

Drs. F. Hartogensis*

Bibliotheek Hoofdkantoor TNO
+ Groningen

Schadelijke factoren van chemische aard in het bedrijfsleven (gassen, dampen, nevels)**

1. De titel die hierboven staat, omvat eigenlijk een te groot gebied. In deze publikatie zal, zoals door de toevoeging reeds min of meer wordt aangegeven, alleen worden gesproken over die schadelijke factoren die met de ingeademde lucht in het menselijk lichaam geraken en dan de gezondheid (kunnen) benadelen.

De mens ademt in rust ongeveer 8 l lucht per minuut in en uit; bij zitten, staan, lopen en vooral bij het verrichten van min of meer zwaar werk kan dit volume tot een veelvoud van 8 l stijgen. Hij kan de ademhaling niet dan zeer korte tijd doen stilstaan; zonder speciale hulpmiddelen (b.v. maskers) kan hij dus niet voorkomen, dat hij bij het inademen ook eventueel aanwezige schadelijke bestanddelen naar binnen krijgt. Normale lucht bevat ongeveer 77,1 vol% stikstof, 20,7 % zuurstof, 1,2 % waterdamp (sterk afhankelijk van temperatuur en vochtigheid), 0,9 % edele gassen (vnl. argon) en 0,03 à 0,04 % kooldioxyde. Daarnaast komen altijd ook zeer geringe hoeveelheden van andere gassen in de lucht voor, b.v. sporen ozon, zwaveldioxyde, stikstofoxyden, koolmonoxyde, ammoniak en ook altijd stofdeeltjes. Deze bestanddelen zijn in het algemeen in de zeer kleine concentraties, waarin zij onder normale omstandigheden voorkomen, volkomen onschadelijk. Van schadelijke factoren kan men pas spreken als de aard en de concentratie van een bepaalde stof zodanig zijn, dat daarvan een schadelijke of hinderlijke invloed kan worden verwacht.

Schadelijke bestanddelen van de lucht kunnen zijn gasvormig, vloeibaar of vast. De vaste verontreinigingen, dus stofdeeltjes, komen hier niet aan de orde. De vloeibare bestanddelen, nevels, zijn in de praktijk veel minder belangrijk dan de gasvormige. Veel van wat zal worden gezegd van de gassen, geldt ook voor nevels; in andere opzichten kunnen nevels goed met stofdeeltjes worden vergeleken (deeltjes-grootteverdeling, bezinksnelheid). Het is mogelijk en soms gebruikelijk, de schadelijke bestanddelen naar andere gezichtspunten dan de aggregatietoestand te verdelen. Van medisch standpunt b.v. onderscheidt men prikkelende, verdovende of narcotische, verstikkende en vergiftige stoffen, daarbij zich baserend op de aard van de invloed van deze stoffen op de mens. Van chemische zijde, en dus o.m. met het oog op de chemische analyse, kan men spreken van zure of basische, oxyderende of reducerende stoffen. Soms verdeelt men deze stoffen naar de wijze van ontstaan; dan is

b.v. rook („fume” en „smoke”) een samenvatting van alles wat bij volledige of onvolledige verbranding is ontstaan, gasen als koolmonoxyde zowel als vaste stoffen. Al deze verschillende onderscheidingen hebben veelal praktische betekenis, hoewel de grenzen niet altijd duidelijk zijn.

De concentratie van een gas kan op twee verschillende wijzen worden uitgedrukt en wel in mg per m³ lucht en als volumedelen gas op een miljoen volumedelen lucht (parts per million of p.p.m., 1 cm³ op 1 m³ lucht of 0,0001 vol. %). Voor elk gas bestaat tussen deze twee concentraties een lineair verband, afhankelijk van het moleculegewicht; stoffen met een hoog moleculegewicht en dus een grote dichtheid zullen bij dezelfde volumetrische concentratie een hoger gewicht per m³ lucht hebben. In formule, bij een luchttemperatuur van 15 °C en bij 76 cm druk:

$$1 \text{ p.p.m.} = \frac{M}{23,6} \text{ mg/m}^3 \text{ lucht (M = moleculegewicht),}$$

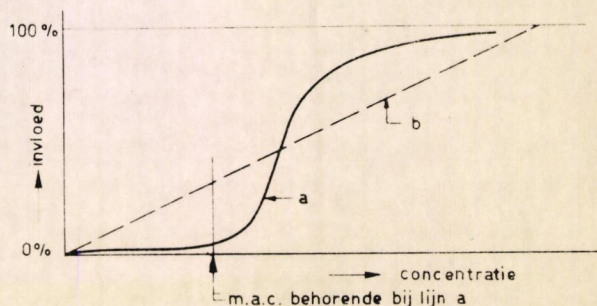
en ook omgekeerd:

$$1 \text{ mg/m}^3 \text{ lucht} = \frac{23,6}{M} \text{ p.p.m.}$$

2. Het menselijk lichaam beschikt gelukkig over veel mogelijkheden om eventuele schadelijk invloeden teniet te doen. Vele vergiften kan men, mits in geringe hoeveelheid, zonder schadelijke gevolgen naar binnen krijgen en weer uit het lichaam verwijderen; in zeer geringe concentraties ingeademd zijn ook de meeste ernstige vergiften niet schadelijk. Zodoende komt men tot het aanvaarden van een zekere grenswaarde, de maximaal aanvaardbare concentratie (m.a.c., vergelijk „maximum allowable concentration”) van een stof, dat is de concentratie die door de gezonde mens gedurende vele jaren 8 uur per dag kan worden ingeademd zonder dat hij daarvan schadelijke gevolgen ondervindt.

Zonder nu al te diep op dit begrip in te gaan is het toch nodig, de aandacht te vestigen op vele onzekere factoren. Zo reageren niet alle mensen op dezelfde wijze; er is een, soms zeer uitgesproken, persoonlijke gevoeligheid. Indien deze sterk overweegt, b.v. bij bepaalde allergiën, verliest het begrip m.a.c. zijn betekenis. Een ander punt van onzekerheid is: wat zijn schadelijke gevolgen? Met name in Oost-Europa beschouwt men bepaalde invloeden op het zenuwstelsel, vooral de invloed op de z.g. voorwaardelijke reflexen, die soms op zeer vernuftige wijze kan worden gemeten, zeer snel als schadelijk, iets wat naar West-Europese inzichten niet juist is. Een derde onzekere factor is: hoe kan men de m.a.c. bepalen? Proeven op mensen, die daartoe vele jaren achtereens steeds 8 uur per dag aan een constante concentratie van een stof zouden moeten worden blootgesteld, zijn vrijwel onuitvoerbaar en soms zelfs niet verantwoord. Daarom wordt de m.a.c. vooral bepaald enerzijds uit dierproeven, met alle onzekerheden van extrapolatie van de uitkomsten op de mens, en anderzijds uit onderzoek van industriële situaties, waarbij dan zowel de in de praktijk voorkomende concentraties als de invloed daarvan op de mensen moeten worden bepaald.

In feite vóóronderstelt het begrip m.a.c., dat de schade-



* Hoofd van de Afdeling Industriële Luchtverontreiniging van het Instituut voor Gezondheidstechniek T.N.O.

** Inleiding gehouden op 1 december 1959. Tevens publikatie nr. 124 van het Instituut voor Gezondheidstechniek T.N.O.

lijke invloed van een bepaalde stof, die bij een concentratie o afwezig zal zijn en bij een hoge concentratie volledig aanwezig, bij toenemende concentratie ergens snel zal toenemen, m.a.w. dat deze invloed bij toenemende concentratie een verloop geeft als met lijn *a* getekend. Bij een lineair verband (lijn *b*, gestreept), dat men b.v. voor radioactieve stoffen meent te hebben aangetoond, verliest het begrip m.a.c. zijn betekenis niet geheel, maar kan van een scherpe grenswaarde toch niet meer worden gesproken. De vraag wordt dan: hoeveel schadelijke invloed acht men nog aanvaardbaar?

Ondanks dit alles is de m.a.c. voor de technicus een onontbeerlijk houvast: hij weet hoe gevoelig de analyses moeten zijn, hij kan althans in ruwe trekken aangeven of een gevonden concentratie wel of niet verontrustend is en hij heeft een uitgangspunt bij het berekenen van de vereiste afzuiging of ventilatie. Vooral dit laatste acht ik voor de praktijk van betekenis. Indien, zoals vroeger wel geschiedde, de eis wordt gesteld dat in de lucht b.v. geen lood aantoonbaar mag zijn, moet de ontwerper van een afzuig- of ventilatiesysteem of een eigenlijk veel te sterke afzuiging maken, of naar eigen idee een afzuiging ontwerpen en hopen dat de analysemethode niet al te gevoelig zal zijn; het hangt nl. zowel van de concentratie van de stof als van de gevoeligheid van de analysemethode af, of er iets zal kunnen worden aangetoond.

3. Een volledige analyse van lucht is volkomen onmogelijk. De normale gasanalyse, waarbij dus zuurstof, stikstof, eventueel edele gasen, kooldioxyde en waterdamp worden bepaald, is al bijzonder goed indien de hoofdbestanddelen worden bepaald met een nauwkeurigheid van 0,05 of 0,01 vol.%, dat is 500 of 100 p.p.m. Een gas dat in een concentratie van b.v. 1 p.p.m. = 0,0001 vol.% aanwezig is, kan dus alleen worden bepaald door een daarop gerichte analyse. Dit betekent, dat vooraf bekend moet zijn waarop men moet reageren, dus welke schadelijke bestanddelen wellicht aanwezig zullen zijn. Soms is dit direct duidelijk en zijn de omstandigheden zodanig, dat maar aan één of aan enkele stoffen kan worden gedacht; bij een tribad reageert men op tridamp, bij het maken of verwerken van verf op de damp van de vluchtige bestanddelen daarvan, enz.

Luchtanalyses hebben alleen zin indien zij antwoord kunnen geven op een bepaalde vraag. In grensgevallen zijn analyses dikwijls nodig om te weten of al dan niet maatregelen moeten worden genomen. In andere gevallen kan b.v. worden nagegaan vanwaar een bepaalde schadelijke stof zich in de lucht verspreidt, of kunnen luchtanalyses de diagnose van de bedrijfsarts al dan niet steunen.

Bij een onderzoek naar de aanwezigheid van schadelijke factoren moet de lucht steeds zodanig worden onderzocht, dat uit de analyses een representatief beeld kan worden verkregen van dat wat de mensen inademen. De concentratie van een bestanddeel zal afhangen van zeer vele factoren: de werkzaamheden, de plaats van de meting, de luchtbeweging in de ruimte (die op zijn beurt weer wordt beïnvloed door de wind buiten, en de soms zeer wisselende ventilatie in het gebouw), dikwijls ook de tijd van de dag, soms de temperatuur (verdampingssnelheid). Al deze omstandigheden moeten worden vastgelegd, en dan moet worden nagegaan of ze niet te veel verschillen van de normale omstandigheden. Indien b.v. tijdens een onderzoek met opzet alle ramen en deuren zoveel mogelijk worden gesloten, terwijl zij meestal geopend zijn, met het doel hoge concentraties te vinden, dan zijn de uitkomsten niet representatief voor normale omstandigheden, maar geven alleen een beeld van wat men op zijn slechtst kan verwachten.

4. De analysemethoden zelf vallen in twee groepen uiteen. Bij de eerste reageert men ter plaatse en weet direct de uitkomst. Als voorbeeld kan worden genoemd het Dräger-Gasspürgerät, waarbij buisjes met reagentia kunnen worden geleverd voor een groot aantal dikwijls voorkomende bestanddelen. Met behulp van een balgje zuigt men wat lucht door zo'n buisje; bij aanwezigheid van de stof waarvoor het buisje is bestemd (b.v. koolmonoxyde, benzinedamp, benzeen of benzol, ammoniak), ontstaat een verkleuring, die

tevens een maat geeft voor de concentratie. Dergelijke methoden zijn eenvoudig, goedkoop en kunnen door mensen uit het bedrijf worden toegepast. De buisjes zijn niet onbepaald houdbaar; de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid zijn redelijk, maar niet zo goed als bij de tweede groep analysemethoden. Vooral bij negatieve uitkomst (geen verkleuring) verdient het aanbeveling, na afloop na te gaan of de buisjes nog goed reageren.

Dikwijls worden methoden gebruikt die ingewikkelder, maar ook betrouwbaarder of nauwkeuriger zijn. Daarbij zal bijna altijd eerst een zeker volume lucht door een wasfles, absorptiebuis of soortgelijk apparaat worden gezogen, waarna in het laboratorium de chemische analyse volgt. Enkele voorbeelden:

Voor het bepalen van het gehalte aan zwaveldioxyde wordt ongeveer 1 à 2 m³ lucht gezogen door een NaOH-oplossing; later wordt de verkregen oplossing met H₂O₂ behandeld, waardoor alle zwavel in sulfaat zal worden omgezet, wat dan wordt neergeslagen met een bariumchlorideoplossing. De ontstane troebeling wordt daarna langs optische weg gemeten; de hoeveelheden zijn vrijwel altijd te klein om door wegen te worden bepaald.

Voor het bepalen van benzeen (en andere aromatische koolwaterstoffen) kan b.v. lucht worden gezogen door een speciaal geconstrueerde wasfles, die alcohol bevat. Van de verkregen oplossing wordt de lichtabsorptie bepaald bij drie of meer verschillende golflengten; uit de gemeten waarden van de lichtabsorpties kunnen de hoeveelheden benzeen, toluen en eventueel nog andere aromatische koolwaterstoffen worden bepaald.

In het algemeen kan worden gezegd, dat de chemische analyse zeer specifiek en zeer gevoelig zal moeten zijn; soms, vooral bij grote series bepalingen, niet te langdurig. Aan de nauwkeurigheid worden echter geen hoge eisen gesteld. Door allerlei omstandigheden, b.v. door de luchtbeweging, zal de werkelijke concentratie meestal sterke schommelingen vertonen en een zeer nauwkeurige bepaling heeft dan weinig zin.

5. Het is wellicht uit het voorgaande duidelijk geworden, dat het opsporen van schadelijke factoren nog al eens heel anders loopt dan wordt verwacht. Zo herinner ik mij een geval waarin de arbeiders o.m. over hoofdpijn klaagden; de klachten boden weinig houvast. In de ruimte waarover het ging werd o.m. een formaldehyd-ureum lijm gebruikt. Hoevel iets van de bestanddelen van deze lijm in de lucht aantoonbaar was, bleek dat de klachten werden veroorzaakt door koolmonoxyde, dat de voor het intern transport gebruikte wagens in de lucht brachten! Gelukkig maakte de bedrijfsleiding ons op deze mogelijkheid opmerkzaam; het aantonen is dan niet meer zo moeilijk. Bij het verwerken van bepaalde kunststoffen worden ook nog al eens klachten gehoord, maar hier weten wij nog niet met zekerheid welk bestanddeel nu eigenlijk de oorzaak van de klachten is.

Het is, tenslotte, nodig erop te wijzen dat men uiterst voorzichtig moet zijn met de interpretatie van de meetuitkomsten. Deze kunnen zijn beïnvloed door zeer vele verschillende factoren, b.v. door het feit dat er metingen worden gedaan en er daarom bijzonder zorgvuldig of juist bijzonder slordig wordt gewerkt, door de weersomstandigheden, die de ventilatie beïnvloeden of door toevallige storingen in het bedrijf, die nagenoeg niet worden bemerkt. Het kan zijn dat niet alles is onderzocht wat eigenlijk had moeten gebeuren; in het bovenvermelde geval dat koolmonoxyde de oorzaak van klachten bleek te zijn, had b.v. zeer goed kunnen zijn verzuimd om op koolmonoxyde te reageren. Klachten van arbeiders kunnen te wijten zijn aan buiten het bedrijf gelegen oorzaken of aan oorzaken, die niets met luchtverontreiniging te maken hebben. In feite moet dikwijls een conclusie worden getrokken uit een betrekkelijk klein aantal gegevens, omdat het niet nodig leek om andere gegevens te verzamelen. Dit vergt een zeer kritische instelling, soms overleg met anderen en ook een zekere mate van ervaring. In twijfelgevallen is het beter geen conclusie te geven dan een niet verantwoordelijke.