



**IBS 4**

**Theoriebundel**  
**Onderzoekstechnieken**  
**Onderdeel Lucht**

Onderzoeker Natuur & Milieu  
Milieu-inspecteur

auteur: Piet de Jongh  
versie: 23-10-2018

## Inhoud

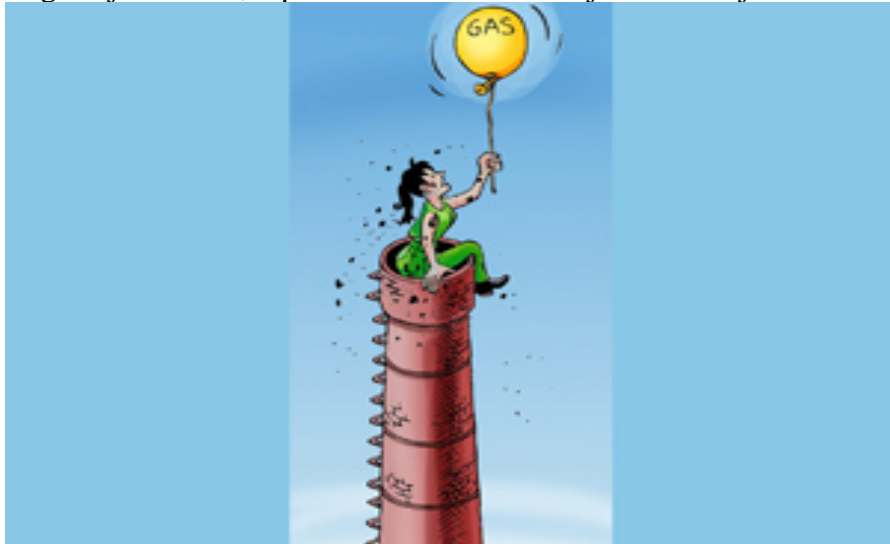
Hoofdstuk 1	Methoden om luchtkwaliteit te meten.....	3
1.1	Het meten van gasvormige verontreiniging.....	3
1.2	Het meten van aërosolen.....	7
1.3	Geurmetingen .....	8
Hoofdstuk 2	Metten en rekenen aan luchtstromen.....	11
2.1	De stofstroom of vracht .....	11
2.2	Normen voor luchtkwaliteit .....	13

## Hoofdstuk 1 Methoden om luchtkwaliteit te meten.

### Oriëntatie

In vergunningen die aan bedrijven worden afgegeven komen veel verschillende luchtkwaliteitseisen voor. We lezen bijvoorbeeld over gemiddelde waarden maar ook piekconcentraties worden duidelijk aangegeven. Bij monsternamen is dus ook wat je wilt meten en weten vaak heel verschillend. Dit hangt af van het doel waarmee je gaat meten. Handhaving van een vergunning van een bedrijf is een mogelijk doel maar ook het in kaart brengen van de stankuitstraling van een veestal of een snackbar.

Bij luchtmonstering kunnen nogal wat problemen opdoemen. Aërosolen zijn bijvoorbeeld moeilijk te bemonsteren doordat je deze deeltjes minder gemakkelijk een monstersysteem kunt binnen zuigen. Daarnaast mag na de monsterneming het afgevangen materiaal niet meer verloren gaan of veranderen door reacties, door verdamping of door omzettingen. Het is dus belangrijk dat je je steeds bewust bent van je handelingen en je voortdurend afvraagt of hetgeen je uitvoert, representatief is voor wat je uiteindelijk wilt weten.



Figuur 1.1 Een monster uit een schoorsteen nemen

Het meten van de luchtkwaliteit kan plaatsvinden via twee sporen:

- chemische analyse op afzonderlijke stoffen (gassen of stofdeeltjes)
- zintuiglijke analyse van geuren

### Leerdoelen

Na bestuderen van dit hoofdstuk kun je:

- met handinstrumenten voor het meten van de luchtkwaliteit omgaan
- eenvoudige geurmetingen noemen en uitvoeren
- met eenvoudige apparatuur het debiet van luchtstromen meten
- luchtkwaliteitsnormen interpreteren, omrekenen en toetsen

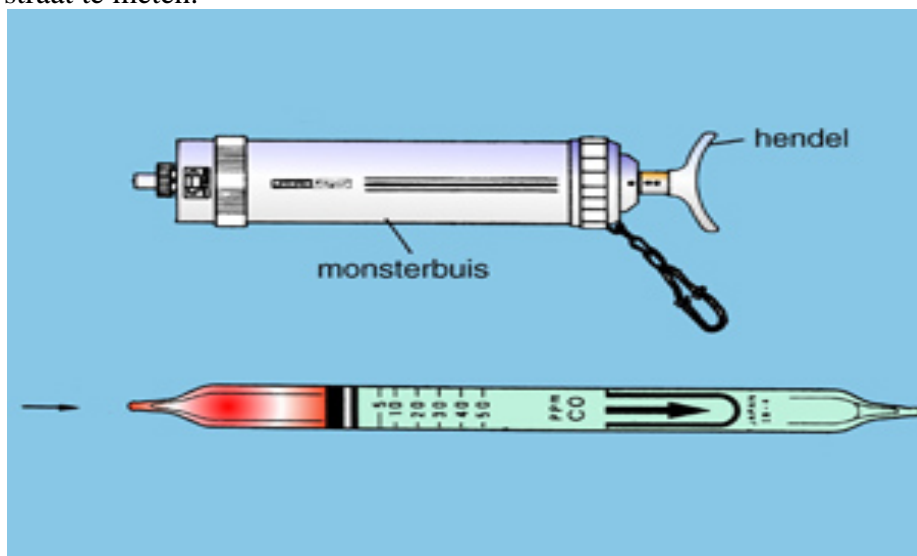
### 1.1 Het meten van gasvormige verontreiniging

Je zou denken dat bij het bemonsteren van gassen het nemen van een monster niet zo eenvoudig gaat als bij bodem- en watermonsters. Je ziet jezelf waarschijnlijk niet met een pot of fles gevuld met lucht naar een laboratorium rijden. Toch is dit best goed mogelijk. We vervoeren de gasmonsters echter niet in een pot of fles maar in zakken. Je kunt ook gasmonsters ter plekke van de monsternamen analyseren. Wil je dit nauwkeurig doen dan moet je dus over een rijdend laboratorium beschikken.

## Handmatige monsterneming en analyse van gassen

De handmatige monsterneming van gasvormige verontreiniging levert meestal geen problemen op. Gedurende een zekere monstertijd wordt een monster lucht of gas in een monsterzak gezogen dat vervolgens geanalyseerd wordt in een laboratorium. Een nadeel van deze methode is dat een deel van de gassen in de wand van de zak kan trekken.

De meest gebruikte snelle monsterneming en tegelijkertijd analyse methode bij het onderzoek van omgevingslucht, is het doorleiden van de lucht door een absorptievloeistof of reagens. Aan deze vloeistof kunnen dan bepalingen worden gedaan (kleurmetingen) om de concentratie van de te meten component vast te stellen. Je kunt deze vorm van monsterneming bijvoorbeeld toepassen om de aanwezigheid en/of hoeveelheid van benzeen in een drukke straat te meten.



Figuur 1.2 Gasdetectiebuisje met handpomp

### *Bemonsteringsapparatuur*

Het principe van een eenvoudige luchtonderzoekset zoals in figuur 1.2 is dat een luchtstroom door een pomp wordt aangezogen. Tijdens dit aanzuigen passeert de lucht een reageerbuisje met daarin een zeer specifieke stof (stoffen). Bevat de luchtstroom een stof die reageert met het reagens in het buisje dan zie je dit door een verkleuring. Deze verkleuring kan in helderheid variëren en biedt zo een maatstaf voor de concentratie van de stof in de lucht. Steeds bepaalt dus de reagerende stof in het buisje welke stof je kunt onderzoeken. Zelf kun je de hoeveelheid aangezogen lucht bepalen, door voor één van de volumestanden van de pomp te kiezen. Enig rekenwerk, het goed aflezen van de buisjes en/of het interpreteren van enkele grafieken geven je dan de gewenste gegevens. Meestal worden de waarden in ppm gegeven hetgeen staat voor "parts per million" ofwel mg per kilogram droge lucht.

Eenvoudige bemonsteringsapparatuur werkt dus voor elke stof specifiek. Hiermee bedoelen we dat je slechts op één stof tegelijk onderzoekt. Je onderzoekt dus ofwel het koolmonoxidegehalte ofwel op stikstofdioxide ofwel op ammoniak. Voor elke andere stof is weer een nieuwe meting nodig.

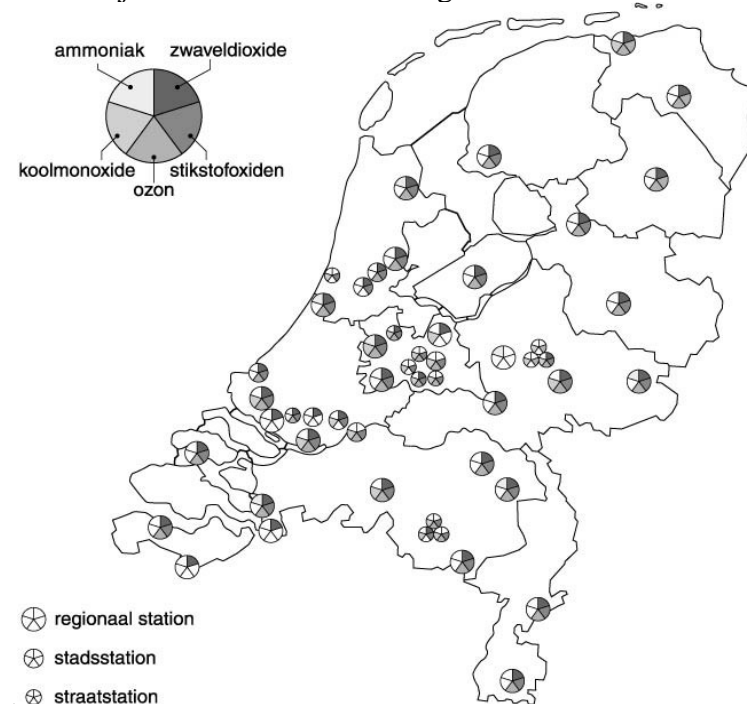
Naast de toepassing in bedrijfsruimten en emissiepunten worden luchtmetingen ook uitgevoerd in grondwaterbemonsteringsbuizen (peilbuizen) en op bodemonsters. Het uitdampen van vluchtige verbindingen uit het grondwater en het ophopen van deze stoffen in de peilbuis geeft een eerste indruk over welke stoffen in de bodem als verontreiniging voorkomen. Bij bodemonstername is deze methode in de plaats gekomen van het soms schadelijke ruiken aan de grond.

Voordelen van de handmethoden zijn de betrekkelijke eenvoud, de eenvoudige en goedkope monstername-apparatuur en de veelal simpele en goedkope analysemethoden. Een nadeel van de handmethoden is dat jezelf nogal invloed op de monstername en dus op de resultaten hebt. Als je handmatig monsters neemt om ze elders te (laten) analyseren kunnen voor deze analyses verschillende zeer geavanceerde en geautomatiseerde technieken worden gebruikt.

#### *Automatische monstername en analyse van gassen*

Met automatische meetmethoden is het mogelijk een continu verloop van de concentratie van een stof te meten. Voordelen van deze meetmethode zijn vooral te vinden in de grote hoeveelheid informatie die uit een continu concentratieverloop gehaald kan worden. Verder kan een automatisch meetsysteem alarmsignalen in werking stellen of apparaten uitzetten bij het bereiken van een bepaalde concentratie.

In het kader van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (<https://www.luchtmeetnet.nl/>) zijn op regelmatige afstanden van elkaar een groot aantal zogenaamde snuffelpalen geplaatst. Deze snuffelpalen geven een veelvoud van meetgegevens door aan het R.I.V.M. (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne) waar deze gegevens voor geheel Nederland geïnterpreteerd worden. Het meetnet registreert concentraties SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO en stofdeeltjes met een netwerk van grotere en kleinere meetstations



Figuur 1.3 Het landelijk meetnet van luchtkwaliteit

#### *E-Nose*

E-noses (elektronische neuzen) zijn compacte instrumenten, waarmee zowel op een vaste plek als mobiel de veranderingen in de luchtkwaliteit kan worden gemeten. Het E-nosesysteem

brengt bij incidentele emissies omgevingseffecten in kaart. Het stationaire en mobiele E-nosemeetnet kan zo een belangrijke rol spelen in het bewaken van de veiligheid in een regio. De E-nose is een goede indicator voor geurklachten en kan daarom door zowel overheden als bedrijven gebruikt worden als managementinstrument voor geur.

Met behulp van gerichte meetcampagnes kan bij overlast gevende bedrijven geur continu gemonitord worden en kunnen de omstandigheden waaronder geurhinder ontstaat, achterhaald worden.

De E-nosetechnologie vormt geen alternatief voor het huidige luchtmeetnet, maar kan wel een waardevolle toevoeging zijn op de luchtmeetstations tegen relatief lage kosten. De E-nose kan een bijdrage leveren aan de opsporing van en alarmering op verhoogde BTEX-benzeenconcentraties.

### Gevaarlijke gassen

In de Rotterdamse haven varen sinds november 2014 twee schepen die zijn uitgerust met elektronische neuzen op het dak. De meetinstrumenten detecteren veranderingen in de luchtsamenstelling. Dankzij de neuzen is Havenbedrijf Rotterdam sneller op de hoogte van ongezonde lucht en gevaarlijke gassen.

De neuzen zijn onderdeel van een netwerk van 300 e-neuzen in het havengebied, het zogenaamde We-nose netwerk. Volgens Havenbedrijf Rotterdam helpen de neuzen bij het verduurzamen van de haven. Door snellere opsporing kunnen bedrijven, gemeenten en de milieudienst direct ingrijpen.

<https://www.nemokennislink.nl/publicaties/elektronische-neus/>

### *Biomonitoring*

Behalve een 'Snuffelpalenmeetnet' zijn op een aantal plaatsen in Nederland planten voor biomonitoring geplaatst.

De in de te onderzoeken lucht geplaatste planten worden elke week uitvoerig bekeken op afwijkingen. De monitoring planten nemen de gassen op via hun ademhalingsstelsel. Als er in een bepaalde mate verontreinigde stoffen in de ingeademde lucht voorkomen, heeft dit op bepaalde planten uiterlijk waarneembare effecten.

De verontreinigde stoffen kunnen in de plant cellen 'lek' maken of het chlorofyl afbreken. Bij het dodelijk beschadigen van de cel ontstaan necroses (dood weefsel) en ook ontstaan bij het afbreken van chlorofyl andere kleuren op de bladeren en/of stengels. Bij hoge concentraties van stoffen gebeuren deze effecten acuut, bij lagere concentraties treden dezelfde effecten chronisch op.

De mate van aantasting (b.v. de totale oppervlakte aan necrose) is een maat voor de effectenintensiteit, dus niet voor de concentratie. Behalve de concentratie spelen ook onder andere zonlicht en windsnelheid een belangrijke rol. Om gewenning te voorkomen worden de planten elke week vervangen.

<https://milieudefensie.nl/luchtkwaliteit/hoe-vervuild-is-de-lucht-in-mijn-straat>

### **Vragen 1.1**

- a. Je kunt bij een handmatige gasmeting buitenlucht met behulp van een pomp door een detectiebuisje aanzuigen. Leg uit of de hoeveelheid aangezogen lucht invloed heeft op de uiteindelijk berekende concentratie van het gemeten gas in de lucht.
- b. Het landelijk meetnet luchtkwaliteit (zie figuur 1.3) meet natuurlijk niet alleen de invloed van onze eigen luchtverontreiniging op de kwaliteit van de lucht in Nederland. Welke

gebieden buiten onze grenzen hebben evenzeer invloed op de lucht die wij inademen? En in welk opzicht?

c. De aangezogen lucht die je in het buisje gebruikt voor de reactie en de verkleuring moet absoluut droog zijn. Hoe krijg je dit voor elkaar?

d. Zowel handmatige als automatische metingen hebben voor en nadelen. Kun je van beide een voordeel en een nadeel ten opzicht van elkaar noemen?

e. Om de grote hoeveelheid informatie van deze paragraaf goed te ordenen is het zinvol om een schema samen te stellen zodat je alles overzichtelijk bij elkaar hebt. Zoek in de tekst de informatie op om het onderstaande schema in te vullen.

Methode	voorbeelden	toepassingen		voordelen	nadelen
handmatig					
automatisch					
biotisch					

## 1.2 Het meten van aërosolen

Stofdeeltjes of kleine druppeltjes komen op veel plaatsen in vrij hoge concentraties in onze atmosfeer voor. Ze worden uitgestoten in de vorm van roet of as, maar ook bedrijfsemissies van poederstof dragen bij aan de totale omvang van deze vorm van verontreiniging. Bij de handhaving in je mogelijk latere beroep kun je er vanuit gaan dat als je ergens stofuitstoot waarneemt, dit zonder meer wijst op overtreding van de vergunning.

Je kunt je bij de meting van stofdeeltjes richten op specifieke bronnen als ventilatoren van bedrijven of opslagruimten of de algemene luchtkwaliteit onderzoeken en dus de registratieapparatuur in het vrije veld plaatsen.

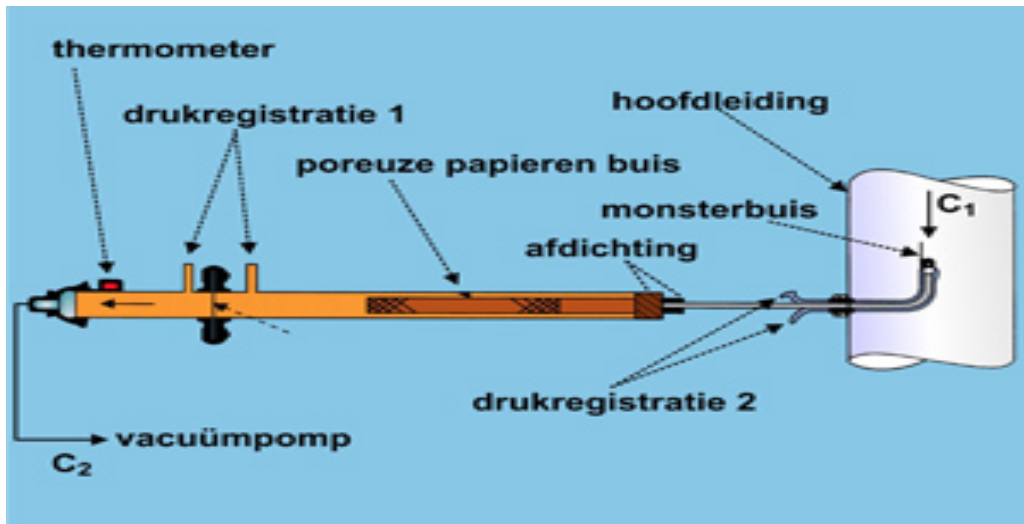
### Monsterneming van aerosolen

Aërosolen worden bij monsterneming meestal afgescheiden op een filter waarna je de deeltjes kunt analyseren. Er is een keuze uit een groot aantal filtermaterialen. Uit het grote aantal keuzemogelijkheden kies je op basis van de vereiste afvangtechnieken en vooral de daarop volgende analysemethode een geschikt filter. Moet je de deeltjes uit een heet rookkanaal vangen dan moet je een filter gebruiken dat tegen hitte bestand is. Ook kunnen gassen sterk zuur van karakter zijn en moet je hier weer je materialen bij aanpassen.

Voor de kwantitatieve en kwalitatieve analyse van aërosolen is een groot aantal analysetechnieken in gebruik. De meest eenvoudige kwantitatieve methode is door middel van weging van de afgezette deeltjes op een filter. Dit noemen we gravimetrie.

Het onderzoek bij een emissiepunt zoals een ventilator of een schoorsteen gebeurt met een soort stofzuiger. Door een filter wordt een luchtstroom uit de ventilatieopening aangezogen. De aanzuigsnelheid is gelijk aan de uitstroomsnelheid van de stofstroom uit de bedrijfsruimte. Een sonde die deze uitstroomsnelheid registreert, stuurt op zijn beurt de zuigkracht van de stofzuiger zodat beide in balans blijven.

In de meetopstelling van figuur 1.4 zie je twee meetpunten voor drukregistratie. Punt 2, bij de hoofdleiding, meet de stroomsnelheid van het gas. Hierop komen we later terug. Het registratiepunt 1 meet het drukverval over een fijn stoffilter. De vacuümpomp wordt automatisch zo aangestuurd dat de uitstroomsnelheid van het gas dezelfde als de instroomsnelheid is.



Figuur 1.4 Een meetopstelling voor stofemissie.

Een andere manier van luchtbemonstering gebeurt op stof dat uit de atmosfeer wordt gefilterd. Vierentwintig uur lang wordt buitenlucht door een filter aangezogen. Het verzamelde stof op het filter wordt onderzocht op o.a. zware metalen.

### Vragen 1.2

- Met een stofmeting bepaal je de hoeveelheid afgevangen deeltjes. Geef eens aan hoe je van dit gegeven een concentratiewaarde kunt berekenen.
- We kunnen kwalitatieve en kwantitatieve stofbepalingen onderscheiden. Wat versta je onder een kwalitatieve stofbepaling?
- In figuur 1.4 zie je een afbeelding van een stofemissiemeter. Wat is er aan de hand als er een te hoog drukverschil bij het registratiepunt 1 wordt gemeten?
- Deze vraag gaat ook over figuur 1.4. Waarom moet de instroomsnelheid  $c_1$  gelijk zijn aan de uitstroomsnelheid  $c_2$ ?
- Er vindt op twee plaatsen drukregistratie plaats. Welk meetpunt moet ter sturing met de vacuümpomp worden verbonden?

### 1.3 Geurmetingen

Stel je voor dat jij na 20 stankklachten over een snackbar in de buurt aangewezen wordt om de situatie eens te gaan bekijken. Wat zal ik meenemen of is mijn neus voldoende, is misschien een gedachte die bij je opkomt. Is het eigenlijk wel verstandig om in je eentje de geuren ter plekke te beoordelen? Ben ik wel objectief, ben ik niet verkouden of overgevoelig voor bakluchtjes? Dit alles overdenkend kom je vanzelf tot de conclusie dat een verantwoorde beoordeling van geurklachten niet eenvoudig is. We zullen hier eens wat nader op ingaan. Er bestaan vele methoden om geur en geurhinder te meten. Voorbeelden zijn:

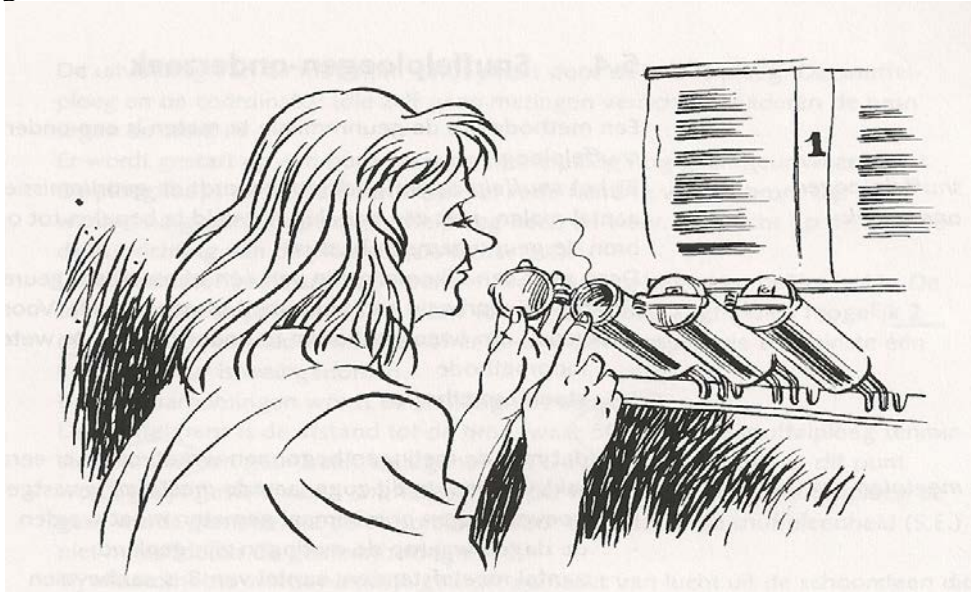
- geur expositiemetingen
- geurhinder-enquête
- snuffelploeg

Alle methoden maken gebruik van de menselijke neus. We zullen ze hieronder eens toelichten.



## Geur expositiemetingen

De geurconcentratie van een monster is een maat voor geurexpositie of blootstelling. Het meten van geurconcentraties gebeurt met een ingewikkeld apparaat dat geuren kan verdunnen en ze door een buis naar een panel van mensen leidt. We noemen een dergelijk toestel een olfactometer (geurmeter). In Apeldoorn zetelt een TNO-afdeling die een meetwagen tot haar beschikking heeft en overal in het land geurmetingen met panels kan opzetten. Elk van de zorgvuldig geselecteerde panelleden ruikt of het een steeds verder verdund monster nog kan waarnemen. Die verdunning waarbij de helft van de leden van het panel de stof wel ruikt en de andere helft niet, is de drempelwaarde van de bewuste stof. Dat is dan precies één geureenheid.



Figuur 2.6 Leden van een geurpanel worden strikt geselecteerd.

Bij een geuremissieonderzoek worden alle belangrijke bronnen van het te onderzoeken bedrijf bemonsterd. De verzamelde monsters worden door het bovenbeschreven panel besnuffeld ofwel olfactometrisch geanalyseerd. Uiteindelijk ontstaat hieruit via modelberekeningen, waarbij alle geurbronnen worden samengevoegd, een overzicht van de geurconcentraties op leefniveau in de omgeving van het bedrijf. Zo'n modelberekening heet een Lange Termijn Frequentie Distributie Model (LTFD-model).

Een voorbeeld van een dergelijk onderzoek is de meting van stank uit een open vijver voor de opvang van slib uit een afvalwaterzuivering. Met name de afvalstoffen van de suikerindustrie zijn berucht om hun rottende en dus stinkende eigenschappen. Een bepaald deel van het slibassin wordt afgedekt en onder de afdichting wordt een luchtmonster weggezogen. Dit wordt op het aantal geureenheden onderzocht. Vermenigvuldig je nu het meetoppervlak zodanig dat je het totale oppervlak bestrijkt, dan heb je een indicatie voor de totale geuremissie.

De invloed van een stankbron kan ook gemeten worden door zowel boven- als benedenwinds waarnemingen te doen en deze te vergelijken.

## De geurhinder-enquête

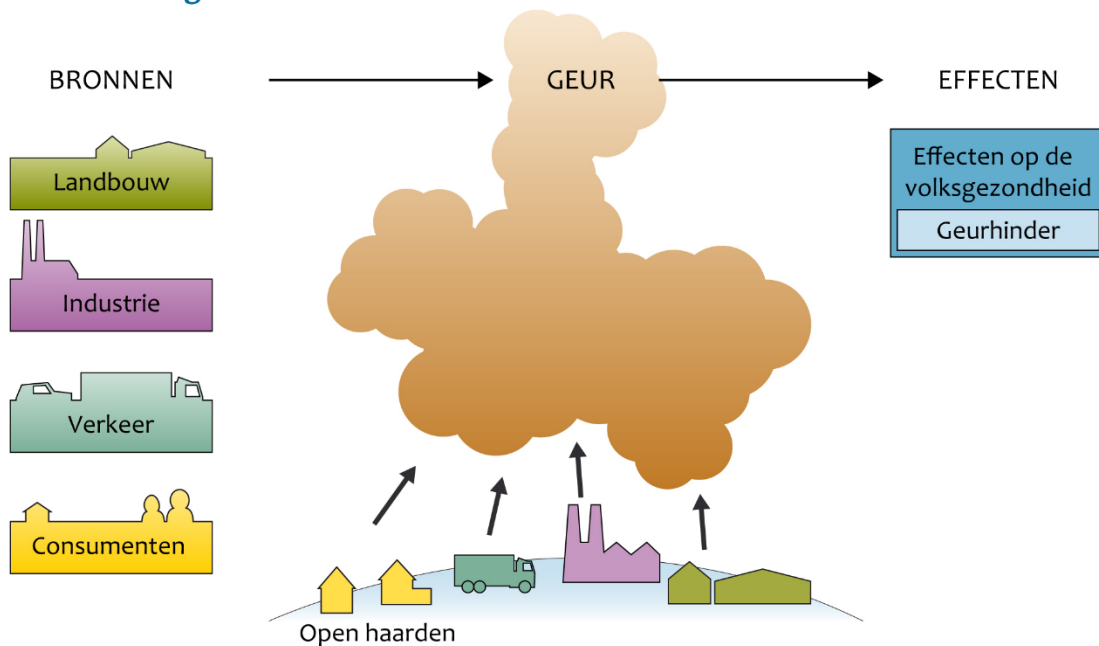
Met de hinder-enquête wordt onderzocht hoezeer de bevolking hinder heeft van een geuruitstoot. De uitvoering wordt met een telefonische enquête gehouden. Aan de hand van deze enquête, die wordt opgezet onder enkele honderden mensen in diverse cirkels rond een

bedrijf, wordt de hinder van het bedrijf gemeten als functie van de woonafstand. Het gemeten percentage "gehinderden" wordt getoetst aan de doelstelling van het geurbeleid, ofwel minder dan 12 procent gehinderden in 2020.

### Vragen 1.3

- Iedere stof heeft een geurdrempel. Leg eens uit of dit begrip voor iedere mens dezelfde waarde heeft.
- Een onderzoek naar het aantal geureenheden die een bron uitstoot wordt met een panel uitgevoerd. Beschrijf de opzet en de uitvoering van een degelijke meting.
- Bij een onderzoek naar geurhinder spelen ten aanzien van de geur twee zaken een belangrijke rol. Welke zijn dit?

#### Milieuthema geur



Bron: Planbureau voor de Leefomgeving.

PBL/okt08/0291  
www.compendiumvoordeleefomgeving.nl

De geurconcentratie in de lucht wordt uitgedrukt in Europese odour units per volume-eenheid lucht. Hierbij is één odour unit de hoeveelheid geurveroorzakende stof die aan 1 m<sup>3</sup> lucht moet worden toegevoegd opdat de helft van een groep mensen (een zogenaamd geurpanel) de geur nog net kan onderscheiden van reukloze lucht, en de andere helft niet. Veehouderijen moeten – door toepassing in de stal van een combinatie van technieken – de uitstoot van fijnstof, ammoniak en geur verminderen

## Hoofdstuk 2 Meten en rekenen aan luchtstromen

### Inleiding

Het is vaak niet zo simpel om gasconcentraties ergens af te lezen of te meten. Gassen zijn nogal wispelturig. Denk bijvoorbeeld maar eens aan de temperatuur van een gasmengsel en wat deze voor invloed heeft op de concentraties van de componenten. Ook het vochtgehalte van een gas is iets dat sterk kan wisselen met de omstandigheden. In veel gevallen zijn we daarnaast geïnteresseerd in de hoeveelheid die er van een gas of stof wordt uitgestoten. Wat je allemaal nodig hebt om hier wat inzicht in te krijgen, bespreken we in deze paragraaf.

### 2.1 De stofstroom of vracht

De stof- of massastroom berekenen we uit twee variabelen: de concentratie van de betreffende stof en het debiet van het gas waarin de stof is opgenomen (draaggas). In de meeste gevallen is dit lucht.

### Concentratie

In de milieu-analyse kom je vaak het begrip ppm tegen. Je hebt er vast ook al eens mee kennis gemaakt. Ppm wil zeggen: delen per miljoen andere delen, dus bijvoorbeeld milligrammen per kilogrammen. Als we rekenen met concentraties van stoffen gebruiken we meestal de eenheden  $\mu\text{g/g}$  of  $\text{mg/kg}$ . In de luchtanalyse kiezen we echter meestal voor  $\mu\text{g/m}^3$ . Je moet dus nu een omrekening maken van een massa-massa verhouding naar een massa-volume verhouding. Hiervoor heb je bij lucht de dichtheid nodig. Onder gewone meetomstandigheden is de dichtheid van lucht  $1,25 \text{ kg/m}^3$ . We zullen het eens in een voorbeeld toelichten.

#### *Voorbeeld*

Bij een luchtkwaliteitsonderzoek registreren we een concentratie van 100 ppm  $\text{NO}_2$  gas. De dichtheid van de lucht is  $1,25 \text{ kg/m}^3$ . Wat is de concentratie van het stikstofdioxide uitgedrukt in  $\text{mg/m}^3$  lucht?

#### *Uitwerking*

100 ppm betekent dat zich in elke kg gas 100 mg  $\text{NO}_2$  bevindt. In  $1,25 \text{ kg}$  lucht zit dus in dit geval  $100 \times 1,25 = 125 \text{ mg}$  stikstofdioxide. Per  $\text{m}^3$  bevindt zich dus  $125 \text{ mg}$   $\text{NO}_2$ .

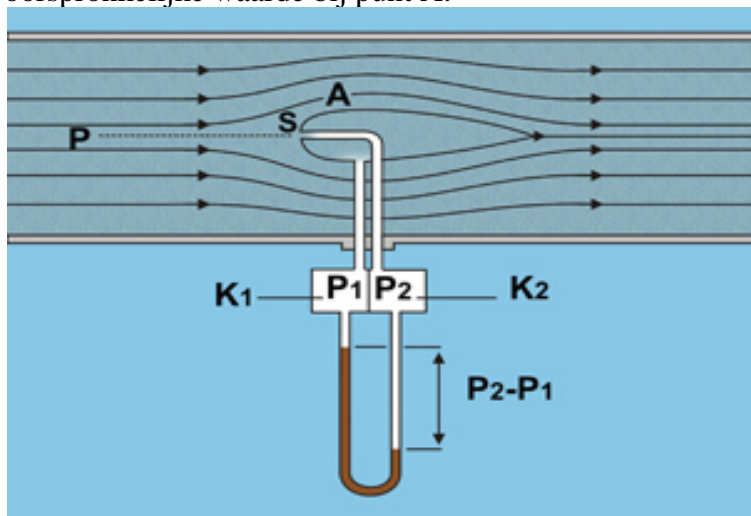
### Debiet

Voor het omrekenen van concentraties ( $\text{kg/m}^3$ ) naar hoeveelheden of de vracht ( $\text{kg/uur}$ ) hebben we het debiet ( $\text{m}^3$ ) nodig.

Net als bij debietmetingen in waterstromen meten we ook bij luchtdebieten de stroomsnelheid van het gas en verrekenen dit met de doorsnede van de uitstroomopening. Een apparaat om gassnelheden te meten is de pitotbuis. Met een pitotbuis kun je de gassnelheid meten als functie van de stuwdruk in een gasstroom.

Uit een belangrijke wet in de stromingsleer, de Wet van Bernoulli, kun je afleiden dat een hindernis geplaatst in een vloeistof- of gasstroom een drukverschil kan opbouwen. In een luchtstroming waarbij de snelheid in ieder punt in richting en grootte hetzelfde is, plaatsen we als hindernis een ovaal vormig voorwerp. De as van dit voorwerp ligt in de stroomrichting, de ronde kop is naar de stroomrichting toegekeerd. Het blijkt dat de stroming zich symmetrisch verdeelt ten opzichte van de hartlijn PS (zie hiervoor figuur 2.8). De snelheid van de gasdeeltjes neemt langs de lijn PS langzaam af en is in punt S, dat we het stuwpunt noemen, nul.

Langs het oppervlak neemt de snelheid weer langzaam toe en bereikt daarna weer de oorspronkelijke waarde bij punt A.



Figuur 2.1 De pitotbuis

Je voert de meting uit tegen de gasstroom in. Via de opening voorin de buis meet je de totale druk (de snelheid van het gas wordt omgezet in extra druk). Via de opening aan de zijkant meet je de druk van de buitenlucht of statische druk.

Totale druk - statische druk = dynamische druk of stuwdruk

Geautomatiseerde pitotbuizen geven je niet meer de dynamische druk maar rekenen deze bij de geldende temperatuur direct om naar de gassnelheid. Dat maakt het voor je meting een stuk eenvoudiger. Metingen met een pitotbuis in een luchtkanaal worden over de gehele diameter uitgevoerd en daarna gemiddeld. Je moet er namelijk rekening mee houden dat langs de wand van het kanaal de stroomsnelheid minder is door wrijving.

### Vragen 2.1

- Bij de behandeling van de pitotbuis gaan we voorbij aan een aantal fouten in de meetmethode. In een uitstroomopening meten we bijvoorbeeld altijd een ongelijkmatige snelheidsverdeling. Hoe komt dit?
- Hoe kun je de meetfout in vraag a zo goed mogelijk compenseren?
- We hebben de begrippen stuwdruk, statische druk en totale druk door elkaar gebruikt. Wat meet je nu eigenlijk met een pitotbuis?
- Bereken de hoeveelheid gas die per uur een schoorsteen verlaat uit de volgende gegevens.  $V_{\text{gas}} = 6,55 \text{ m/s}$  en de diameter van de schoorsteen is 30 cm.

### g Voorbeeldsom Emissie: Vrachtberekening stalemissie

Als voorbeeld van een vrachtberekening kiezen we de ammoniakuitstoot uit een stal. Een stal met 1000 mestvarkens stoot per jaar 3000 kg  $\text{NH}_3$  uit. Neem aan dat over alle dagen een constante waarde geldt.

- Bereken de hoeveelheid ammoniak die per dag gemiddeld wordt uitgestoten.
- Wat is de concentratie aan ammoniak in stallucht in  $\text{mg/m}^3$  als de uitstoot van de stallucht 15.000  $\text{m}^3/\text{uur}$  is?
- De geurdrempel voor ammoniak is 4  $\text{mg/m}^3$ . Wat kun je over de waarde die je bij b hebt gevonden nu opmerken?

4. Voor de ventilatie van een stal geldt dat de maximale luchtverversing  $1 \text{ m}^3$  lucht per kg lichaamsgewicht van de varkens per uur is. Bereken op hoeveel % de installatie werkt voor 1000 varkens van gemiddeld 50 kg.

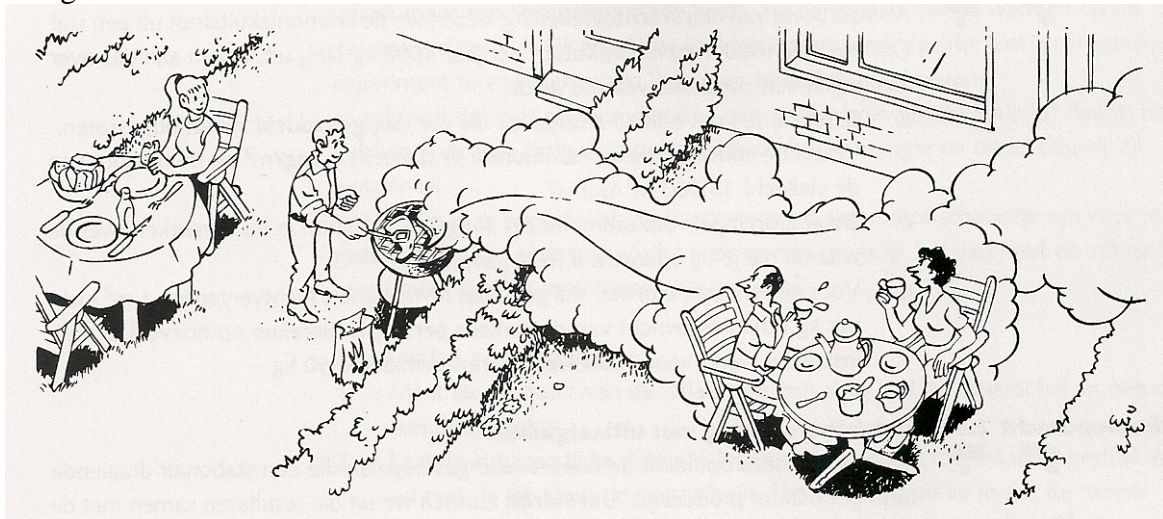
## 2.2 Normen voor luchtkwaliteit

Stoffen kunnen zich in de lucht betrekkelijk eenvoudig naar alle richtingen verplaatsen. Hiermee moet je bij het vaststellen van kwaliteitsnormen rekening houden. Je kunt geen stukjes lucht een specifieke kwaliteit toedelen; luchtkwaliteit is algemeen. Ook zijn luchtfuncties over de gehele aarde hetzelfde, denk bijvoorbeeld aan:

- de zuurstoftoevoer voor mens en dier
- de filtering van UV-straling.

### Algemene luchtkwaliteit

Lucht is ook bij uitstek een transportmiddel om milieuproblemen te verplaatsen. Verzurende en vermestende stoffen als zwavelzuur en salpeterzuur worden vaak eerst in de lucht uitgestoten, waarna ze over een soms grote afstand worden verplaatst en uiteindelijk in water of bodem terechtkomen. Hierdoor moet je sterk effectgerichte normen op internationale schaal vaststellen. Je moet bijvoorbeeld vastleggen hoeveel zwaveldioxide en ozon er in de lucht mag zitten. Worden deze normen in de atmosfeer overschreden kun je er echter niets meer aan doen. Luchtverontreiniging moet aan de bron worden bestreden, saneren van verontreinigde lucht is zinloos.



Figuur 2.2 Ook voor schijnbaar lekkere geurtjes gelden normen.

Bij de vaststelling van luchtkwaliteitsnormen moet je rekening houden met het feit dat concentraties van stoffen in de lucht en in de tijd sterk kunnen verschillen. De weersomstandigheden spelen hierbij een belangrijke rol, maar ook de sterke verdunning en verspreiding in de atmosfeer van luchtdeeltjes in het algemeen. Er worden daarom drie waarden bij de getalsmatige invulling van de normen gehanteerd.

1. **Het tijdgewogen gemiddelde.** Dit is de gemiddelde concentratie over een bepaalde periode.
2. **De percentielwaarde.** Deze waarde geeft aan in hoeveel procent van de tijd, overschrijding van de vastgestelde waarde niet is toegestaan.

3. **De piekwaarde.** Bij de bepaling van de beide bovenstaande waarden is een kortstondige hoge maximale concentratie mogelijk die over de meetperiode dan uiteindelijk wordt uit gemiddeld. Indien je een piekwaarde vaststelt, leg je ook deze maximale hoge waarde vast.

### **De percentielwaarde**

De percentielwaarde geeft aan in hoeveel procent van de tijd een vastgestelde waarde van de concentratie van een stof in de lucht niet mag worden overschreden. Een 98 percentielwaarde betekent dat in 98% van een jaar de concentratie van een stof niet hoger mag zijn dan de percentielwaarde. Wat gebeurt er dan in de 2% van de tijd die overblijft? Hierover wordt niets gezegd. Je begrijpt dat zich in deze periode grote problemen kunnen voordoen zonder dat de percentielwaarde over de gehele periode overschreden wordt. Om dit te voorkomen wordt er een piekconcentratie vastgesteld die nooit gepasseerd mag worden. De percentielwaarden voor gassen gaan uit van daggemiddelden gerekend over een geheel jaar (366 dagen).

#### *Voorbeeld*

Stel dat je een percentielwaarde van 98%  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{SO}_2$  tegenkomt. Wat betekent dit dan?

#### *Uitwerking*

Gedurende 98% van het jaar (358,7 dagen) mag deze waarde niet overschreden worden. In 2% van de dagen dus wel. Echter 1 piekdag met extreme waarden kan enorme schade aanrichten. Vandaar dat er ook piekgrenswaarden per (deel van) een uur worden vastgesteld.

Bijvoorbeeld:

- $900 \mu\text{g}/\text{m}^3$  voor 30 minuten
- $830 \mu\text{g}/\text{m}^3$  voor 1 uur
- $750 \mu\text{g}/\text{m}^3$  voor 2 uur enz.

Als verdere aanscherpen van de normen kunnen nog andere percentielwaarden worden voorgeschreven, bijvoorbeeld:

- 50%       $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- 95%       $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$

### **Vragen 2.2**

a. Een bedrijf krijgt over een periode van 24 uur de volgende emissie-eisen opgelegd:

- 98 percentielwaarde van 25 eenheden per uur
- tijdgewogen gemiddelde van 10 eenheden per uur
- piekwaarde van 50 eenheden per uur

Is het bedrijf in overtreding bij de volgende emissies?

- \* 25 eenheden per uur gedurende 9,5 uur?
- \* 500 eenheden per uur gedurende 28 min?
- \* 50 eenheden per uur gedurende 30 min en 25 eenheden per uur gedurende 8 uur?