen gevuld met 0,1 N H₂SO₄ (koeling in (ijs)water)
5. veiligheidsfles (optioneel)
6. droger
7. pomp
8. debietmeter
9. **gasmeter**

*Figuur 8: Opstelling voor de natchemische monsterneming van NH₃ in de ventilatielucht na het **luchtzuiveringssysteem***



Figuur 9: Natchemische monsterneming van NH₃ in de ventilatielucht na een luchtwassysteem

[...]



Figuur 10: Meting van de ventilatielucht aan het oppervlak van een luchtwassysteem met behulp van een opzetstuk

Indien de relatieve standaardafwijking groter is dan 30%, dan wordt **het luchtwassysteem** als een niet homogeen emitterende bron beschouwd. In dat geval dient een zo groot mogelijk deel van het emitterend oppervlak bemonsterd te worden waarbij een minimum vereiste van 10% van het totale oppervlak geldt. Deze 10%-vereiste is afkomstig uit de norm VDI 3880 (paragraaf 5.2.2.3) die bij geurmetingen voor oppervlakken tot 100 m² monsterneming van minstens 10 m² voorschrijft.

Het 10% oppervlak wordt gelijkmatig verdeeld over een aantal deeloppervlakken. In de VDI 3880 is het aantal deelvlakken gedefinieerd in functie van de totale oppervlakte voor een biofilter. In Tabel 2 is dit aantal volgens VDI 3880 voor oppervlakken tot 100 m² weergegeven. Dit aantal geldt dus als richtlijn bij de monsterneming op niet homogene **NH₃-luchtwassystemen**. Voor **luchtwassystemen** tot 40 m² dienen minimaal 4 deelvlakken van 1 m² bemonsterd te worden. Het aantal deelvlakken, gelijkmatig verspreid over de volledige oppervlakte kan hierbij verhoogd worden, met inachtneming van een totale oppervlakte van minimaal 4 m².

De meetstrategie voor een niet homogeen **luchtwassysteem** kan in ieder geval ook steeds toegepast worden bij homogene **luchtwassystemen**.

Onder 7.3 worden een aantal meetmethoden beschreven om grotere deeloppervlakken van het totale oppervlak te bemonsteren. De monsterneming van de ventilatielucht in de verschillende punten/deeloppervlakken aan de uitgang van **het luchtwassysteem** kan simultaan of achtereenvolgens gebeuren. Bij niet homogene **luchtwassystemen** kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van een rooster dat simultane monsterneming op verschillende punten over een totaal oppervlak van ≈ 1 m² mogelijk maakt. Dit rooster wordt op verschillende deeloppervlakken gelijkmatig verspreid over het **luchtwassysteem** geplaatst zodat in totaal minimum 10% van het oppervlak bemonsterd wordt. Bij **luchtwassystemen** met een oppervlak kleiner dan 40 m², gelden bovenvermelde bepalingen. Een alternatief systeem voor omzetting van de uitgaande gasstroom naar een meer geleide gasstroom bij niet homogene **luchtwassystemen** wordt beschreven in 7.3.2.

Tabel 2: Aantal deelvlakken voor de monsterneming van de geurconcentratie op een biofilter met een oppervlakte tot 100 m²

Oppervlakte van de biofilter in m ²	Aantal deelvlakken van tenminste 1 m ² voor de monsterneming
Tot 40	4
Tot 50	5
Tot 60	6
Tot 70	7
Tot 80	8
Tot 90	9
Tot 100	10

De totale monsternemingsduur bedraagt minimaal 30 minuten. De ventilatielucht na **het luchtwassysteem** bevat mogelijk kleine waterdruppels die in het monsternemingssysteem aanleiding kunnen geven tot absorptie en dus verlies van gasvormig ammoniak. Daarom dienen de aanzuigsonde (indien van toepassing), het filterhuis en leidingen tot aan de wasflessen op 105 °C verwarmd te worden. Stof en aërosolen worden eveneens bij deze temperatuur verwijderd door filtratie over een huls- of vlakfilter.

Bij gebruik van een rooster met verschillende monsternemingspunten wordt de verwarmde leiding en het verwarmde filterhuis rechtstreeks aangekoppeld zonder sonde.

De verschillende stappen voor de eigenlijke monsterneming worden beschreven onder **hoofdstuk 8**.

7 UITRUSTING

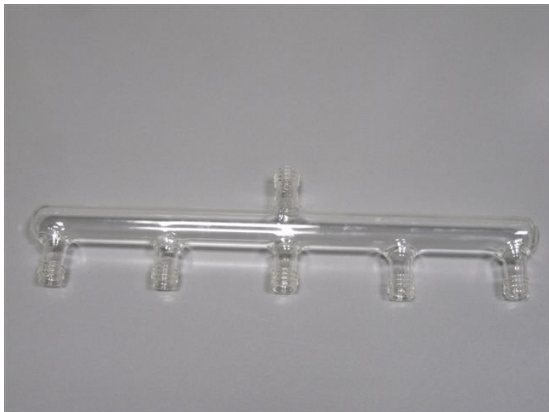
7.1 TE GEBRUIKEN MATERIALEN

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 temperatuur bestand zijn. Het materiaal van de uitrusting mag geen NH_3 adsorberen of ermee reageren. Borosilicaatglas en titanium zijn geschikt, PTFE (polytetrafluoretheen) mag ook gebruikt worden bijvoorbeeld voor dichtingen of flexibele verbindingstukken.

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

7.2 VERDEELSTUK VOOR SIMULTANE MONSTERNEMING OP VERSCHILLENDE MEETPUNTEN IN DE DRUKKAMER

De monsterneming van de ventilatielucht aan de ingang van **het luchtzuiveringstelsel** gebeurt gelijktijdig op minimaal 3 plaatsen verspreid in de drukkamer. Dit kan met behulp van een glazen verdeelstuk uitgevoerd worden. Een voorbeeld van een dergelijk verdeelstuk wordt weergegeven in *Figuur 11*.



*Figuur 11: Voorbeeld van een glazen verdeelstuk voor monsterneming van de ventilatielucht op verschillende plaatsen vóór **het luchtzuiveringstelsel***

7.3 APPARATUUR VOOR MONSTERNEMING VAN GROTERE DEELOPPERVLAKKEN AAN DE UITGANG VAN HET LUCHTZUIVERINGSSYSTEEM

Voor het uitvoeren van NH₃-emissiemetingen aan de uitgang van een luchtwassysteem geldt voorliggende paragraaf. Voor NH₃-emissiemetingen aan de uitgang van een bio-bed luchtbehandelingssysteem is LUC/VII/003 van toepassing.
[...]

Bij een niet homogeen luchtwassysteem dient een zo groot mogelijk deel van het emitterend oppervlak bemonsterd te worden waarbij een minimum vereiste van 10% van het totale oppervlak geldt. Deze 10%-vereiste is afkomstig uit de norm VDI 3880 (paragraaf 5.2.2.3) die bij geurmetingen voor oppervlakken tot 100 m² monsterneming van minstens 10 m² voorschrijft.

Voor **luchtwassystemen** tot 40 m² dienen minimaal 4 deelvlakken van 1 m² bemonsterd te worden. Het aantal deelvlakken, gelijkmatig verspreid over de volledige oppervlakte kan hierbij verhoogd worden, met inachtneming van een totale oppervlakte van minimaal 4 m².

De te kiezen meetopstelling hangt voornamelijk af van de bereikbaarheid en constructie van **het luchtwassysteem**. Bij voorkeur wordt gebruik gemaakt van een rooster voor simultane monsterneming op verschillende meetpunten van een groter deelloppervlak (Figuur 12). Dit rooster wordt dan op een aantal deelvlakken (zie Tabel 2) homogeen verspreid over **het luchtwassysteem** opgesteld.

In het meetverslag dient steeds een schematische voorstelling van de (genummerde) meetpunten of meetvlakken opgenomen te worden.

7.3.1 ROOSTER VOOR SIMULTANE MONSTERNEMING OP VERSCHILLENDE MEETPUNTEN VAN EEN GROTER DEELOPPERVLAK

Bij een rooster (zie voorbeeld in Figuur 12) wordt de ventilatielucht aan de uitgang van **het luchtwassysteem** simultaan op minimaal 6 punten aangezogen en vervolgens via één centraal punt naar een verwarmde leiding op 105 °C, een filter op 105 °C en de wasflessen geleid. De verschillende punten worden verdeeld over het rooster. Er dient met een debietsmeter geverifieerd te worden dat de aanzuigdebieten doorheen de verschillende aanzuigleidingen onderling maximaal 20% verschillen. Het rooster dient eveneens tot 105 °C verwarmd te worden om condensatie te vermijden. Hiertoe werd in het getoonde voorbeeld een verwarmingslint met regelaar en bijkomende isolatie rond de leidingen aangebracht. Het roosteroppervlak bedraagt $\approx 1 \text{ m}^2$. Het rooster moet zo dicht mogelijk tegen **het luchtwassysteem** aangebracht worden (anders afdichting kieren !) en de aanzuigleidingen dienen tegen windinslag afgeschermd te worden.



Figuur 12: Rooster voor simultane monsterneming op verschillende meetpunten van een groter deelopervlak

7.3.2 ALTERNIEVE APPARATUUR VOOR MONSTERNEMING VAN DE VENTILATIELUCHT AAN DE UITGANG VAN HET LUCHTWASSYSTEEM

In **Figuur 13 (a) en (b)** wordt een alternatieve methode getoond om de ventilatielucht na **het luchtwassysteem** over grotere deelopervlakken te bemonsteren. Bij **deze** methode wordt gebruik gemaakt van een box **met een oppervlakte van $\approx 2,25 \text{ m}^2$ [...]** die uitgerust is met een opzetstuk voor omzetting van de uitgaande gasstroom naar een meer geleide emissie. Dit opzetstuk kan bijvoorbeeld gevormd worden door een PVC-buis.

Figuur 13 (c) toont een situatie waarbij het praktisch onmogelijk is om gebruik te maken van bijvoorbeeld een box. **Het luchtwassysteem** werd langs de voorkant met plastic afgedicht om windinslag te vermijden en bovenaan **het luchtwassysteem** werden puntmetingen uitgevoerd.

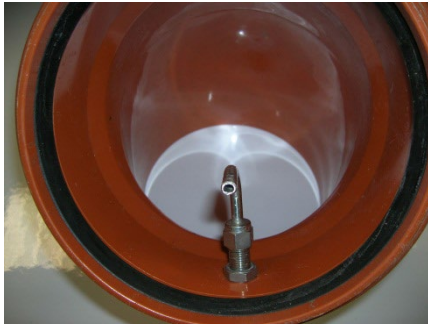


*Figuur 13: Methoden voor monsterneming van grotere deelopervlakken van **luchtwassystemen***

7.4 SONDE

De monsterneming aan de uitgang van **het luchtzuiveringssysteem** wordt met een temperatuurgecontroleerde sonde op 105 °C uitgevoerd (zie voorbeeld in Figuur 9). De aanzuigsonde bevindt zich in de verwarmingsmantel en kan bestaan uit borosilicaatglas of kwartsglas of titaan.

In de praktijk is het wegens plaatsgebrek niet altijd mogelijk om een verwarmde sonde met verwarmd filterhuis te gebruiken. In dergelijke situaties kan de ventilatielucht aan de uitgang van een **luchtwassysteem** alternatief bemonsterd worden via een verwarmde leiding die rechtstreeks aan een opzetstuk met aanzuigmond aangesloten wordt (zie Figuur 14). Achter deze verwarmde leiding volgt dan een afzonderlijk verwarmd filterhuis.



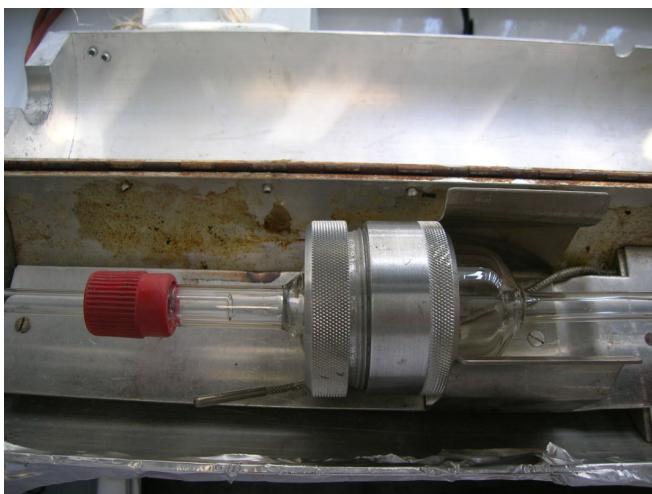
Figuur 14: Opzetstuk met aanzuigmond voor rechtstreekse aankoppeling van een verwarmde leiding zonder aanzuigsonde

Ook bij gebruik van een rooster (7.3.1) bij niet homogene (of homogene) **luchtwassystemen** worden de verwarmde leiding en het filterhuis op 105 °C rechtstreeks aangekoppeld zonder sonde.

7.5 FILTER VOOR STOFAFSCHEIDING

De filterhouder voorzien van een kwarts vlak- of hulsfilter voor afscheiding van stof en ammoniumaërosolen dient op een temperatuur boven het dauwpunt (metingen ingang **luchtzuiveringssysteem**) of op een temperatuur van 105 °C (metingen uitgang **luchtzuiveringssysteem**) te worden ingesteld. Bij toename van de temperatuur (> 105 °C) van het filterhuis kunnen ammoniumaërosolen van de filter vervluchtigen waardoor de gasvormige fractie NH₃ bijgevolg overschat wordt.

Een voorbeeld van een filterhouder voor vlakfilters bestaande uit borosilicaatglas en titanium is weergegeven in Figuur 15.



Figuur 15: Filterhouder voor vlakfilters

7.6 IMPINGERS OF WASFLESSEN

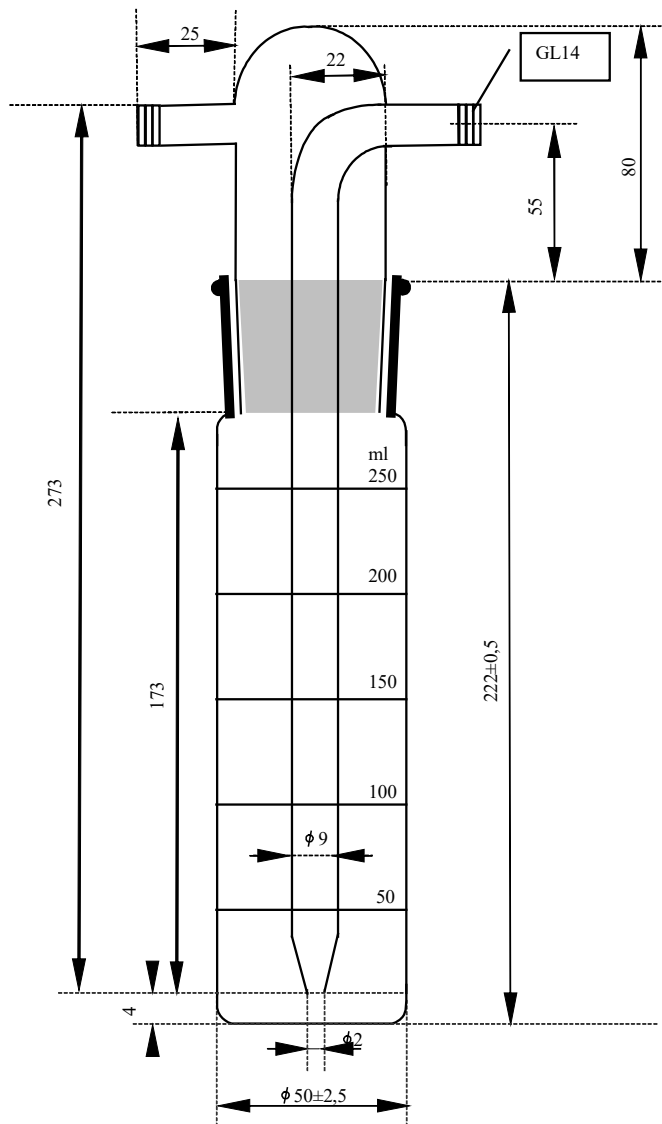
Impingers of wasflessen met frit (frit porositeit D1 of fijner) bestaande uit borosilicaat- of kwartsglas, polytetrafluoretheen (PTFE) of polyethyleen (PE) kunnen gebruikt worden.

De efficiëntie van de impingers of wasflessen moet minstens bij de gekozen monsternemingsuitrusting en monsternemingscondities (aanzuigdebiet, tijd) bepaald worden door afzonderlijke analyse van de absorptie-oplossing uit de laatste impinger/wasfles. Het gasdebiet, vulling met vloeistof, de vorm en diameter van de tip, en afstand tot de bodem zijn kritische parameters. De absorptie-efficiëntie moet ten minste 95% bedragen. Indien het criterium voor de absorptie-efficiëntie in de eerste wasfles niet gehaald kan worden bij zeer lage concentraties, dan dient de concentratie in de tweede wasfles beneden de bepalingslimiet te liggen.

In een door VITO uitgevoerde validatiestudie (Swaans et al, 2007) van gasvormig ammoniak in emissies, werd gebruik gemaakt van 2 impingers uit borosilicaatglas in serie elk met een volume van 250 ml per impinger. Een schets van de impingers is in Figuur 16 opgenomen. Beide impingers werden met ongeveer 100 ml absorptievloeistof gevuld. Bij de hoogst gegenereerde concentratie van $\approx 5000 \text{ mg/Nm}^3$ gasvormig NH_3 of $\approx 6600 \text{ ppm NH}_3$ werden drie impingers in serie geplaatst en werd de laatste impinger afzonderlijk geanalyseerd om eventuele doorbraak te controleren. In de derde impinger werd maximum 0,08% van de totaal bemonsterde hoeveelheid ammoniak gemeten. Tot een concentratie aan gasvormig NH_3 van 5000 mg/m^3 blijkt gebruik van twee impingers dus voldoende bij het geteste aanzuigdebiet van 5 l/min en een gebruikte hoeveelheid absorptievloeistof in de eerste 2 impingers na spoelen van $\approx 300 \text{ ml}$.

De impingers/wasflessen moeten gekoeld worden tot een temperatuur beneden $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Koude punten tussen filterhuis en impingers/wasflessen dienen vermeden te worden aangezien hierin ammoniak door condensatie kan achterblijven. Indien niet-verwarmde stukken in de koppeling tussen filterhuis en impingers/wasflessen voorkomen, dan dient deze leiding met absorptievloeistof gespoeld te worden. Deze spoelvloeistof wordt bij de eerste impinger/wasfles gevoegd.



Figuur 16: Schets van de impinger gebruikt bij de validatie van de meetmethode voor gasvormig ammoniak in emissies

7.7 MONSTERNEMINGSLEIDING

Bestaand uit glas, PTFE (polytetrafluoretheen), of polyethyleen. Rubberen leidingen mogen niet gebruikt worden.

7.8 EENHEID MET POMP EN DROGE GASMETER

Bij toepassing van de door het referentielaboratorium tijdens validatie gebruikte impingers wordt de pomp ingesteld op een aanzuigdebiet van circa 5 l/min. Vóór de pomp wordt een toestel geplaatst om water te verwijderen, een condensor of droger bijvoorbeeld. De pomp zelf moet lek dicht zijn.

Met een droge gasmeter voor of na de pomp wordt de hoeveelheid aangezogen gas geregistreerd.

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.

Indien de gasmeter na de pomp geplaatst is, dan kan de barometerdruk als absolute druk ter hoogte van de gasmeter gebruikt worden. Indien de gasmeter voor de pomp geschakeld is, dan moet de verschillendruk over de gasmeter eveneens in rekening worden gebracht.

7.9 BAROMETER

De atmosferedruk moet gekend zijn om het aangezogen gasvolume om te rekenen naar normaalomstandigheden. De maximum toegelaten uitgebreide meetonzekerheid is opgenomen in LUC/0/005.

[...] De barometer moet geschikt zijn om de atmosferische druk op de meetlocatie te meten, met een uitgebreide meetonzekerheid die niet groter is dan 1 kPa.

7.10 STAALNAMERECIPIËNTEN

Na de monsterneming wordt de absorptievloeistof uit de verschillende impingers/wasflessen ter plaatse onder zuivere omstandigheden overgebracht naar polyethyleen of glazen staalname-recipienten die afgesloten kunnen worden.

7.11 ABSORPTIEVLOEISTOF

Als absorptievloeistof wordt 0,1 N H₂SO₄ (analytische kwaliteit) voorgeschreven. Deze absorptieoplossing wordt bereid door al roerend langzaam 2,8 ml 96% zwavelzuur geconcentreerd toe te voegen aan een 1 l-maatkolf gevuld met ≈ 900 ml gedeïoniseerd water en vervolgens met water aan te lengen tot 1 liter. Alternatief kunnen eveneens geconcentreerde volumetrische oplossingen in ampoulevorm voor de bereiding van de absorptievloeistof 0,1 N H₂SO₄ door verdunning gebruikt worden.

8 MONSTERNEMINGSPROCEDURE

Maak een opstelling volgens Figuur 6 aan de ingang van het luchtwassysteem. De monsternemingsleidingen naar het verdeelstuk aan de ingang van het luchtwassysteem kunnen bijvoorbeeld met behulp van statieven opgehangen worden.

Indien er bij luchtzuiveringssystemen in de praktijk geen drukkamer aanwezig is of er geen meting mogelijk is, dan moet de meetmethodiek per installatie worden afgestemd. Mogelijk kunnen de meetmethodieken voor geleide emissies worden toegepast, voor zover er gaskanalen aanwezig zijn die de ventilatielucht naar het luchtbehandelingssysteem leiden. In dat geval moet aangetoond worden dat de ingaande gasstroom homogeen is. In situaties zonder dergelijke gaskanalen blijft een aanpak op maat noodzakelijk.

Kies de gepaste monsternemingsapparatuur voor de metingen aan de uitgang van **het luchtwassysteem** aan de hand van de voorafgaande indicatieve homogeniteitsmetingen (zie 6.2.2), de bereikbaarheid en de constructie van **het luchtwassysteem** en breng deze aan:

- Tenminste een opzetstuk tegen windinslag bij een homogeen **luchtwassysteem**
- Apparatuur voor simultane monsterneming op verschillende meetpunten van een groter deelopervlak (7.3.1) of monsterneming van een groter deelopervlak (7.3.2) bij een niet homogeen **luchtwassysteem**

De opstelling aan de uitgang van **het luchtwassysteem** wordt bepaald door de voorafgaande homogeniteitsbepaling.

Bij een bio-bed luchtbehandelingssysteem wordt een representatieve ammoniakconcentratiemeting volgens compendiumprocedure [LUC/III/003](#) uitgevoerd in de toegangsleiding naar het biobed.

Voor de homogeniteitsbepaling en het uitvoeren van NH₃-emissiemetingen aan de uitgang van bio-bed luchtbehandelingssystemen is LUC/VII/003 in combinatie met onderstaande stappen voor de meetopstellingen voor ammoniak van toepassing.

Foto's van de meetopstellingen aan de in- en uitgang dienen in het meetverslag opgenomen te worden.

Bij het opstellen van de monsternemingstrein **aan de uitgang van een luchtzuiveringssysteem** worden volgende stappen gevolgd:

- Reinig de sonde, aanzuigleiding en filterhouders vóór elke reeks metingen en installeer een filter in het filterhuis.
- Installeer de sonde in de verwarmingsmantel.
- Vul minimum 2 zuivere impingers of wasflessen met frit per trein met het vereiste volume absorptievloeistof (≈ 100 ml 0,1 N H₂SO₄ per wasfles).
- Stel de pompen in op een vast aanzuigdebiet van ≈ 3 -7 l/min (bij gebruik van de impingers gebruikt tijdens validatie door het referentielaboratorium); het aanzuigdebiet kan afhankelijk van de gebruikte impingers of wasflessen variëren.
- Maak de verbindingen tussen alle verschillende onderdelen (sonde, bij **luchtwassystemen** opzetstuk of rooster-filterhuis-leidingen-impingers (of wasflessen met frit)-pomp-**gasmeter**).

- Stel de temperatuur van de sonde (uitgang luchtzuiveringssysteem), filterhuis en (verwarmde) leidingen in en laat alles op temperatuur komen. Controleer de goede werking van de sonde en het filterhuis.
- Controleer de monsternemingstreinen vóór elke monsterneming op lekdichtheid. De monsternemingstrein wordt aan de ingang afgesloten en het lekdebiet mag maximaal 2% van het nominaal aanzuigdebiet bedragen.
- Tenminste 1 keer per dag moet een blanco van de uitrusting genomen worden.
- Breng de meetapparatuur aan in het eerste meetpunt of deelvlak aan de uitgang van **het luchtwassysteem**.
- Registreer de begin-gasmeterstand, de druk en de temperatuur ter hoogte van de gasmeters.
- Start gelijktijdig de pompen van de monsternemingstreinen aan de in- en uitgang van **het luchtzuiveringssysteem**. De totale monsternemingsduur bedraagt 30 minuten. Aan de uitgang van **het luchtzuiveringssysteem** dient de monsternemingsduur evenredig verdeeld te worden over het totaal aantal meetpunten/deelvlakken (bv 5 minuten per meetpunt). Tijdens een wissel naar een ander meetpunt wordt de pomp tijdelijk gestopt. De monsterneming aan de ingang van **het luchtzuiveringssysteem** blijft hierbij doorlopen.
- De monsterneming aan de uitgang van **een luchtwassysteem** wordt uitgevoerd in minimum 6 punten (homogeen **luchtwassysteem**) of in een minimum aantal deelvlakken (zie Tabel 2) die samen minstens 10% van het totale oppervlak uitmaken en bij **luchtwassystemen** tot 40 m² 4 deelvlakken van minstens 1 m², gelijkmatig verspreid over **het luchtwassysteem**. Het aantal deelvlakken, gelijkmatig verspreid over de volledige oppervlakte kan hierbij verhoogd worden, met inachtneming van een totale oppervlakte van minimaal 4 m². **Voor metingen aan de uitgang van een biobed luchtbehandelingssysteem wordt doorverwezen naar LUC/VII/003.**
- Controleer het aanzuigdebiet en noteer regelmatig druk en temperatuur aan de gasmeters; eventueel kan ook een monsternemingseenheid met gasmeter gebruikt worden die de gemiddelde temperatuur over de ganse monsterneming registreert.
- Stop de pompen aan de in- en uitgang van **het luchtzuiveringssysteem** nadat alle meetpunten aan de uitgang van **het luchtzuiveringssysteem** bemonsterd zijn.
- Registreer de eind-gasmeterstanden alsook de druk en temperatuur aan de gasmeters.
- Koppel de impingers/wasflessen met aanzuigleiding los van de sonde; indien niet verwarmde leidingen in de koppeling tussen filterhuis en impingers/wasflessen voorkomen, dan dienen deze leidingen met absorptievloeistof gespoeld te worden. Deze spoelvloeistof wordt bij in de eerste impinger/wasfles opgevangen.
- De inhoud van de verschillende impingers/wasflessen wordt ter plaatse overgebracht naar 1 of meerdere staalname-recipienten. Voor een test van de absorptie-efficiëntie moet de inhoud van de eerste impinger/wasfles naar een afzonderlijk monsternemingsrecipient overgebracht voor latere analyse in het laboratorium. Het gewicht aan absorptievloeistof wordt tot op 1 g nauwkeurig bepaald door weging van de staalnamepotten voor en na monsterneming. Alternatief kan de hoeveelheid absorptie-vloeistof eveneens volumetrisch (tot op 1 ml nauwkeurig) bepaald worden met een gekalibreerde maatcilinder.

9 ANALYSE

Volgende methoden voor analyse van ammonium of ammonium-stikstof in de absorptie-oplossing kunnen toegepast worden:

- Fotometrische bepaling van ammonium volgens WAC/III/E/020/ISO 7150
- Bepaling van ammonium met ionchromatografie (EPA CTM-027, ISO 14911)

- Bepaling van ammonium-stikstof met doorstroomanalyse (CFA en FIA) en spectrofotometrische detectie (WAC/III/E/021, ISO 11732)
- Bepaling van ammonium met een discreet analysesysteem en spectrofotometrische detectie (WAC/III/C/002, ISO 15923-1)

De kalibratiestandaarden bij de analyse moeten steeds worden aangemaakt in eenzelfde medium als waarin de stalen gemeten worden, indien het medium invloed heeft. In ieder geval dient bij iedere analysereeks steeds een controlestandaard in het medium van de stalen meegenomen te worden.

Bij toepassing van een discreet analysesysteem, dient per meetplaats minstens éénmalig en bij elke belangrijke proceswijziging aangetoond te worden dat er geen matrixinterferentie is door:

- Analyse van het staal met minimum 1 dopering waarvan de bias t.o.v. de theoretische waarde max. 10% mag bedragen.
- Het uitvoeren van minstens 2 verdunningen van hetzelfde monster waarvan de verdunningsfactor minstens een factor 2 verschilt resulterend in 2 meetresultaten binnen het meetgebied die max. 10% van elkaar verschillen.

Het toepassingsbereik van de rendementsbepaling wordt bepaald door de bepalingsgrens van de analysemethode. In de meeste praktijksituaties zal een bepalingsgrens van maximum 0,5 mg NH₃/l toereikend zijn. Deze analytische bepalingsgrens komt met een volume absorptievloeistof na spoelen van 220 ml en een aangezogen volume van 0,150 Nm³dr overeen met ≈ 1 ppm NH₃ in de gasstroom. Indien aan de uitgang van **het luchtzuiveringssysteem** een concentratie gemeten wordt die beneden deze bepalingsgrens ligt, dan kan pas een rendement van minimum 70% aangetoond worden vanaf een ingaande concentratie die gelijk is aan 3,3 ppm of meer. In de praktijk zal de concentratie aan gasvormig NH₃ aan de ingang van **het luchtzuiveringssysteem** meestal veel hoger liggen. Voor een **ammoniakverwijderingsrendementsbepaling** bij **een luchtzuiveringssysteem** met een lagere ingangconcentratie, dient de bepalingsgrens van de analysemethode verlaagd te worden.

10 BEREKENINGEN

10.1 AANGEZOGEN GASVOLUME ONDER NORMAALOMSTANDIGHEDEN

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

$$V_{T,p} = V_1 - V_0$$

met	V ₁ :	de stand van de gasmeter na de monsterneming in m ³
	V ₀ :	de stand van de gasmeter voor de monsterneming in m ³
	V _n :	volume onder normaalcondities (p _n = 1013,25 hPa, T _n = 273,15 K) in m ³ , droog
	V _{T,p} :	volume onder actuele condities van temperatuur en druk in m ³ , droog
	T:	is de actuele temperatuur aan de gasmeter in K
	p:	is de totale druk aan de gasmeter in hPa (dit is de atmosferedruk+de verschildruk over de gasmeter); indien de gasmeter na de pomp staat, dan is de druk in de gasmeter gelijk aan de atmosferedruk.

10.2 GASVORMIG NH₃

De concentraties aan gasvormig ammoniak gemeten aan de in- en de uitgang van **het luchtzuiveringssysteem**, worden met onderstaande formules berekend.

Bij analyse van ammonium in de absorptie-vloeistof:

$$C_{\text{NH}_3(\text{gas})} = \frac{C(\text{NH}_4^+) \times a \times \frac{17}{18}}{V_n}$$

Bij analyse van stikstof in de absorptie-vloeistof:

$$C_{\text{NH}_3(\text{gas})} = \frac{C(\text{N}) \times a \times \frac{17}{14}}{V_n}$$

$$a = \frac{m_1 - m_0}{\rho}$$

met:

$C_{\text{NH}_3(\text{gas})}$:	de concentratie aan gasvormig ammoniak in de gasstroom bij normaaldruk en -temperatuur (resp. 1013,25 hPa en 273,15 K), in mg per m ³ (droog)
$C_{(\text{NH}_4^+)}$:	de gemeten NH ₄ ⁺ -concentratie in de absorptieoplossing uit de impingers of wasflessen met frit in mg/ml
$C_{(\text{N})}$:	de gemeten N-concentratie in de absorptieoplossing uit de impingers of wasflessen met frit in mg/ml
a :	het totale volume van de absorptievloeistof in ml
m_1 :	het gewicht van het monsternamereciënt met absorptievloeistof, in g
m_0 :	het leeg gewicht van het monsternamereciënt, in g
ρ :	de dichtheid van water het staal in kg/l
V_n :	het aangezogen gasvolume, in Nm ³ (droog)

10.3 RENDEMENT VAN HET LUCHTZUIVERINGSSYSTEEM

Het verwijderingsrendement van ammoniak door **het luchtzuiveringssysteem of combinatie van luchtzuiveringssystemen** η wordt met volgende formule berekend en moet minimaal 70% bedragen:

$$\eta = \frac{C_{\text{NH}_3 \text{ ingang}} - C_{\text{NH}_3 \text{ uitgang}}}{C_{\text{NH}_3 \text{ ingang}}} \times 100\%$$

Waarbij

$C_{\text{NH}_3(\text{ingang})}$:	de concentratie gasvormig NH ₃ (mg/Nm ³ droog) gemeten aan de ingang van het luchtzuiveringssysteem (temperatuur filter en aanzuigleidingen boven het dauwpunt van de ventilatielucht)
------------------------------------	---

C_{NH_3} (uitgang): de concentratie gasvormig NH_3 (mg/Nm^3 droog) gemeten aan de uitgang van **het luchtzuiveringssysteem** (temperatuur sonde met out-stack filter en verwarmde leidingen op $105\text{ }^\circ\text{C}$)

Voor een rendementsbepaling moeten drie metingen van de ammoniakconcentratie in de ventilatielucht aan de in- en uitgang van **het luchtzuiveringssysteem** tijdens de piekbelasting van **het luchtzuiveringssysteem** uitgevoerd worden. Het gemiddelde van deze drie metingen bepaalt het verwijderingsrendement van **het luchtzuiveringssysteem**. Conform bijlage II van MB mag het gemeten verwijderingsrendement maximaal 5% lager liggen dan het vereiste rendement van 70%.

11 AANDACHTSPUNTEN

- De homogeniteit van de ammoniakconcentratie aan de uitgang van **het luchtwassysteem** dient voorafgaand aan de eigenlijke metingen steeds indicatief bepaald te worden met gasdetectiebuisjes. Alternatief kan hiervoor eveneens een online monitor of NH₃ sensor gebruikt worden. De herhaalbaarheid dient gecontroleerd te worden en mag maximaal 10% bedragen. Een schema of foto van het waspakket met aanduiding van de genummerde meetpunten van deze homogeniteitscontrole alsook een tabel met de meetresultaten dienen in het meetverslag opgenomen te worden.
- De monsternemingsmethode wordt gekozen in functie van de homogeniteit en de bereikbaarheid van **het luchtwassysteem**. Bij niet homogene **luchtwassystemen** dient minimaal 10% van het volledig oppervlak bemonsterd te worden. **Voor bepaling van de homogeniteit en metingen aan de uitgang van een biobed luchtbehandelingsstelsel is LUC/VII/003 van toepassing.**
- Windinslag van buitenaf moet tijdens de metingen zoveel mogelijk vermeden worden.
- Aangezien de ventilatielucht aan de uitgang van **het luchtwassysteem** kleine waterdruppels kan bevatten, moet met verwarmde sondes/leidingen gewerkt worden. De temperatuur wordt ingesteld op 105 °C. Bij deze temperatuur treedt geen condensatie op en is de verdamping van ammoniumzouten van de filter minimaal.
- De ventilatielucht voor en na **het luchtzuiveringstelsel** moet steeds gefilterd worden om ammoniumaërosolen en stof af te scheiden.
- Een beschrijving van de gevolgde meetmethodiek, een schematische voorstelling van de (genummerde) meetpunten of meetvlakken en een verduidelijking aan de hand van foto's **moeten** in het rapport opgenomen worden.
- De voorwaarden voor uitvoering van de lekttest staan beschreven in de compendiumprocedure LUC/0/005 "Essentiële kwaliteitsvereisten bij emissiemetingen".
- Bij iedere rendementsbepaling moet één veldblanco van de aan de uitgang gebruikte apparatuur genomen, geanalyseerd en gerapporteerd worden. Bedoeling van de veldblanco is om de zuiverheid van de gebruikte apparatuur en absorptievloeistof te testen. Bij rendementsbepalingen bij verschillende **luchtzuiveringssystemen** op eenzelfde locatie volstaat het nemen van 1 veldblanco indien de metingen worden uitgevoerd met materiaal dat op eenzelfde moment en volgens eenzelfde procedure werd voorbereid.
- De veldblanco kan op 2 manieren genomen worden. In beide gevallen wordt de volledige opstelling voor de monsterneming aan de uitgang van **het luchtzuiveringstelsel** gemonteerd:
 - Methode 1: ofwel wordt 2 minuten omgevingslucht- iets verder weg van **het luchtzuiveringstelsel** en niet in de wind -doorheen de opstelling gezogen. Daarna wordt de inhoud van de impingers/wasflessen naar staalnamerecipiënten overgebracht (=veldblanco-staal) en wordt de opstelling opnieuw klaargemaakt voor de eigenlijke bemonstering aan de uitgang.
 - Methode 2: er wordt een lekttest op de opstelling uitgevoerd dwz dat de volledige opstelling wordt afgedicht en dat de gasmeter gestart wordt. Na uitvoering van de lekttest op de veldblanco-opstelling, wordt de inhoud van de impingers/wasflessen naar staalnamerecipiënten overgebracht (=veldblanco-staal) en wordt de opstelling opnieuw klaargemaakt voor de eigenlijke bemonstering aan de uitgang.

Volgende criteria gelden voor de veldblanco:

- concentratie aan gasvormig NH_3 aan de uitgang < 10 ppm: de veldblanco mag maximum 1 ppm bedragen
 - concentratie aan gasvormig NH_3 aan de uitgang ≥ 10 ppm: de veldblanco mag maximum 10% bedragen
- Afwijkingen van deze compendiumprocedure en de redenen daarvoor moeten onderbouwd worden en in het meetrapport opgenomen worden.

12 VALIDATIE

12.1 VALIDATIE VAN DE NATCHEMISCHE MONSTERNEMING

De natchemische monsterneming van gasvormig ammoniak in zwavelzuur werd in 2007 door het referentielaboratorium gevalideerd bij concentraties van $\approx 0,5$, 10, 50 en 5000 mg NH_3/Nm^3 . Hierbij werd gebruik gemaakt van twee impingers gevuld met ≈ 100 ml 0,1 N H_2SO_4 , een aanzuigdebiet van 5 l/min en een monsternemingsduur van 30 minuten. De invloed van koeling van de impingers, concentratie van de absorptie-oplossing (0,01 N in plaats van 0,1 N H_2SO_4) en variatie van het aanzuigdebiet tussen 3 en 7 l/min werd onderzocht. Er werden geen significante invloeden op een 95% betrouwbaarheidsniveau van koeling, aanzuigdebiet en concentratie van de absorptie-oplossing in het geteste gebied vastgesteld. Alle monsternemingen leverden een goede terugvinding ten opzichte van de aangemaakte NH_3 -concentratie ($> 93\%$) en spreiding ($< 5,6\%$) op.

In een tweede deel van de validatiestudie werd de vervluchtiging van ammoniumzouten op de filter onderzocht. Kwartsvezel vlakfilters werden met verschillende ammoniumzouten NH_4Cl , NH_4NO_3 en $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ beladen en in een monsternemingssonde gemonteerd. Temperaturen in de sonde en het filterhuis werden voor de filtertesten op 105 °C tot 160 °C ingesteld en er werd telkens gedurende 30 minuten omgevingslucht aan een debiet van 5 l/min over de filters gezogen zoals bij NH_3 -praktijkmetingen. Tijdens de filtertesten werd een natchemische monsternemingstrein voor gasvormig ammoniak na de filter geplaatst om vluchtige ammoniumverbindingen te meten. Bij drie temperaturen (105 °C, 130 °C en 160 °C) werden de testen eveneens herhaald en werd na de filter met een NEO LaserGas NH_3 -monitor gemeten. Deze monitor meet enkel gasvormig ammoniak in tegenstelling tot de natchemische monsternemingsmethode waarbij zowel gasvormig ammoniak als vluchtige ammoniumverbindingen als ammoniumionen in de absorptievloeistof geabsorbeerd worden.

Uit de filtertesten bleek dat bij NH_4Cl en NH_4NO_3 vanaf 105 °C reeds vervluchtiging van de zouten van de filter optreedt. Bij 105 °C blijven deze verliezen beperkt, bij 160 °C is reeds meer dan 60% van de zoutmassa van de filter verdwenen. Bij NH_4Cl en NH_4NO_3 wordt met de monitor geen gasvormig NH_3 na de filters gemeten. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ontbindt bij hogere temperaturen (160 °C) met vrijstelling van gasvormig NH_3 . Bij 105 °C wordt praktisch geen verlies van dit laatste zout vastgesteld. Uit deze testen werd de filtratietemperatuur van 105 °C voor de monsterneming van gasvormig NH_3 afgeleid.

12.2 HOMOGENITEIT LUCHTWASSYSTEMEN

Bij de meeste bestaande **luchtwassystemen** gebeurt de emissie van de gezuiverde stallucht niet via een geleidend kanaal maar via een emitterend oppervlak. Omwille van mogelijke

concentratieverschillen over het volledig oppervlak en dus niet-homogeniteit dient er volgens LUC/0/001 in principe een arbeidsintensieve rastermeting in plaats van een éénpuntsmeting uitgevoerd te worden.

Ammoniakmetingen met een NEO lasergas NH₃-monitor bij verschillende types van **luchtwassystemen** werden door VITO uitgevoerd om:

- de homogeniteit van verschillende types van **luchtwassystemen** in kaart te brengen; hierbij werd getracht om **luchtwassystemen** te selecteren waar een mogelijke niet-homogeniteit te verwachten was;
- na te gaan op hoeveel meetpunten/deelopervlakken minimaal moet bemonsterd worden zodat een staal bekomen wordt dat representatief is voor het totaal emitterend oppervlak;
- na te gaan of de gemeten concentratie aan gasvormig NH₃ beïnvloed wordt indien een groter oppervlakte wordt afgedekt (bijvoorbeeld bij gebruik van een box met plastic); door gebruik te maken van een dergelijk systeem kunnen verdunningseffecten door windeffecten vermeden of geminimaliseerd worden.

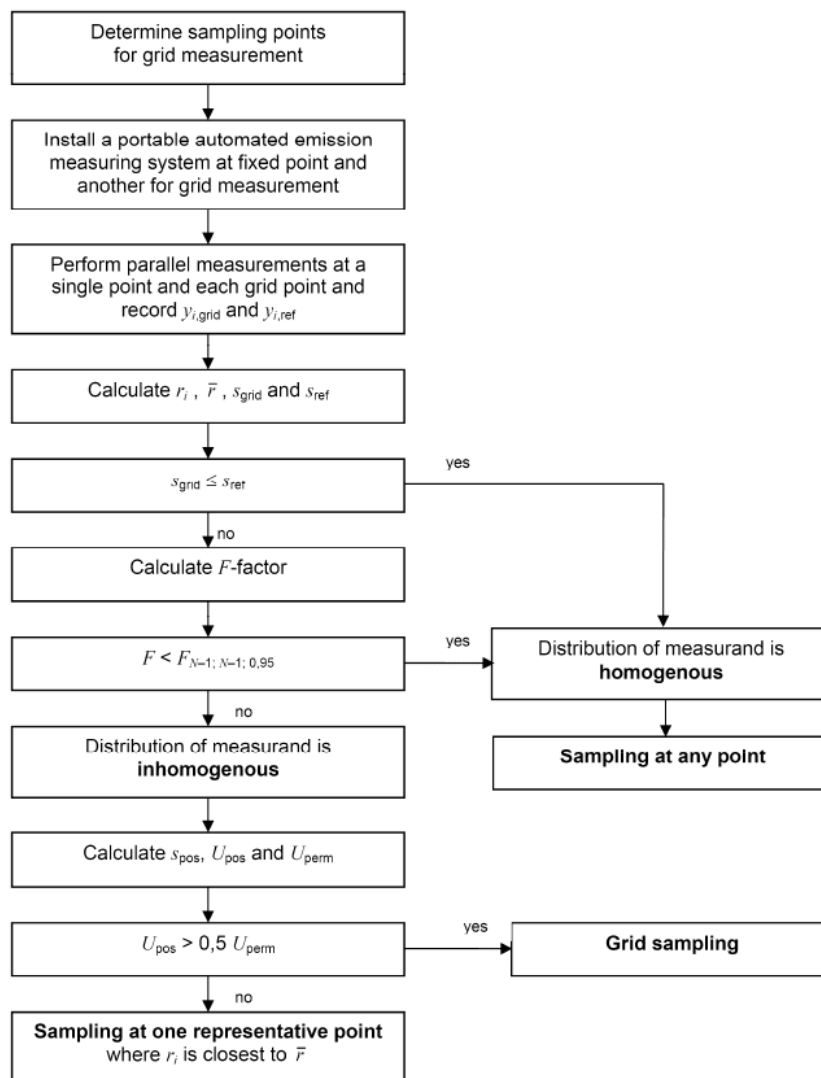
Op in totaal 5 **luchtwassystemen** bij varkensstallen, 4 biologische en 1 chemisch, werden in 2011 homogeniteitsmetingen door het referentielaboratorium uitgevoerd.

Voor de uitvoering van de rastermetingen werd gebruik gemaakt van een PVC-buis met een diameter van ≈ 15 cm om deelopervlakken verspreid over het totale oppervlak van **het luchtwassysteem** als geleide emissie te bemonsteren (zie Figuur 17).



*Figuur 17: Homogeniteitsmetingen met een Lasergas-monitor op een biologisch **luchtwassysteem***

Om aan te tonen of een **luchtwassysteem** al dan niet homogeen is, wordt een homogeniteitstest conform de norm EN 15259:2007 (Luchtkwaliteit- Meting van emissies van stationaire bronnen – Eisen voor meetvlakken en meetlocaties en voor doelstelling, meetplan en rapportage van de meting) uitgevoerd. De meetstrategie ter bepaling van de (niet-)homogeniteit van een meetoppervlak volgens deze norm en de statistische evaluatie wordt schematisch weergegeven op Figuur 18. De meetstrategie bestaat uit het uitvoeren van rastermetingen enerzijds en metingen in een vast referentiepunt anderzijds en het vergelijken van de spreiding (standaardafwijking) op de gemiddeld gemeten concentraties van de rastermetingen (" s_{grid} ") en in het referentiepunt (" s_{ref} "). De standaardafwijking op de gemiddeld gemeten concentratie aan gasvormig NH₃ in het referentiepunt is een maat voor de variatie van de concentratie in de tijd. Indien de variantie door plaats (s^2_{grid}) volgens een F-test significant groter is dan de variantie in het referentiepunt (s^2_{ref}), dan is de sectie niet homogeen.



Figuur 18: Schematische weergave van de homogeniteitstest conform EN 15259

Tabel 3 geeft een overzicht van de resultaten bij de verschillende **luchtwassystemen**. De ligging van de meetpunten en de gemeten concentraties aan gasvormig NH₃ over het wasoppervlak worden per **luchtwassysteem** weergegeven in Figuur 19 tot en met Figuur 23.

Tabel 3: Overzicht van de resultaten van de homogeniteitstest

Type luchtwassysteem	Lokatie	Afmetingen (≈)	Aantal raster meetpunten	Homogeen volgens test ?
Biologisch	Tielt	B: 4,5 m H: 2 m S: 9 m ²	8	Neen
Chemisch	Rijkevorsel	B: 6 m H: 2,5 m S: 15 m ²	12	Ja
Biologisch	Hoogstraten	B: 20 m H: 3 m S: 60 m ²	20	Ja
Biologisch	Pittem	B: 4,5 m H: 2 m S: 9 m ²	6	Neen*
Biologisch	Tessenderlo	2 gedeelten <u>Deel links:</u> B: 5 m H: 2,5 m <u>Deel rechts:</u> B: 3 m H: 2,5 m S totaal: 20 m ²	9	Neen (sterk niet homogeen)

B: breedte; H: hoogte; S: oppervlakte

* voor de homogeniteitsmetingen was geen hoogtewerker beschikbaar. Hierdoor was het enkel mogelijk om een verwarmde **PTFE**-leiding aan een verlengstuk te bevestigen en de opening van de leiding voor **het luchtwassysteem** te houden. Deze metingen zijn indicatief aangezien de meetpunten niet voldoende konden afgeschermd worden tegen windinslag en de (harde) wind pal op **het luchtwassysteem** stond.

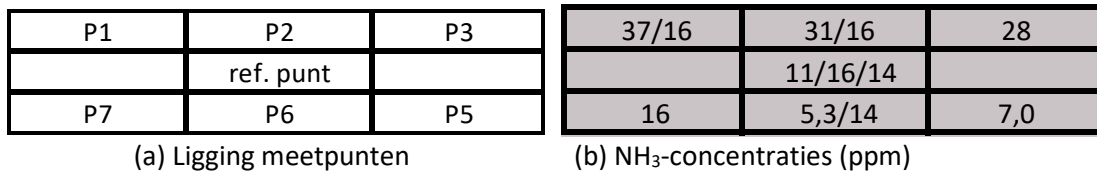
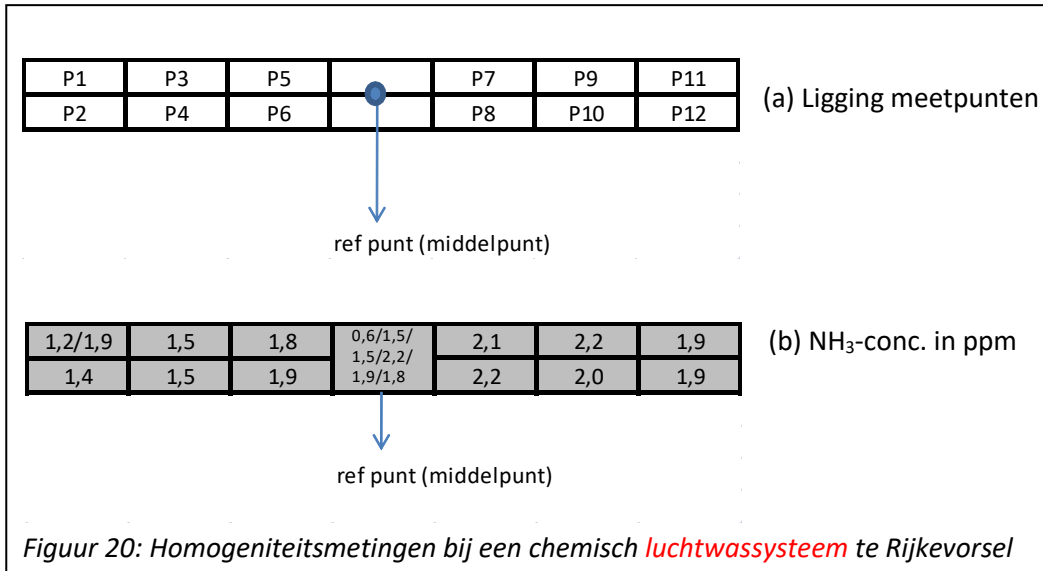
P1	P4	P7
P2	ref. punt	P8
P3	P6	P9

(a) Ligging meetpunten

1,1/1,7	3,5	2,5
1,3	1,3/1,9	2,3
2	1,2	2,3

(b) NH₃-concentraties (ppm)

Figuur 19: Homogeniteitsmetingen bij een biologisch **luchtwassysteem** te Tielt



*Figuur 21: Homogeniteitsmetingen bij een biologisch **luchtwassysteem** te Pittem*



P5	P3	P1			P6	P8
			ref. punt			
	P4	P2			P7	P9

(a) Ligging van de meetpunten

13,9	12,5	4,9			3,1	2,7
			4,1±0,8			
	10,3	7,3			2,3	1,4

(b) gemeten NH₃-concentraties in ppmFiguur 23: Homogeniteitsmetingen bij een biologisch *luchtwassysteem* te Tessenderlo

12.3 VERGELIJKING VAN VERSCHILLENDE MONSTERNEMINGSSYSTEMEN

Bij het biologisch *luchtwassysteem* in Hoogstraten werd eveneens een vergelijking gemaakt tussen de concentratie aan gasvormig NH₃ gemeten met een box (zie Figuur 24) en de concentraties aan gasvormig op enkele kleinere deelopervlakken. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 4. De met de box gemeten concentratie aan gasvormig NH₃ over een groter oppervlak is vergelijkbaar met de metingen op de kleinere deelopervlakken.

Figuur 24: NH₃ meting met box

Op een ander **luchtwassysteem** werd een vergelijking gemaakt tussen een meting met een pyramidevormige hoed en 6 monsternemingen op hetzelfde grondoppervlak met Dräger gasdetectiebuisjes. Deze resultaten zijn eveneens opgenomen in Tabel 4. Er werden geen significante verschillen gedetecteerd.

Tabel 4: Vergelijking van monsternemingsmethoden voor kleinere en grotere deeloppervlakken

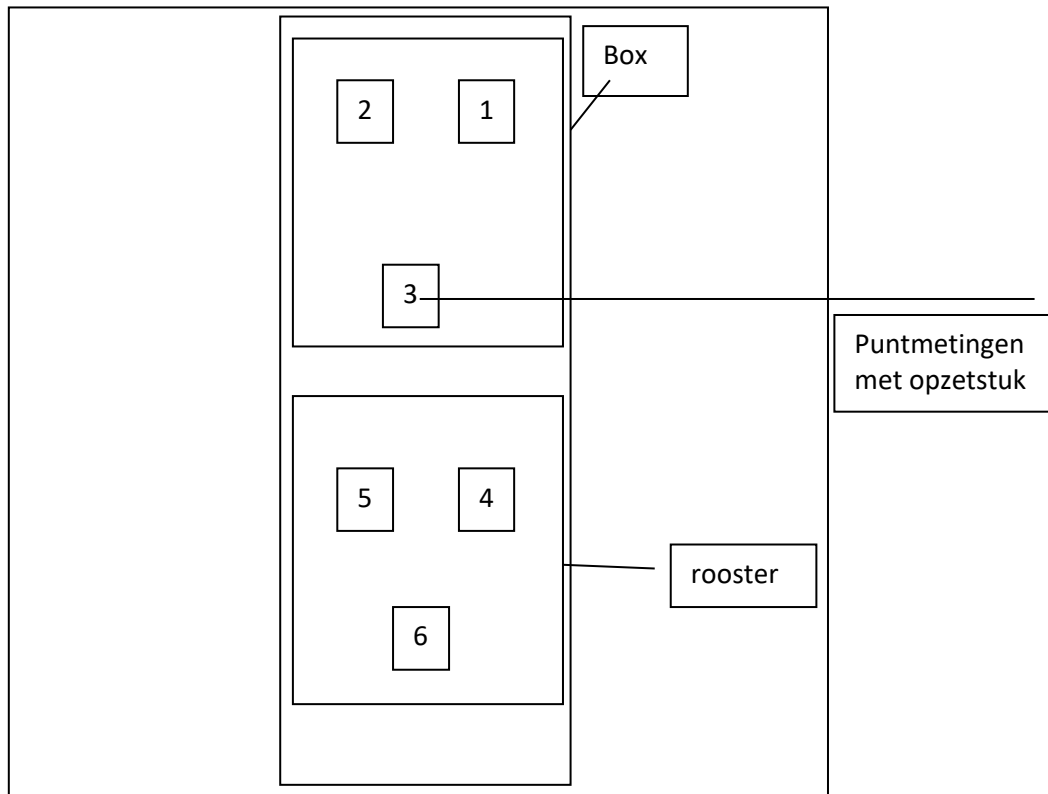
Meetplaats	Monsterneming en analyse	Tijdstip monsterneming	NH ₃ -concentratie (ppm)
Biologisch luchtwassysteem 1			
1	Met opzetstuk met $\phi = 15$ cm Lasermonitor	12h14-12h20	11,5
2	Met opzetstuk met $\phi = 15$ cm (zie Figuur 5) Lasermonitor	12h21-12h27	12,5
Groter deeloppervlak (punten 1 en 2 maken deel uit van het totale oppervlak van $\approx 2,25$ m ²)	Box (zie Figuur 24) Lasermonitor	12h31-12h38	12,5-13
Biologisch luchtwassysteem 2			
1	Puntmetingen met Dräger gasdetectiebuisjes (type 0,25/a van 0,25-3 ppm)		2,0
2			1,9
3			2,1
4			1,8
5			1,8
Groter deeloppervlak over punten 1 tem 5	Pyramide +Dräger gasdetectiebuisje		1,8

Een vergelijking tussen verschillende monsternemingssystemen werd eveneens uitgevoerd op een biologisch **luchtwassysteem** in Ravels. Hierbij werden volgende systemen voor bemonstering van kleine en grotere deeloppervlakken vergeleken:

- Een box met een oppervlakte van 1,8 m²
- Een rooster dat simultane monsterneming op verschillende punten over een totaal oppervlak van ≈ 1 m² mogelijk maakt
- 6 metingen met opzetstuk (diameter ≈ 15 cm) verspreid over het oppervlak dat met box bemonsterd wordt

In Figuur 25 is een schema met de bemonsterde punten en oppervlakken weergegeven. Dit bemonsteringsschema werd op 2 verschillende delen van de **luchtwassysteem** toegepast. Tijdens de metingen werd regelmatig naar een referentiepunt teruggekeerd om de fluctuaties van de concentratie aan gasvormig NH₃ in functie van de tijd op te volgen.

De concentraties aan gasvormig NH₃ werden gemeten met een NEO Lasergas monitor. De resultaten zijn opgenomen in Tabel 5. Er werden geen significante verschillen tussen de verschillende monsternemingssystemen vastgesteld.



*Figuur 25: Vergelijkende metingen met verschillende monsternemingssystemen op een biologisch **luchtwassysteem** te Ravels*

Tabel 5: Vergelijking van monsternemingsmethoden voor kleinere en grotere deelopervlakken op een *luchtwassysteem* in Ravels

Monsternemings-systeem	Gem. conc ppm NH ₃ LaserGas monitor	Standaardafwijking ppm NH ₃	%rsd
Metingen deel 1 luchtwassysteem			
BOX (meting begin)	9,8		
BOX (meting einde)	10,5		
Gemiddelde BOX	10,2	0,5	4,9
PUNT1	12,6		
PUNT2	10,2		
PUNT3	11,9		
PUNT4	12,0		
PUNT5	9,7		
PUNT6	9,5		
Gem. punten 1 t.e.m 6	11,0	1,3	12,2
ROOSTER-onder	10,8		
ROOSTER-boven	11,8		
Gemiddelde ROOSTER	11,3	0,7	6,3
Gemiddelde conc. in het referentiepunt	12,7	0,5	4,0
Metingen deel 2 luchtwassysteem			
BOX (meting begin)	11,1		
BOX (meting einde)	11,5		
Gemiddelde BOX	11,3	0,3	2,5
PUNT1	11,3		
PUNT2	12,6		
PUNT3	12,0		
PUNT4	13,0		
PUNT5	12,1		
PUNT6	9,6		
Gem. punten 1 t.e.m 6	11,8	1,2	10,3
ROOSTER-onder	11,8		
ROOSTER-boven	12,5		
Gemiddelde ROOSTER	12,2	0,5	4,1
Gemiddelde conc. in het referentiepunt	13,0	0,5	3,6

% rsd: relatieve standaardafwijking (= standaardafwijking/gemiddelde *100%)

12.4 HERHAALBAARHEID VAN INDICATIEVE METINGEN MET GASDETECTIEBUISJES

Onder 6.2.2 wordt voorgeschreven dat de homogeniteit van een **luchtwassysteem** voorafgaand van de meting moet gecontroleerd worden met gasdetectiebuisjes. Indien de spreiding op de gemeten concentratie op 6 verschillende punten binnen 30% blijft, wordt het **luchtwassysteem als homogeen beschouwd** en volstaat het om in 6 punten metingen uit te voeren. Om na te gaan of gasdetectiebuisjes voor dit doeleinde gebruikt kunnen worden, werd de herhaalbaarheid door het referentielaboratorium geverifieerd. Met herhaalbaarheid wordt bedoeld de precisie verkregen bij uitvoering van alle betreffende metingen door dezelfde analist, met dezelfde meetapparatuur, op zo dicht mogelijk bij elkaar gelegen tijdstippen. De gebruikelijke maat is de herhaalbaarheidsstandaardafwijking of de relatieve standaardafwijking in %.

Aan de in- en uitgang van een **luchtwassysteem** werden door het referentielaboratorium onverdunde stalen in gaszakken bemonsterd. In het laboratorium werden vanuit die gaszakken herhaaldelijk monsternemingen met gasdetectiebuisjes uitgevoerd om de herhaalbaarheid te bepalen. De resultaten zijn samengevat in Tabel 6.

Tabel 6: Herhaalbaarheid van metingen met gasdetectiebuisjes

ZAK 1 Uitgang luchtwassysteem		ZAK 2 Uitgang luchtwassysteem	
Gasdetectiebuisje (type Dräger 0,25/a)	NH ₃ -concentratie (ppm)	Gasdetectiebuisje (type Dräger 0,25/a)	NH ₃ -concentratie (ppm)
1	1,9	1	1,9
2	2,0	2	2,0
3	1,9	3	1,8
4	1,9	4	1,8
5	1,8	5	1,9
Gemiddelde	1,9	Gemiddelde	1,9
stdev	0,1	stdev	0,1
% rsd	3,7	% rsd	4,5
ZAK 1 Ingang luchtwassysteem		ZAK 2 Ingang luchtwassysteem	
Gasdetectiebuisje (type Dräger 5/b)	NH ₃ -concentratie (ppm)	Gasdetectiebuisje (type Dräger 5/b)	NH ₃ -concentratie (ppm)
1	24	1	26
2	25	2	25
3	24	3	26
4	25	4	26
5	24	5	26
Gemiddelde	24,4	Gemiddelde	25,8
stdev	0,5	stdev	0,4
% rsd	2,2	% rsd	1,7

Stdev: standaardafwijking; rsd: relatieve standaardafwijking als maat voor de herhaalbaarheid

13 MEETONZEKERHEID

13.1 MEETONZEKERHEID VAN DE NATCHEMISCHE BEPALING VAN DE CONCENTRATIE GASVORMIG NH₃ IN EMISSIES

In 2007 werd validatie van de natchemische bepaling van NH₃ in emissies onder laboratoriumcondities door het referentielaboratorium uitgevoerd (Swaans et al, 2007). In deze studie werd een gasstroom met verschillende concentraties aan gasvormig NH₃ van $\approx 0,5$ tot 5000 mg/Nm³dr (0,7 tot ongeveer 6600 ppm NH₃) gegenereerd en bemonsterd met de natchemische monsternemingsmethode voor gasvormig NH₃ volgens procedure LUC/III/003. In het concentratiegebied van 0,5 tot 50 mg NH₃/Nm³dr of 0,7 tot 66 ppm NH₃, kon uit deze validatietesten een uitgebreide meetonzekerheid volgens de “top-down methode” conform procedure WAC/VI/A/002 berekend worden van maximum 11%. Deze meetonzekerheid omvat de afwijking ten opzichte van de werkelijk aangemaakte NH₃-concentratie (bias) en de spreiding op de herhaalmetingen die op ieder concentratieniveau werden uitgevoerd (standaardafwijking s).

13.2 MEETONZEKERHEID OP DE CONCENTRATIE GASVORMIG NH₃ AAN DE UITGANG VAN HET LUCHTWASSYSTEEM

Tijdens de homogeniteitsmetingen op de verschillende luchtwassystemen, werden concentratiemetingen van gasvormig NH₃ op 6 tot 20 meetpunten door het referentielaboratorium uitgevoerd. Voor de **luchtwassystemen** met meer dan 6 meetpunten, werden gemiddelde NH₃-concentraties berekend voor alle combinaties van 6 meetpunten die gelijkmatig verdeeld zijn over het oppervlak.

De meetonzekerheid die geïntroduceerd wordt door het meten op een beperkter aantal meetpunten (6) in plaats van op alle meetpunten, werd vervolgens berekend als de som van:

- De maximale afwijking van het gemiddelde van de 6 punten ten opzichte van het gemiddelde van alle meetpunten (=bias);
- De spreiding op de gemiddelde concentraties van de verschillende combinaties van zes meetpunten gelijkmatig verdeeld over het oppervlak

Een overzicht van de meetonzekerheid voor de verschillende **luchtwassystemen** is opgenomen in Tabel 7.

Tabel 7: Meetonzekerheid ten gevolge van een monsterneming op een beperkt aantal meetpunten

Luchtwassysteem	Aantal raster-meetpunten	Homogeen op basis van EN 15259	rsd op alle punten	Meetonzekerheid: max % bias + 2 x %rsd (op gem. van 6 punten)
Rijkevorsel	12 (+ herhaling in 1 meetpunt)	Ja	19%	13%
Hoogstraten	20	Ja	13%	12%
Tielt	8 (+ herhaling in 1 meetpunt)	Neen	41%	13%
Tessenderlo	9	Neen	73%	86%
Pittem	6	Neen	63%	-*

* er werden slechts 6 punten bemonsterd

Uit Tabel 7 blijkt dat de meetonzekerheid ten gevolge van de monsterneming in een beperkter aantal meetpunten (6) bij de homogene **luchtwassystemen** beperkt blijft tot 13%. Bij de niet homogene **luchtwassystemen** zal het meten in een dergelijk beperkt aantal meetpunten voor een veel grotere meetonzekerheidsbijdrage zorgen. In het concrete voorbeeld van Tessenderlo wordt een onzekerheidsbijdrage van 86% vastgesteld.

De totale uitgebreide meetonzekerheid (95% betrouwbaarheidsniveau) op de concentratie gasvormig NH₃ in de ventilatielucht aan de uitgang van een **luchtwassysteem** kan voor een homogeen **luchtwassysteem** berekend worden uit de combinatie van:

- de uitgebreide meetonzekerheid op de natchemische bepaling van de [...] concentratie gasvormig NH₃-in emissies (het referentielaboratorium: maximum 11% van 0,5 tot 50 mg NH₃/Nm³dr);
- de uitgebreide meetonzekerheid ten gevolge van de monsterneming in een beperkter aantal (6) meetpunten (maximum 13%).

Combinatie van deze onzekerheden gebeurt volgens de foutenpropagatieregels uit de Guide to the expression of Uncertainty in Measurement (GUM) en resulteert in een uitgebreide meetonzekerheid van 17%.

13.3 MEETONZEKERHEID OP DE BEPALING VAN HET AMMONIAKVERWIJDERINGSRENDEMENT

Het verwijderingsrendement van ammoniak door het **luchtzuiveringssysteem of combinatie van luchtzuiveringssystemen** η wordt met volgende formule berekend:

$$\eta = \frac{C_{\text{NH}_3} \text{ ingang} - C_{\text{NH}_3} \text{ uitgang}}{C_{\text{NH}_3} \text{ ingang}} \times 100\%$$

Deze formule kan in een vereenvoudigde vorm geschreven worden als:

$$\eta = \left(1 - \frac{C_{\text{NH}_3} \text{ uitgang}}{C_{\text{NH}_3} \text{ ingang}}\right) \times 100\%$$

De meetonzekerheid op het NH₃-verwijderingsrendement kan berekend worden via propagatie van de onzekerheden op de concentraties aan gasvormig NH₃ die aan de in- en uitgang van **het luchtzuiveringssysteem** gemeten worden:

$$u(\eta) = 100 \times \frac{C_{\text{NH}_3} \text{ uitgang}}{C_{\text{NH}_3} \text{ ingang}} \sqrt{\left(\frac{u(C_{\text{NH}_3} \text{ uitgang}})}{C_{\text{NH}_3} \text{ uitgang}}\right)^2 + \left(\frac{u(C_{\text{NH}_3} \text{ ingang}})}{C_{\text{NH}_3} \text{ ingang}}\right)^2}$$

Met:

- η : het verwijderingsrendement van ammoniak door het luchtzuiveringssysteem
 C_{NH_3} (ingang): de concentratie gasvormig NH₃ (mg/Nm³ droog) gemeten aan de ingang van **het luchtzuiveringssysteem**
 C_{NH_3} (uitgang): de concentratie gasvormig NH₃ (mg/Nm³ droog) gemeten aan de uitgang van **het luchtzuiveringssysteem**
 $u(x)$: standaardonzekerheid op x

Als onzekerheid op de concentratie gasvormig NH₃ aan de ingang van **het luchtwassysteem** wordt de onzekerheid op de natchemische bepaling gebruikt (het referentielaboratorium: maximum 11% op een 95% betrouwbaarheidsniveau in het concentratiebereik van 0,5 tot 50 mg NH₃/Nm³). De uitgebreide meetonzekerheid op de concentratie gasvormig ammoniak aan de uitgang van een homogeen **luchtwassysteem** werd bepaald onder **13.2** en bedraagt 17% op een 95% betrouwbaarheidsniveau.

In Tabel 8 wordt de uitgebreide meetonzekerheid op een individuele rendementsmeting voor een aantal situaties berekend.

Tabel 8: Meetonzekerheid op het NH₃ verwijderingsrendement van een **luchtwassysteem**

	x	Standaard-onzekerheid u(x)	Relatieve standaard-onzekerheid u(x)/x
C _{NH₃} ingang	30 ppm	1,6 ppm	0,05
C _{NH₃} uitgang	2 ppm	0,17 ppm	0,08
Rendement η	93,0%	0,7%	0,007
Uitgebreide meetonzekerheid (95% betrouwbaarheidsniveau)	93,0%	1,3%	0,014 = 1,4%
	x	Standaard-onzekerheid u(x)	Relatieve standaard-onzekerheid u(x)/x
C _{NH₃} ingang	23 ppm	1,22 ppm	0,05
C _{NH₃} uitgang	7 ppm	0,59 ppm	0,08
Rendement η	69,6%	3,0%	0,043
Uitgebreide meetonzekerheid (95% betrouwbaarheidsniveau)	69,6%	6,0%	0,087 = 8,7%
	x	Standaard-onzekerheid u(x)	Relatieve standaard-onzekerheid u(x)/x
C _{NH₃} ingang	30,0 ppm	1,6 ppm	0,05
C _{NH₃} uitgang	19,1 ppm	1,6 ppm	0,08
Rendement η	36,4%	6,3%	0,17
Uitgebreide meetonzekerheid (95% betrouwbaarheidsniveau)	36,4%	12,6%	0,35 = 35%

Ieder laboratorium dient te beschikken over een onzekerheidsberekening waarbij de eigen onzekerheid op de natchemische bepaling van gasvormig NH₃ in bovenstaande meetonzekerheidsberekening wordt ingevoerd. Voor de berekening van de meetonzekerheid op de concentratie aan gasvormig NH₃ aan de uitgang mag de meetonzekerheid ten gevolge van de monsterneming in een beperkter aantal (6) meetpunten (13%) uit deze compendiumprocedure overgenomen worden. De meetonzekerheid op de concentratie aan gasvormig NH₃ aan de uitgang dient verder berekend te worden vanuit de foutenpropagatie van de eigen standaardonzekerheid op de natchemische bepaling van gasvormig NH₃ en de hier opgegeven uitgebreide

meetonzekerheid van 13% ten gevolge van de monsterneming in een beperkter aantal (6) meetpunten.

14 REFERENTIES

Belgisch Staatsblad. Ministerieel besluit van 19 maart 2004 houdende vaststelling van de lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen in uitvoering van artikel 1.1.2 en artikel 5.9.2.1bis van het besluit van de Vlaamse Regering van 1 juni 1995 houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne

Bijlage I Lijst van stalsystemen voor ammoniakemissiereductie

Belgisch Staatsblad. Ministerieel besluit van 16 juli 2021 tot wijziging van bijlage I en bijlage II van het ministerieel besluit van 19 maart 2004 houdende vaststelling van de lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen in uitvoering van artikel 1.1.2 en artikel 5.9.2.1bis van het besluit van de Vlaamse Regering van 1 juni 1995 houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne, wat betreft de melding van de ingebruikname van een stalsysteem, het systeem P-6.4, de voorwaarden voor luchtzuiveringssystemen en de aanvraagprocedure voor opname in de lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen

Decreet van 19 april 2024 over ammoniakemissiereducerende maatregelen

Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht

Procedure LUC/III/003: Bepaling van het gehalte NH₃ in een gaskanaal

<https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/lucht-gop/compendium-luc>

Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht

Procedure LUC/VII/003: Het uitvoeren van emissiemetingen aan open biofilters

<https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/lucht-gop/compendium-luc>

Validatie van een meetmethode voor NH₃ in emissies

W. Swaans, R. De Fré, G. Otten, E. Damen, J. Daems, W. Aerts en N. Moonen

VITO verslag 2007/MIM/R/81, juli 2007

<https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/lucht-gop/onderzoeksrapporten>

EPA Conditional Test Method CTM-027

Procedure for collection and analysis of ammonia in stationary sources

<http://www.epa.gov/>

NEN 2826

Luchtkwaliteit - Uitworp door stationaire puntbronnen

Monsterneming en bepaling van het gehalte aan gasvormig ammoniak

1e druk, april 1999

Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht

Essentiële kwaliteitsvereisten voor emissiemetingen

<https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/lucht-gop/compendium-luc>

ISO 7150-1:1984

Water quality – Determination of ammonium – Part 1:

Manual spectrometric method

Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van water (WAC)

Methode WAC/III/E/020

Bepaling van ammonium stikstof door manuele spectrofotometrie

<https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/water-gop/compendium-wac>

ISO 11732:2005

Water quality – Determination of ammonium nitrogen –

Method by flow analysis (CFA and FIA) and spectrometric detection

Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van water (WAC)

Methode WAC/III/E/021

Bepaling van het gehalte aan ammonium stikstof met behulp van doorstroomanalyse

<https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/water-gop/compendium-wac>

ISO 14911:1998

Water quality – Determination of dissolved Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Sr^{2+} and Ba^{2+} using ion chromatography – Method for water and waste water

Bepaling van ionen met een discreet analysesysteem en spectrofotometrische detectie – ammonium, chloride, nitraat, nitriet, orthofosfaat en sulfaat

WAC/III/C/002

<https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/water-gop/compendium-wac>

ISO 15923-1:2013

Water quality - Determination of ions by a discrete analysis system and spectrophotometric detection - Part 1: Ammonium, chloride, nitrate, nitrite, orthophosphate, silicate and sulfate

EN 15259: 2007

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

Code van goede praktijk voor emissiearme stalsystemen in de varkenshouderij

Juni 2010

ILVO

<http://www.ilvo.vlaanderen.be/>

Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van water (WAC)

Methode WAC/VI/A/001

Prestatiekenmerken

<https://emis.vito.be/nl/ine-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>

VDI 3880: 2011

Olfactometry – Static Sampling

ISO GUM/NBN X40-001 (1995)

Guide to the expression of uncertainty in measurement

VLM

Presentatie Luchtzuiveringssystemen - aanpassingen MB ammoniak-emissiearme stalsystemen

September 2021

<https://www.vlm.be>

**BIJLAGE: CHECKLIST BEPALING VAN HET NH₃-VERWIJDERINGSRENDEMENT
VAN LUCHTZUIVERINGSSYSTEMEN BIJ STALSYSTEMEN**

Checklist bepaling van het NH₃-verwijderingsrendement van luchtzuiveringssystemen bij stalsystemen

Naam/adres exploitant:

.....

1. Voorafgaand plaatsbezoek

Datum bezoek: / /

Visuele inspectie van het oppervlak van alle **luchtzuiveringssystemen**:

Luchtwaspakket of biobed:	
<input type="checkbox"/>	Verzakking van het vulmateriaal/onvolledige vulling/gaten
<input type="checkbox"/>	Aanwezigheid van droge plekken
<input type="checkbox"/>	Aanwezigheid van lekopeningen rondom het waspakket
<input type="checkbox"/>	Ongelijkmatige bevochtiging van het waspakket
<input type="checkbox"/>	Zoutvorming op het waspakket
<input type="checkbox"/>	Andere afwijkingen:

Luchtwaspakket of biobed:	
<input type="checkbox"/>	Verzakking van het vulmateriaal/onvolledige vulling/gaten
<input type="checkbox"/>	Aanwezigheid van droge plekken
<input type="checkbox"/>	Aanwezigheid van lekopeningen rondom het waspakket
<input type="checkbox"/>	Ongelijkmatige bevochtiging van het waspakket
<input type="checkbox"/>	Zoutvorming op het waspakket
<input type="checkbox"/>	Andere afwijkingen:

Luchtwaspakket of biobed:	
<input type="checkbox"/>	Verzakking van het vulmateriaal/onvolledige vulling/gaten
<input type="checkbox"/>	Aanwezigheid van droge plekken
<input type="checkbox"/>	Aanwezigheid van lekopeningen rondom het waspakket
<input type="checkbox"/>	Ongelijkmatige bevochtiging van het waspakket
<input type="checkbox"/>	Zoutvorming op het waspakket
<input type="checkbox"/>	Andere afwijkingen:

Luchtwaspakket of biobed:	
<input type="checkbox"/>	Verzakking van het vulmateriaal/onvolledige vulling/gaten
<input type="checkbox"/>	Aanwezigheid van droge plekken
<input type="checkbox"/>	Aanwezigheid van lekopeningen rondom het waspakket
<input type="checkbox"/>	Ongelijkmatige bevochtiging van het waspakket
<input type="checkbox"/>	Zoutvorming op het waspakket
<input type="checkbox"/>	Andere afwijkingen:

Keuze luchtwaspakket of biobed voor metingen:

Toegankelijkheid luchtzuiveringssysteem	
<input type="checkbox"/>	Ladder vereist
<input type="checkbox"/>	Hoogtewerker vereist
<input type="checkbox"/>	Mogelijkheid tot gebruik van het rooster (opp. 1 m ²) bij luchtwasser
<input type="checkbox"/>	Mogelijkheid tot gebruik van een box bij luchtwasser
<input type="checkbox"/>	Mogelijkheid tot volledige afdekking van het biobed met een zeil (zie LUC/VII/003)
<input type="checkbox"/>	Enkel gedeeltelijke afdekking van het biobed met zeil of tent mogelijk (zie LUC/VII/003)
<input type="checkbox"/>	Enkel mogelijkheid tot gebruik van een monsternamekap bij een biobed (zie LUC/VII/003)
<input type="checkbox"/>	Andere specifieke vereisten/opmerkingen:
Karakteristieken luchtzuiveringssysteem	
Type luchtzuiveringssysteem	
Leverancier luchtzuiveringssysteem	
Afmetingen luchtzuiveringssysteem	Lengte: m / breedte: m S= L x B = m ²
Type vulmateriaal luchtzuiveringssysteem	
Bijlagen	
<input type="checkbox"/>	Kopie logboek (laatste jaar)
<input type="checkbox"/>	Kopie technische fiche
<input type="checkbox"/>	Foto's
<input type="checkbox"/>	Schematische weergave concept stal/luchtzuiveringssysteem/luchtstroom
<input type="checkbox"/>	Andere:

Schematische weergave concept stal/[luchtzuiveringssysteem](#)/luchtstroom:

Controlepunten voor de goede werking van het luchtwassysteem (Systemen S-B-1 en S-C-1)	
Controlepunt	Resultaat
Waswaterverdeling en sproeibeeld over het filterpakket	
Sproeiregime*	
Waswaterdebiet (l/h)	
Stand van de urenteller van de circulatiepomp van het waswater	
Draaiuren waswaterpomp	
Spuiwaterdebiet (l/h of l/spuibeurt)	
Stand van de waterpulsometer voor het spuiwaterdebiet	
Spuifrequentie	
Ventilatie-instellingen Luchtweerstand van het luchtwassysteem (drukval in Pa over het filter(pakket))	
pH van het waswater t.h.v. voorziene aftappunt	

Controlepunten voor de goede werking van het luchtzuiveringssysteem (Biobed luchtbehandelingsstelsel S-3)	
Controlepunt	Resultaat
Bevochtigingspatroon van het vulmateriaal	
Sproeiregime*	
Stand van de watermeter	
Hoeveelheid verbruikt bevochtigings- /spoelwater	
Draaiuren waspomp	
Toename van de drukval over het vulmateriaal	

* werken de sproeiers in normale omstandigheden al dan niet continu (+ specificatie bv afwisselend 1 minuut sproeien/niet sproeien)

Homogeniteitscontrole (optioneel tijdens plaatsbezoek)	
Meetpunt	ppm NH₃
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Gem	
stdev	
%rsd	

2. Eigenlijke meting van het ammoniakverwijderingsrendement

Luchtzuiveringssysteem:

Datum meting: / /

Staltype:

Dierbezetting:

Visuele inspectie van het oppervlak van het luchtzuiveringssysteem	
<input type="checkbox"/>	Verzakking van het vulmateriaal/onvolledige vulling/gaten
<input type="checkbox"/>	Aanwezigheid van droge plekken
<input type="checkbox"/>	Aanwezigheid van lekopeningen rondom het waspakket
<input type="checkbox"/>	Ongelijkmatige bevochtiging van het waspakket
<input type="checkbox"/>	Zoutvorming op het waspakket
<input type="checkbox"/>	Andere afwijkingen:

Controlepunten voor de goede werking van het luchtwassysteem (Systemen S-B-1 en S-C-1)	
Controlepunt	Resultaat
Waswaterverdeling en sproeibeeld over het filterpakket	
Sproeiregime*	
Waswaterdebiet (l/h)	
Stand van de urenteller van de circulatiepomp van het waswater	
Draaiuren waswaterpomp	
Spuiwaterdebiet (l/h of l/spuibeurt)	
Stand van de waterpulsometer voor het spuiwaterdebiet	
Spuifrequentie	
Ventilatie-instellingen Luchtweerstand van het luchtwassysteem (drukval in Pa over het filter(pakket))	
pH van het waswater t.h.v. voorziene aftappunt	

* werken de sproeiers in normale omstandigheden al dan niet continu (+ specificatie bv afwisselend 1 minuut sproeien/niet sproeien)

Controlepunten voor de goede werking van het luchtzuiveringssysteem (Biobed luchtbehandelingssysteem S-3)	
Controlepunt	Resultaat
Bevochtigingspatroon van het vulmateriaal	
Sproeiregime*	
Stand van de watermeter	
Hoeveelheid verbruikt bevochtigings-/spoelwater	
Draaiuren waspomp	
Toename van de drukval over het vulmateriaal	

* werken de sproeiers in normale omstandigheden al dan niet continu (+ specificatie bv afwisselend 1 minuut sproeien/niet sproeien)

Homogeniteitscontrole	
Meetpunt	ppm NH₃
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Gem	
stdev	
%rsd	

Schematische weergave punten homogeniteitscontrole: