

DE ZUURKAST NADER BESCHOUWD

I.A.V.M. Rapport nr.17

Voorjaar 1989

Auteurs: Subgroep 'zuurkasten' van de werkgroep voor Chemische en Toxicologische Veiligheid. (Zie voor samenstelling pag.8)

Overname van de tekst of gedeelten daarvan is uitsluitend toegestaan met vermelding van de bron.

VOORWOORD

Men kan zich afvragen, waarom aan een schijnbaar zo eenvoudig meubelstuk als een zuurkast, een volledig rapport moet worden gewijd.

In de praktijk blijkt echter het volgende:

1. Een zuurkast is een van de belangrijkste technische voorzieningen om de laboratoriummedewerker te beschermen tegen blootstelling aan chemicaliën.
2. Bij de gebruikers is weinig kennis aanwezig over de factoren, die de goede werking van de zuurkast beïnvloeden, zowel positief als negatief.
3. In Nederland is weinig gepubliceerd over het fenomeen zuurkast. De P-bladen van de Arbeidsinspectie gaan hier slechts summier op in.
4. Bij de aankoop van zuurkasten fungeert de prijs vaak overwegend als keuze-criterium.

Een en ander heeft er toe geleid, dat binnen de werkgroep Chemische en Toxicologische Veiligheid van de Interuniversitaire Adviescommissie Veiligheids- en Milieuwetgeving (IAVM) het initiatief ontstond om nadere studie aan dit onderwerp te wijden en informatie te vergaren.

Het voor U liggende rapport is het resultaat van deze inspanningen.

Door de Interuniversitaire Adviescommissie voor Veiligheids- en Milieuwetgeving (IAVM) zijn de volgende rapporten uitgebracht (enkele in samenwerking met de Landelijke Werkgroep voor Chemisch Afval: LWCA):

Nr.	Titel	Prijs (f)
1.	Adsorptiemiddelen	5.00
2.	Kwik aan universiteiten, hogescholen en ziekenhuizen.	7.50
3.	Het gebruik van formaline op anatomische afdelingen en de noodzakelijke bouwkundige en technische voorzieningen.	10.00
4.	Categoriale indeling en codering van chemische afvalstoffen (herzien in rapport 10).	-----
5.	Kleine blusmiddelen	6.00
6.	Afvalstoffen van instellingen voor intramurale gezondheidszorg, proefdier- en microbiologische laboratoria. Uitverkocht.	-----
7.	Inzamelen van chemisch afval afkomstig van instellingen voor onderzoek en onderwijs. Uitverkocht.	-----
8.	Chemisch afval; wereldmilieudag 1984	4.50
9.	Inzamelen en verwijderen van radioactief afval afkomstig van universiteiten, hogescholen en academische ziekenhuizen.	11.50
10.	Indeling en etikettering van chemisch afval; uniforme regeling.	12.00
11.	Calamiteitenbestrijding; beschouwing omtrent de interne hulpverleningsorganisatie.	10.50
12.	Richtlijnen laserveiligheid voor instellingen voor onderzoek en onderwijs.	13.00
13.	Emissies van laboratoria; wereldmilieudag 1985.	5.50
14.	Konsequenties invoering ARBO-wet	8.00
15.	Bedrijfsafvalstoffen; wereldmilieudag 1985	7.75
16.	Energie, binnenmilieu en veiligheid; wereldmilieudag 1988, i.s.m. Enerco.	15.00
17.	De zuurkast nader beschouwd.	20.00

Bovenstaande rapporten kunnen worden besteld door storting van het aangegeven bedrag op postgironummer 37 23 521 t.n.v. R.A. in 't Veld, Bureau Veiligheid RUL, Boerhaavelaan 3A, Leiden onder vermelding van het nummer van het gewenste rapport.

INHOUDSOPGAVE

1	<u>INLEIDING</u>	7
	1.1 Voorgeschiedenis van dit rapport	7
	1.2 Samenstellers van dit rapport	8
	1.3 Doelgroepen	8
2	<u>CONSTRUCTIEVORMEN</u>	9
	2.1 Definitie en grondvormen van de zuurkast	9
	2.1.1 Definitie	9
	2.1.2 Conventionele zuurkast	9
	2.1.3 Zuurkast met by-pass	10
	2.1.4 Zuurkast met suppletie-lucht	11
	2.1.5 Konklusie	12
	2.2 Speciale vormen van zuurkasten	12
	2.2.1 Walk-in of drive-in kast	12
	2.2.2 Recirculatiezuurkast	13
	2.2.3 Handschoenenkast	13
	2.2.4 Biologisch veiligheidskabinet	14
	2.3 Andere vormen van afzuiging	14
	2.3.1 Puntafzuiging	14
	2.3.2 Afzuigkap	14
3	<u>TECHNISCHE AANDACHTSPUNTEN.</u>	15
	3.1 De functie van een zuurkast	
	3.2 Enkele luchttechnische constructiedetails	16
	3.2.1 Stromingsschotten	16
	3.2.2 Afgeronde zijkanalen	18
	3.2.3 (Zwevende) dop	18
	3.2.4 Aerodynamische raamgreep	19
	3.2.5 Beugel voor de zuurkast	20
	3.2.6 Het schuifraam	20
	3.2.7 Afzuiging onderkastjes	21
	3.3 Overwegingen bij de aanschaf	22
	3.3.1. Gebruiker	22
	3.3.2. Beheer	23
	3.4 Uitvoeringsvorm in afhankelijkheid van de aard van de werkzaamheden	23
	3.4.1 Standaard laboratoriumwerkzaamheden	23
	3.4.2 Zuurdestructies	24
	3.4.3 Waterstoffluoride	24
	3.4.4 Perchloorzuur	24
	3.4.5 Licht-brandbare vloeistoffen en explosierisico's	25
	3.4.6 Radionucliden	25
	3.4.7 Micro-organismen	25
	3.4.8 (Zeer) toxische stoffen	25
	3.4.9 Experimenten met warmteproductie	26

<u>4</u>	<u>VENTILATIE VAN DE WERKRUIMTE.</u>	27
4.1	Inleiding	
4.1.1	Plaats in de werkruimte	27
4.1.2	Enkele begrippen in de zuurkasttechniek	27
4.1.3	Luchttechnische aspecten	27
4.2	Ruimteventilatie via zuurkasten	28
4.2.1	Afzuiging zonder mechanische toevoer van lucht	28
4.2.2	Ventilatievoud van de werkruimte in relatie tot het aantal zuurkasten	29
4.2.3	Gescheiden ventilatie van de ruimte en van de zuurkasten	29
4.3	Andere aspecten	30
4.3.1	Ruimteventilatie en opslag van chemicaliën	30
4.3.2	Calamiteiten	30
<u>5</u>	<u>INSTRUCTIES VOOR GEBRUIKERS.</u>	31
5.1	Hoe veilig te werken in de zuurkast	31
5.2	Preventieve veiligheidsmaatregelen	32
5.3	Veiligheidsmaatregelen tijdens het experiment	32
<u>6</u>	<u>ZUURKASTKEURINGEN EN ONDERHOUD.</u>	35
6.1	Algemeen	35
6.2	Installatiekeuring	36
6.3	Periodieke keuring	36
6.3.1	Beperkte keuring	36
6.3.2	Uitgebreide keuring	37
6.4	Normstelling	37
6.5	Onderhoud	38
6.6	Luchttechnische metingen	39
<u>7</u>	<u>ZUURKASTEMISSIONS.</u>	41
7.1	Inleiding	41
7.2	Het specifieke karakter van laboratoriumprocessen	42
7.3	Emissiebeperking of verdunning?	42
7.4	Samenvatting en conclusies	44
<u>8</u>	<u>SLOTOPMERKINGEN.</u>	45
<u>9</u>	<u>LITERATUUR.</u>	47

BIJLAGEN.

I	<u>ENKELE KEURINGSFORMULIEREN.</u>	55
I.1	Keuringssticker Kon./Shell Laboratorium Amsterdam	55
I.2	Keuringssticker Technische Universiteit Eindhoven	56
II	<u>LUCHTTECHNISCHE METINGEN</u>	57
II.1	Capaciteitsmeting	57
II.2	Luchtsnelheidsmetingen in het raamvlak	57
II.2.1.	Verstorings	58
II.2.2.	(On)gevoeligheid van de meter	58
II.2.3.	Richtingsonafhankelijkheid hittedraadanemometer	58
II.2.4.	Variatie van luchtsnelheid in de tijd	58
II.2.5.	Ongelijkzijdigheid der luchtsnelheidsmetingen	59
II.2.6.	Plaats van de meetpunten	59
II.3	Kwantificering van de afzuigeffectiviteit	60
II.3.1.	Aard van het testgas	61
II.3.2.	Plaats en snelheid uitstromend gas	61
II.3.3.	Stand van het raam	61
II.3.4.	Verstorings in of vóór de kast	61
II.3.5.	Plaats van de concentratiemetingen	62
II.3.6.	Lokatie van de test	64
II.3.7.	Detectietechniek en -apparatuur	65
II.3.8.	Te hanteren kwaliteitsparameter	65
II.4	Rookproeven	66
II.5	Meetvoorschrift	67
II.5.1.	Benodigde apparatuur	67
II.5.2.	Direct meten dan wel bemonsteren	67
II.5.3.	Procedure	68
III	<u>BEREKENING DOORSPOELING I.V.M. LEKKAGE.</u>	69
III.1	Inleiding	69
III.2	Algemene afleiding van de concentratie van etherdamp in een zuurkast	69
III.3	Rekenvoorbeeld voor de verdamping van ether	71
IV	<u>ZUURKAST EN ENERGIE</u>	73
IV.1	Uitgangspunten	73
IV.2	Rekenvoorbeeld	74
V	<u>SITUERING VAN ZUURKASTEN EN UITLATEN</u>	77
V.1	Zuurkast en werkruimten	77
V.2	Uitblaasopeningen	82
V.3	Frequentieverdeling windrichtingen	86

HOOFDSTUK 1

INLEIDING

1.1 Voorgeschiedenis van dit rapport

De samenstellers besloten in 1984 om samen te werken op grond van eigen ervaringen en problemen met zuurkasten. Dit initiatief ontstond binnen de Werkgroep voor Chemische en Toxicologische Veiligheid van de Interuniversitaire Adviescommissie voor Veiligheids- en Milieuwetgeving (IAVM) na een voordracht van A.G. Kroes van het Koninklijke/Shell Laboratorium te Amsterdam. Kroes had kort tevoren een studie in het kader van de cursus hogere veiligheidskunde afgerond met een scriptie getiteld: "Zuurkasten in laboratoria; hoe goed zijn ze, hoe goed blijven ze en hoe moeten we ermee werken".

Uitgaande van door Kroes opgestelde voorschriften zijn er sedert medio 1984 door een aantal studenten diverse metingen verricht aan zuurkasten. Genoemde metingen zijn achtereenvolgens uitgevoerd door:

- | | | |
|--------------------------------------|----------|---------|
| - J.H.S. van der Wielen-van der Wiel | (T.U.E.) | Ref.62 |
| - G. Bolkesteyn | (U.T.) | Ref.63 |
| - D. Verbeek | (U.T.) | Ref.64 |
| - H. Jaartsveld | (L.U.W.) | Ref.65 |
| - M. van der Weyden | (U.T.) | Ref.100 |
| - F. van Riel | T.U.E.) | Ref.106 |

Daar waar firmanamen zijn genoemd en/of door hun beschikbaar gesteld illustratie-materiaal is gebruikt, houdt dit geen enkel waarde-oordeel in: noch over het genoemde of gebruikte materiaal, noch over niet vermelde fabrikaten.

De auteurs hebben dit rapport in 1987/1988 geschreven naar beste weten aan de hand van de op dat moment bekende stand van zaken en vanuit hun betrokkenheid bij zuurkasten in laboratoria.

In dit rapport staan de resultaten van een aantal activiteiten, in hoofdzaak zijn dit:

- literatuuronderzoek;
- metingen;
- discussies.

Een goed overzicht van de bestaande literatuur is te vinden in de eerder genoemde scriptie van Kroes (Ref.46); excerpten van de geciteerde literatuur zijn aldaar tevens opgenomen. Verder is een overzicht van relevante literatuur te vinden in hoofdstuk 9 van dit rapport. Bijzondere aandacht verdienen hier Ref.8, 20, 33, 36, 39, 56, 69, 76 en 96.

1.2 De samenstellers van dit rapport

Het voor U liggende rapport is samengesteld door, in alfabetische volgorde,:

J. Bock:	Veiligheidskundige bij het Medisch Biologisch Laboratorium TNO, Rijswijk.
A.G. Kroes:	Veiligheidsadviseur bij het Koninklijke Shell Laboratorium, Amsterdam.
A.E. Roodbeen:	Veiligheidskundige bij de Landbouwuniversiteit Wageningen.
Ing. J. Reitsema:	Hoofd Bureau Veiligheid en Milieu van de Universiteit Twente, te Enschede.
Drs. E. Swaan:	Veiligheidskundige bij Faculteit Scheikundige Technologie van de Technische Universiteit Eindhoven.

Zij zijn tal van personen zeer erkentelijk voor de medewerking bij het opstellen van dit rapport.

1.3 Doelgroepen

Wij menen dat dit rapport bestemd is voor iedereen, die uit hoofde van zijn werkzaamheden iets met zuurkasten te maken heeft. Wij denken hierbij aan personen werkzaam o.m. in de volgende branches:

- het constructiebureau moet het programma van eisen van de gebruiker(s) vertalen naar een goede (werktuig-)bouwkundige opzet.
- het energiebureau moet weten tot hoever het mag/kan gaan met het bezuinigen zonder de veiligheid in gevaar te brengen.
- de onderhoudsdienst moet weten hoe, wat, waar en met welke frequentie de werking van het afzuigsysteem moet worden gecontroleerd en op welke wijze de onderhouds- en schoonmaakwerkzaamheden veilig kunnen worden uitgevoerd.
- de inkoopafdeling moet weten hoe zij het programma van eisen moet interpreteren, opdat er verder wordt gekeken dan de goedkoopste offerte.
- de veiligheidsdienst zal moeten aangeven welke punten uit het programma van eisen in ieder geval moeten worden gerealiseerd, maar tevens: op welke wijze de veilige werking van de bestaande zuurkasten kan worden vastgesteld.
- voor de laboratoriumdirectie is het van belang, dat er een gedegen programma van eisen wordt opgesteld teneinde zijn verantwoordelijkheid voor de veiligheid van de eigen werknemers inhoud te geven.
- de gebruiker die (helaas) in het algemeen tijdens zijn beroepsopleiding weinig heeft geleerd over de belangrijkste veiligheidsaspecten van zuurkasten, zal zich moeten realiseren hoe de zuurkasten voldoende veilig te gebruiken. De gebruiker is het, die gesteund door vele in het voorafgaande genoemde diensten, het programma van eisen moet invullen. (zie Ref. 27)
- de installateur moet weten wat hij waar moet opstellen; daarbij komen o.m. aan de orde: de afmetingen, de aansluitingen op o.m. de lucht toe- en afvoersystemen, de water toe- en afvoer, de electriciteitsnetten, de persluchtleiding etc. De installateur tenslotte levert alle noodzakelijke technische gegevens aan de gebruiker.
- de leverancier/fabrikant levert het gevraagde product en de noodzakelijke gegevens ten behoeve van gebruik en onderhoud.

HOOFDSTUK 2

CONSTRUCTIEVORMEN

2.1 Definitie en grondvormen van de zuurkast

2.1.1 Definitie:

De naam zuurkast beschrijft onvoldoende het object van bespreking, vandaar de volgende definitie (Ref. 87):

"Een zuurkast is een gedeeltelijk omsloten werkruimte met voorzieningen, waarbij langs mechanische weg een luchtstroom verkregen wordt in iedere opening tussen zuurkast en werkruimte, gericht in de zuurkast en met een zodanige snelheid, dat handelingen en processen veilig en doelmatig kunnen worden uitgevoerd en verspreiding van schadelijke stoffen in de werkruimte wordt voorkomen".

Hiertoe laat men een grote hoeveelheid lucht door de zuurkast stromen, die gelijkmatig over de werkopening van de kast wordt verdeeld, zodat een goede doorspoeling van de kast wordt verkregen. De gelijkmatige luchtstroom in de gehele werkopening wordt sterk beïnvloed door de luchtbewegingen in de ruimte voor de zuurkast. In het algemeen moet de luchtsnelheid in de omgeving van de zuurkast kleiner zijn dan de luchtsnelheid in de werkopening en in de eventueel aanwezige by-pass (zie: 2.1.3).

Van drie grondvormen zal in het kort het werkingsprincipe worden besproken, de relatie met de ruimteventilatie komt later uitgebreid aan de orde.

2.1.2 Conventionele zuurkast.

Bij de conventionele zuurkast (zonder by-pass) wordt een vaste hoeveelheid lucht afgezogen. Dit heeft tot gevolg dat de luchtsnelheid in de raamopening sterk afhankelijk is van de raamstand. In het algemeen kan men dit als de Duitse benadering van de zuurkast beschouwen. Afhankelijk van de afgezogen hoeveelheid lucht kan het hierbij voorkomen dat of bij volledig geopend raam onvoldoende bescherming tegen schadelijke dampen wordt verkregen, dan wel dat bij geheel gesloten raam een zodanig hoge luchtsnelheid optreedt dat luchturbulenties de experimenten verstoren. Een goed compromis is hier vaak moeilijk te vinden.

Vaak zijn stromingsschotten aangebracht voor een goede regelmatige doorspoeling van de kast. Het achterschot dient vooral om een goede afzuiging te realiseren over het werkblad, vooral van belang bij het werken met zware dampen.

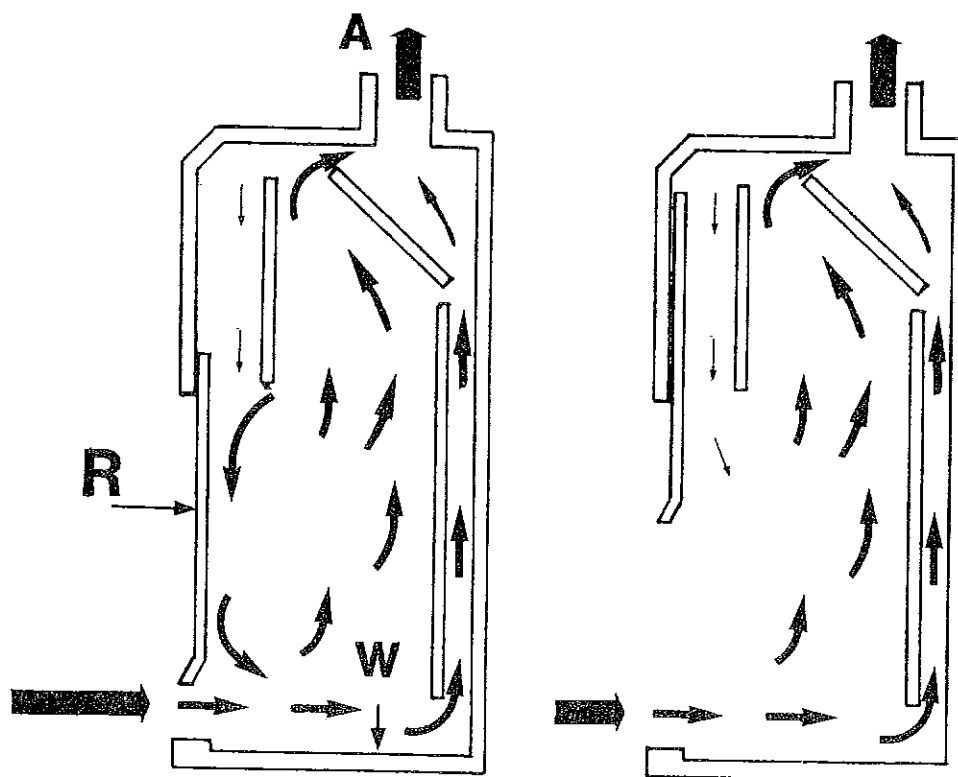


Fig. 2.1 Luchtstroming door een conventionele zuurkast (zonder by-pass).

A = afzuigkanaal
R = schuifraam
W = werkblad

2.1.3 Zuurkast met by-pass.

Het type zuurkast met by-pass is zodanig uitgevoerd dat bij een constant afgezogen hoeveelheid lucht de snelheid in de raamopening binnen bepaalde grenzen onafhankelijk is van de raamstand. Dit heeft het voordeel dat de "terugstroom" van gassen en dampen naar het werklokaal bij alle raamstanden gelijk mag worden geacht.

Nederland propageert in P 130-1 (Ref.86) nog de zuurkast met bypass, omdat de raamsnelheid dan niet toeneemt en in een "storm" ontaart, maar accepteert in conceptpublicatieblad CP 16-1 (Ref. 87) onder 5.5.4.4. een zuurkastconstructie zonder bypass, maar stelt wel eisen aan dit alternatief.

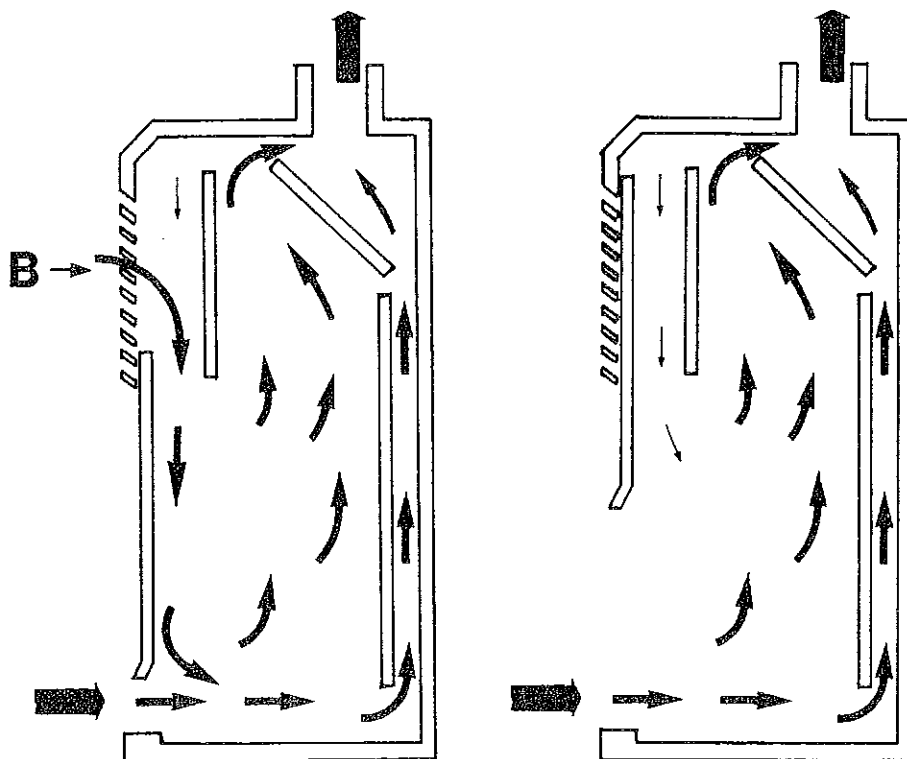


Fig. 2.2 Luchtstroming door een zuurkast met bypass (=B).

2.1.4 Zuurkast met suppletie lucht.

Een zuurkast is een veel lucht vragende vorm van bescherming voor de laboratoriummedewerker. Indien de lucht, die daartoe in de werkruimte wordt gebracht, geconditioneerd is, zijn de energiekosten hoog. Om hieraan tegemoet te komen bestaan er uitvoeringsvormen met suppletie lucht. Dit houdt in dat van de afgezogen lucht een constant gedeelte wordt betrokken van buiten het werklokaal. Vaak is dit goedkope, niet geconditioneerde lucht.

Deze benadering die in Engeland en Amerika het meest wordt aangetroffen heeft een aantal nadelen:

- er kan condensatie optreden in de kast, indien de suppletie lucht te koud is;
- door deze condensatie kunnen corrosieproblemen optreden;
- temperatuurverschillen van de lucht in de kast kunnen turbulentie veroorzaken, waardoor lek naar buiten kan optreden.

Er is in Nederland o.i. nog te weinig ervaring met dit type om een advies te kunnen formuleren.

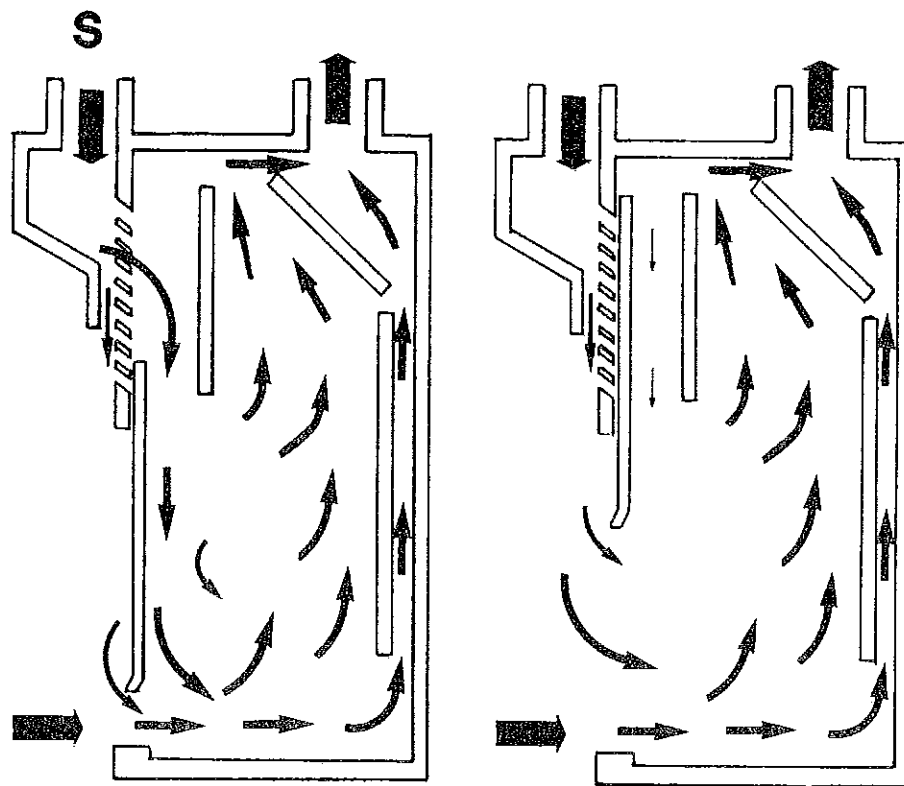


Fig. 2.3 Voorbeeld van een luchtstroming door de zuurkast met suppletie lucht.
(S = suppletielucht).

2.1.5. Konklusie.

In het algemeen staan ons luchttechnisch gezien twee middelen ter beschikking om het ongewenst naar buiten treden van stoffen te voorkomen.

Dat is in de eerste plaats door in de raamopening een zodanig hoge luchtsnelheid te creëren, dat het voor de stoffen nagenoeg onmogelijk is om tegen de stroom naar buiten te komen.

In de tweede plaats kan, door het aanbrengen van allerlei aerodynamische voorzieningen, worden bereikt dat overal in de raamopening een met dezelfde snelheid en naar binnen gerichte luchtstroom ontstaat. Deze snelheid hoeft dan niet noodzakelijkerwijs erg hoog te zijn.

2.2 Speciale vormen van zuurkasten

2.2.1 Walk-in of drive-in kast.

Soms zijn de laboratoriumopstellingen te groot voor een normale zuurkast. Voor deze gevallen bestaan "walk-in" kasten die een werkruimte hebben vanaf de vloer. Luchttechnisch gezien zijn dit uiteraard dure kasten, omdat voor het verkrijgen van dezelfde luchtsnelheid als bij een gewone kast veel meer (geconditioneerde)

lucht nodig is. Er bestaan evenwel uitvoeringen waarbij twee schuiframen zodanig zijn gekoppeld dat de werkopening altijd voor minstens 50 % is gesloten. De maximale raamopening is dan gelijk aan die van een gewone kast. Het is verleidelijk om, indien de behoefte aan een walk-in kast niet meer bestaat, deze om te bouwen door het plaatsen van een werkblad. Dit moet in het algemeen worden afgeraden omdat dan de stromingsschotten, met name aan de achterkant, niet meer optimaal functioneren.

2.2.2 Recirculatiezuurkast.

Een recirculatiezuurkast voert de lucht die uit het werklokaal wordt aangezogen met behulp van een eigen ventilator weer terug in het werklokaal. De lucht passeert dan wel een filter. Deze zuurkasten dragen niet bij aan het ventilatievoud van het werklokaal; soms is dit een voordeel, maar soms ook is het een nadeel!

Voor de in de handel zijnde recirculatiezuurkasten is een groot assortiment filters te verkrijgen (o.a. actief-kool en deeltjes filters) waarmee veel chemicaliën redelijk tot goed afgevangen kunnen worden. De filters zijn soms geïmpregneerd met sterk ruikende, niet schadelijke stoffen, die vrijkomen als het filter verzadigd is.

Als steeds met eenzelfde stof gewerkt wordt kan met een recirculatiekast soms nog wel veilig gewerkt worden. Het continu meten van de concentratie van de gebruikte stof direct na het filter is echter ook dan aan te bevelen.

Vocht en reacties tussen verschillende chemicaliën kunnen in het filter echter voor onverwachte problemen zorgen.

Het gebruik van recirculatiezuurkasten voor algemeen laboratoriumgebruik raden wij dan ook af.

Met zeer giftige stoffen mag men niet in recirculatiezuurkasten werken.

In ieder geval mag de concentratie van de stof in het werklokaal niet boven de MAC-waarde uitkomen. Bij het gebruik van dit type kasten voor vluchtige stoffen kunnen de filters snel worden verzadigd; dit geldt met name voor brandbare stoffen.

Samenvattend: In het algemeen kan een recirculatie-zuurkast slechts in bepaalde gevallen worden gebruikt. Een onafhankelijke afzuiging, dus een niet recirculerend systeem, heeft vanuit veiligheidsoogpunt gezien altijd de voorkeur. (zie ook Ref.74).

2.2.3 Handschoenenkast.

Een handschoenenkast, ook wel "glove-box" genoemd, moet gebruikt worden bij het manipuleren met zeer toxische stoffen. Het is een gesloten systeem met een sluis voor armlange handschoenen zijn bevestigd.

In de kast heerst een onderdruk om lek naar buiten te voorkomen.

2.2.4. Biologisch veiligheidskabinet.

Biologische veiligheidskabinetten beschermen de werker en het milieu tegen in de lucht zwevende microorganismen en in een aantal gevallen ook het materiaal waarmee gewerkt wordt tegen microorganismen uit de lucht van het werklokaal.

Men onderscheidt biologische veiligheidskabinetten van klasse I, II en III. Hiervan geeft type III de grootste bescherming aan de werker (zie onder).

Een klasse I kabinet heeft een open front en beschermt de werker door een naar binnen gerichte luchtstroom. De af te voeren lucht wordt door een HEPA-filter (High Efficiency Particulate Air) gefiltreerd.

Een klasse II kabinet heeft een open front en beschermt de werker door een naar binnen gerichte luchtstroom. Boven het werkvlak van het kabinet is een neerdalende door een HEPA filter gezuiverde luchtstroom die het materiaal vrij houdt van ongewenste deeltjes uit het werklokaal. De af te voeren lucht wordt wederom door een HEPA filter gefiltreerd.

Een klasse III kabinet is een gesloten systeem met een sluis voor de aan- en afvoer van materialen; het is tevens voorzien van doorvoeren waarin armlange handschoenen bevestigd zijn. In het kabinet heerst een onderdruk om lek naar buiten te voorkomen. De spoellucht passeert zowel bij toe- als afvoer HEPA filters (zie Ref.99).

2.3 Andere vormen van afzuiging.

2.3.1 Puntafzuiging.

Puntafzuiging is een methode van afzuiging, die toegepast kan worden op korte afstand van het emissiepunt; deze vorm is slechts aan te raden indien gewerkt wordt met relatief ongevaarlijke stoffen. De effectiviteit neemt snel af naarmate de afstand van het emissiepunt groter wordt; daarom wordt vaak een omkasting van de "bron" aangesloten op de puntafzuiging.

2.3.2 Afzuigkap.

Een afzuigkap (afzuiging via een kap boven het werkblad, of bij zware dampen of gassen onder of aan de achterkant van het werkblad) kan in veel gevallen verontreinigde lucht redelijk goed wegzuigen. Ze wordt vaak toegepast bij wat grotere bronnen, waarbij puntafzuiging niet te gebruiken is.

De afzuigkap heeft op het punt van zijn grootste opening meestal een zeer geringe aanzuigsnelheid.

Hoe groter de ruimte tussen werkblad en afzuigkap, hoe groter de kans op verstoring van het afzuigeffect door langs-lopen, tocht, e.d. Ook afzuigkappen zijn slechts bruikbaar bij relatief onschuldige stoffen, die in kleine hoeveelheden vrijkomen. Werkzaamheden waarbij spatten of explosies kunnen voorkomen, mogen niet onder afzuigkappen worden uitgevoerd (zie ook Ref.60, 70 en 87).

HOOFDSTUK 3

TECHNISCHE AANDACHTSPUNTEN

3.1 De functie van een zuurkast

Bij werkzaamheden op een chemisch laboratorium is het, ook na het nemen van preventieve maatregelen, niet altijd uit te sluiten dat tijdens de experimenten schadelijke of brandbare stoffen vrijkomen. Tevens kunnen (vloeï-)stoffen spatten tijdens bewerkingen (b.v. door kookvertraging of bij overschenken). Speciaal het werken met onbekende stoffen of processen draagt een extra risico in zich.

Bescherming tegen genoemde gevaren kan op verschillende manieren worden verkregen. Zo zouden experimenten waarbij schadelijke dampen kunnen vrijkomen in de open lucht kunnen worden uitgevoerd. Ook zou geput kunnen worden uit een uitgebreid arsenaal van persoonlijke beschermingsmiddelen als gasmaskers, gaspakken, veiligheidshandschoenen e.d. Bescherming tegen spatten kan op dezelfde manier worden verkregen of door gebruik te maken van een spatscherm. Uit een oogpunt van efficiëntie, comfort, toegankelijkheid, prettige arbeidsomstandigheden en milieubescherming wordt gelukkig veelal gekozen voor de zuurkast als bescherming tegen bovengenoemde gevaren. Resumerend wordt van een zuurkast de volgende bescherming gevraagd:

Adequate afzuiging van schadelijke stoffen. Belangrijk hierbij zijn de aard en de hoeveelheid van de stoffen die vrij kunnen komen.

Adequate verdunning van brandbare gassen en dampen tot onder de onderste explosiegrens van deze stoffen.

Elektrische voorzieningen in een zuurkast kunnen explosie veilig worden uitgevoerd. Aangezien een laboratoriumruimte in het algemeen als Niet Gevaarlijk Gebied (NGG) wordt beschouwd, is de apparatuur die hier gebruikt wordt, niet explosie veilig uitgevoerd! En diezelfde apparatuur (zoals b.v. kookplaten en roermotoren) wordt vaak ook in de zuurkast gebruikt in combinatie met brandbare vloeistoffen, zodat een potentieel ontstekingsgevaar aanwezig is.

Bescherming tegen spatten van schadelijke en agressieve vloeistoffen. Deze wordt uiteraard alleen bereikt bij gesloten raam. Dat vergt van de laboratoriumwerker dan ook de discipline om zelf dat raam te sluiten indien nodig. Maar eenzelfde discipline wordt ook vereist bij het aantrekken van handschoenen of het opzetten van een veiligheidsbril. Steeds dient te worden beseft dat een volledige bescherming, zeker bij geopend raam, nooit wordt bereikt.

Voor volledige bescherming tegen vrijkomende gassen of dampen is een handschoenenkast (glove-box) vereist.

3.2 Enkele luchttechnische constructiedetails

De grondvormen van de zuurkast zijn reeds beschreven in hoofdstuk 2. Daarnaast bestaan nog talloze details welke aandacht behoeven. We denken hierbij aan constructies die de aerodynamische eigenschappen beïnvloeden of van ergonomisch belang zijn.

De goed werkende zuurkast, dus met een minimale lek naar buiten, moet aan minimaal twee voorwaarden voldoen:

- a. een voldoende hoge luchtsnelheid in de raamopening;
- b. een zo gelijkmatig mogelijke luchttoevoer in de raamopening.

Het zijn vooral de voorzieningen ter verkrijging van een gelijkmatige luchttoevoer in de raamopening die zullen worden beschouwd.

3.2.1 Stromingsschotten.

De meest elementaire uitvoering van de zuurkast heeft enerzijds een raamopening waar de lucht binnenkomt en anderzijds een afzuigopening waar de lucht de zuurkast verlaat. Tussen deze beide openingen dient de lucht echter zodanig door de zuurkast te worden geleid dat een goede doorspoeling plaatsvindt in alle hoeken van de zuurkast.

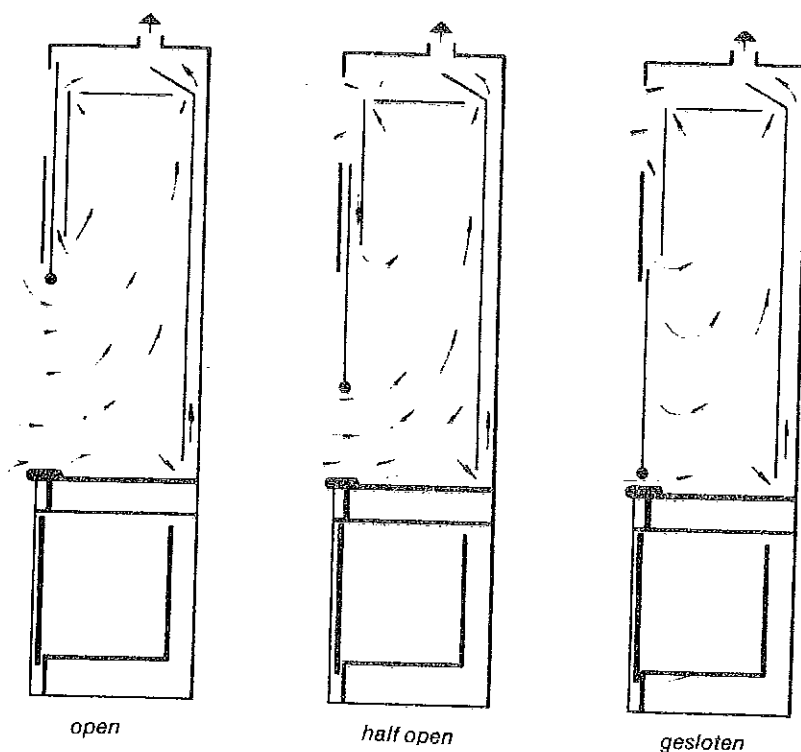


Fig. 3.1 Stromingspatroon in een zuurkast (met bypass) afhankelijk van de raamstand (Pielkenrood-Vinitex)

Hiertoe kunnen stromingsschotten (zie fig. 3.1 en 3.2) een belangrijke rol vervullen. Met name het achterschot is van belang bij de afzuiging van het werkblad. Eindigt bijvoorbeeld dit achterschot te hoog boven het werkblad, dan zal dit een goede afzuiging van het werkblad niet bevorderen. In het achterschot zijn vaak spleten aangebracht om een goed evenwicht tussen onder en bovenafzuiging te bevorderen. Daartoe is soms ook het achterschot verstelbaar, afhankelijk van de raamstand. Behalve het achterschot kunnen nog andere schotten zijn aangebracht om de lucht te geleiden. In een zuurkast met by-pass bijvoorbeeld geleiden extra schotten bij gesloten raam de via de by-pass binnenkomende lucht in de richting van het werkblad. Het stromingspatroon is dan essentieel anders.

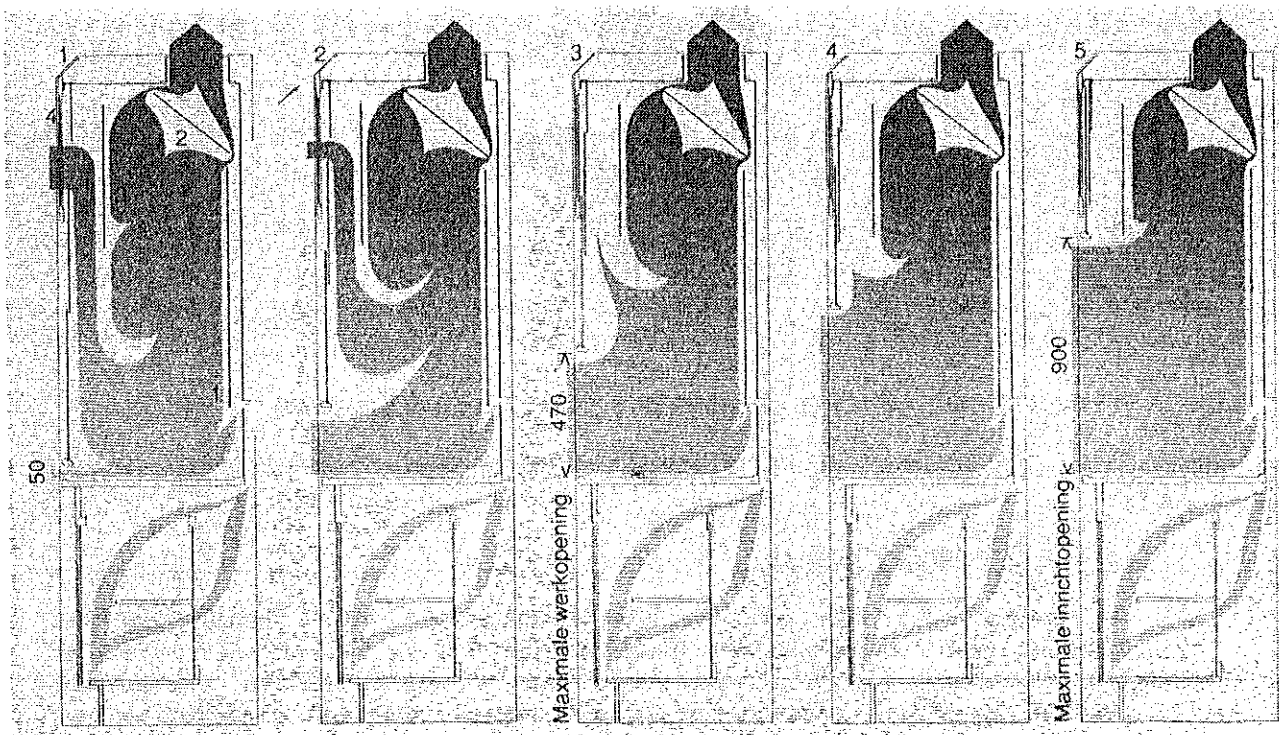


Fig. 3.2. Stromingspatroon in een zuurkast (met bypass) afhankelijk van de raamstand. Let op de ventilatie van de onderkastjes; zie ook 3.2.6. (Van Schaik & Berghuis)

Aangezien een groot gedeelte van de lucht zijn weg vindt achter de stromingsschotten langs, is het van belang om vervuiling aldaar op tijd te constateren of beter nog te voorkomen. Hiertoe kunnen de stromingsschotten van glas worden uitgevoerd of kan een gaasje voor de spleten geplaatst worden.

3.2.2 Afgeronde zijkanten.

Turbulentie van de binnentredende lucht en de daardoor veroorzaakte lek naar buiten, treedt meestal op langs scherpe kanten van de intree-opening. Dit effect kan worden tegengegaan door te zorgen voor afrondingen waardoor de lucht beter wordt geleid (zie fig. 3.3). Engelse en Amerikaanse zuurkasten zijn uit dien hoofde vaak voorzien van een soort schilderijlijst die de lucht onder een hoek van 45° in de kast geleidt. Door in deze schuine zijkanten bedieningskranen voor water, vacuüm en gasen te plaatsen, kan de werking echter weer (gedeeltelijk) teniet worden gedaan.

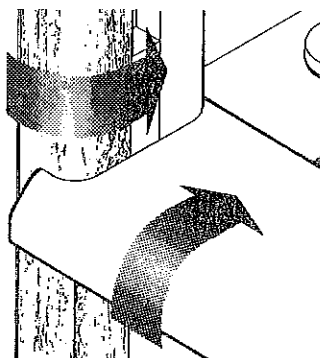


Fig. 3.3. Wervelvrije aanstroming (Pielkenrood-Vinitex)

3.2.3 (Zwevende) dorpel.

De onderdorpel van een zuurkast bestaat in vele vormen, maar is meestal geen aerodynamisch hoogstandje. Het is veelal niet meer dan een verhoging om het uitstromen van vloeistoffen te voorkomen. Indien de dorpel rechthoekig is uitgevoerd, dan zal zich achter de dorpel vaak stilstaande lucht bevinden.

Is de dorpel dan ook nog smal, dan kan vanuit deze stilstaande lucht gemakkelijk lek naar buiten optreden. Het is daarom aan te raden om de dorpel minimaal 10 cm breed te laten zijn, en bovendien te voorzien van afgeronde kanten (zie fig. 3.3 en 3.4). Nog beter is het om deze dorpel in een druppelvorm uit te voeren.

Een speciale variant, die merkwaardigerwijs alleen bij Engelse en Amerikaanse zuurkasten voorkomt, is de dorpel met air-foil ofwel een zwevende dorpel (zie Fig. 3.5). Deze vormt een nauwer wordende spleet waardoor ter plaatse de luchtsnelheid toeneemt en de lucht als het ware gedwongen wordt om over het werkblad te gaan. Vooral waar het de afzuiging van zware dampen betreft, kan de air-foil een verbetering geven van de luchttechnische werking van de zuurkast. Naarmate lucht een hogere snelheid heeft is deze beter te sturen, vandaar dat het effect van deze air-foil groter wordt bij toenemende raamsnelheid.

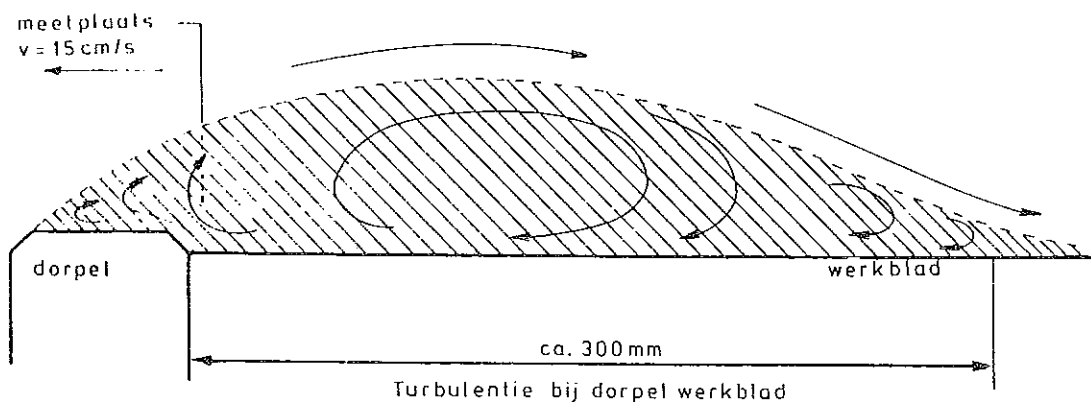


Fig. 3.4. Turbulentie bij een werkblad-dorpel.

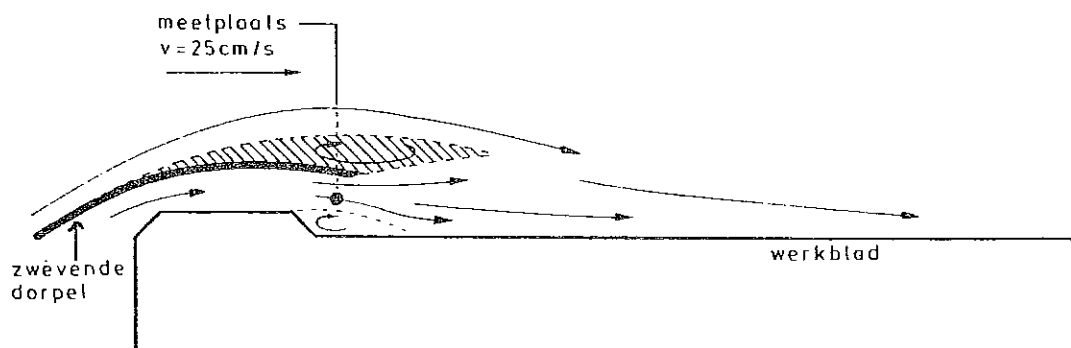


Fig. 3.5. Effect van een zwevende dorpel (Pielkenrood/Vinitex)

3.2.4 Aerodynamische raamgreep

Nog te vaak komt het in de praktijk voor dat de onderkant van het raam en de zijkanten van de kast volop aerodynamische aandacht hebben gekregen, terwijl de raamgreep op dat punt geheel is verwaarloosd. Een scherp afgekante raamgreep veroorzaakt turbulentie en daardoor mogelijk lek naar buiten. Referentie 5 geeft een luchttechnisch onderzoek geheel gewijd aan lek naar buiten onder het raam door.

Behalve het voorkomen van lek naar buiten kan de raamgreep nog een andere functie hebben. De inwendige luchtcirculatie in de zuurkast dient voor doorspoeling en verdunning. Bij het raam is de luchtstroom veelal omlaag gericht. Om deze luchtstroom naar binnen te richten, kan gebruik worden gemaakt van een aerodynamische rand aan de binnenkant van de raamgreep.

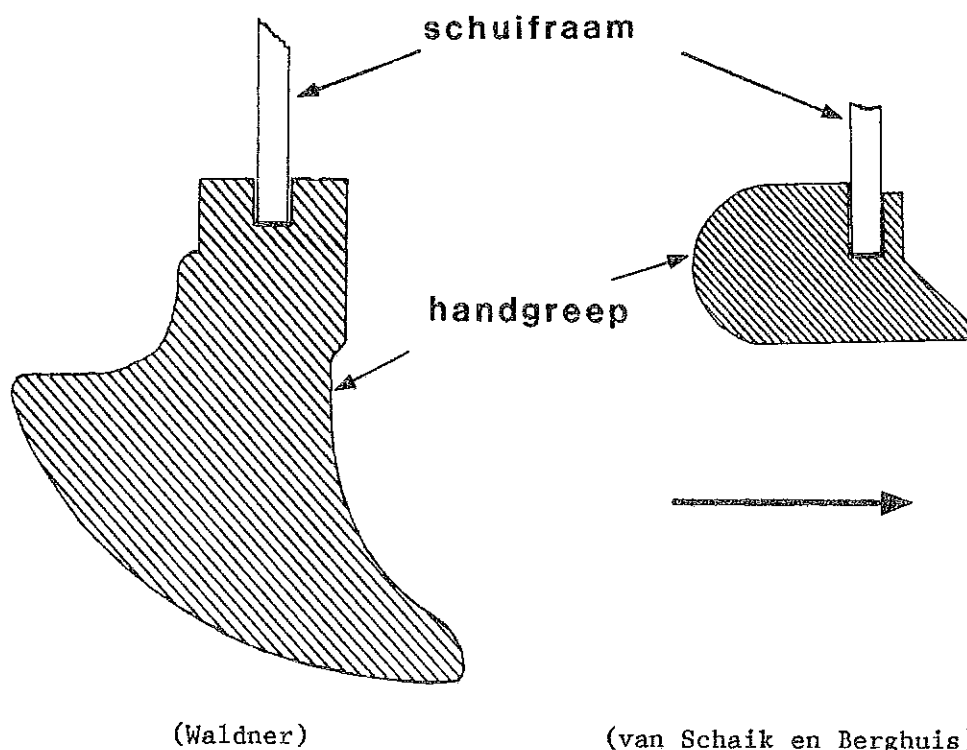


Fig. 3.6. Afgeronde onderkanten van een zuurkastraam.
(de pijl geeft de stromingsrichting aan)

3.2.5 Beugel voor de zuurkast

De gebruiker van een zuurkast staat in de praktijk veelvuldig tegen de dorpel van de kast. Aerodynamisch verstoort hij daarmee ingrijpend de goede werking. Door een beugel voor de kast aan te brengen wordt een luchtspleet voor het werkblad blijvend gegarandeerd. Daarmee wordt de goede werking van de zuurkast verbeterd (zie Fig. 3.7).

3.2.6. Het schuifraam.

Van het schuifraam mag worden verwacht:

- dat het soepel schuift, zodat het mogelijk is het raam met de arm omhoog te verschuiven zonder de raamhandgreep met een eventueel besmette hand(-schoen) beet te hoeven pakken;
- dat het beveiligd is tegen vallen, bijvoorbeeld door het contragewicht bij draadbreuk te laten kantelen. Overigens is de kans op draadbreuk aanzienlijk groter bij een te kleine diameter van de geleiderollen;
- dat er bij zover mogelijk gesloten raam een spleet van ongeveer 5 cm open blijft. De ventilatie over het werkvlak blijft zo gegarandeerd en bovendien kan een eventueel vallend raam geen vingers verwonden.
- dat het bij een explosie in de kast zo min mogelijk schade berokkent; gehard glas verdient daarom de voorkeur.

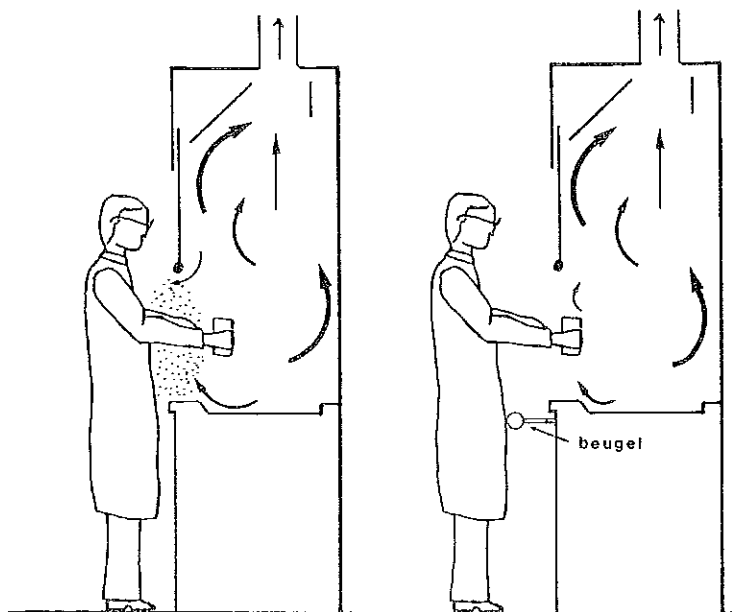


Fig. 3.7. Invloed van een beugel voor de zuurkast op het stromingspatroon.

3.2.7 Afzuiging onderkastjes

Opslag van vluchtige en rokende chemicaliën onder de zuurkast moet in principe worden afgewezen. De redenen hiervoor zijn:

- a. doordat de ventilatie van de onderkastjes vaak te wensen overlaat worden schadelijke en/of corrosieve dampen onvoldoende afgezogen. Zeker als vlak bij de kastjes ook nog een stoomleiding loopt, kan door de verhoogde temperatuur extra damp vrijkomen. Leidingen worden dan (extra) aangetast en dampen verspreiden zich geleidelijk in het werklokaal.
- b. mede door de beperkte ruimte, komen ongewenste combinaties van chemicaliën gemakkelijk voor;
- c. de moeilijke bereikbaarheid (bukken) vergroot de kans op ongevallen;
- d. wandcontactdozen en dergelijke zijn vaak juist boven de onderkastjes bevestigd en vormen zo een potentiële ontstekingsbron voor brandgevaarlijke dampen;
- f. de ventilatie moet in dat geval continu "aan" staan (luchtverversing min. 20 maal per uur).

Ons advies is steeds te streven naar speciale (veilige) kasten voor het opslaan van corrosieve, resp. brandbare stoffen. Pas als niet totaal onmogelijk is, zal men genoeg moeten nemen met opslag in onderkastjes.

In dat geval moet de afzuiging van deze kastjes extra aandacht krijgen, en moet reeds bij de bestelling een 20-voudige ventilatie van de onderkastjes worden geëist.

3.3 Overwegingen bij de aanschaf.

Aansluitend aan de factoren, die in hoofdzaak zijn ontleend aan functionele overwegingen komen nu nog een aantal factoren aan de orde, die in hoofdzaak zijn afgeleid van de mens.

Hoewel onderstaande indeling niet geheel waterdicht is (er zijn vele overgangsgevallen bij) gaan de factoren uit van resp.:

- de gebruiker, hier meestal de laboratoriummedewerker genoemd; dit zijn o.a. ergonomische factoren (zie 3.3.1);
- de directie, c.q. de hiervan afgeleide verantwoordelijkheden; dit zijn factoren rond "het beheer" (zie 3.3.2)

3.3.1 Gebruiker.

Voor de gebruiker zijn ondermeer van belang:

- de voorzieningen: water, gas(sen), perslucht, electriciteit; het aansluiten van zijn experiment op deze voorzieningen, werking van afsluiters, etc.
Overigens moeten alle voorzieningen voldoen aan de gebruikelijke normen (o.a. NEN 1010), resp. goedgekeurd zijn door instanties als KEMA, KIWA, GIVEG etc.. Aantal, soort en plaatsing van wandcontactdozen is tevens belangrijk; meestal zijn er te weinig wandcontactdozen. Vier per zuurkast, of liever: drie links en drie rechts: dit laatste is overzichtelijker.
Eventueel in een zijpaneel onder elkaar geplaatste wandcontactdozen onder 45° inbouwen, opdat stekers met haaks aangelaste snoeren elkaar niet in de weg zitten.
- De materialen van werkblad (incl. voegmateriaal) en drempel; deze bepalen de mogelijkheden de zuurkast periodiek schoon te maken en daarmee de gebruiksduur van de gehele kast.
- De plaats en de combinatie lamp/lamphouder; deze bepalen de verlichtingssterkte op het werkblad: die verlichtingssterkte moet minimaal 500 lux bedragen (in een nieuwe/schone kast dus wat meer!).
- Het geluid; dit is afkomstig van de luchtstroming door de kanalen en van de ventilator en kan hinderlijk zijn.
- Het doorvoerpaneel; dit in de zijwand aanwezige paneel biedt de mogelijkheid om snoeren en slangen door de zijwand te leiden, waardoor meet- en regelapparatuur (b.v. thermostaten, transformatoren e.d.) buiten de zuurkast kunnen worden opgesteld. Apparatuur en leidingen verstoren aldus de luchtstroom zo weinig mogelijk.

Behalve op bovenstaande technische aandachtspunten kan de zuurkast ook nog worden bekeken op ergonomische aspecten. Dat is onder andere: hoe geschikt is een zuurkast voor zittend werk?

In het algemeen gaan de zuurkastfabrikanten er van uit dat steeds staande voor de zuurkast wordt gewerkt. Bij geen der commercieel verkrijgbare standaard zuurkasten is gedacht aan knieruimte voor een zittende experimentator.

Een ander aspect is: in hoeverre zijn energiebesparing en ergonomie strijdig?

Energietechnisch is het interessant om de raamopening te verkleinen. Immers de gewenste raamsnelheid kan dan worden gerealiseerd met minder lucht. Anderzijds moet er voor de experimentator voldoende armslag overblijven.

De BOHS (Ref. 20) in Engeland acht een maximum hoogte van 50 cm voldoende. In Duitsland echter schrijft men een maximale raamhoogte van 90 cm voor (Ref. 38 en 39). Dit evenwel met dien verstande dat men in deze geheel geopende stand niet de optimale bescherming kan verwachten.

Het zal wel een eeuwigdurende strijd blijven of de op te stellen luchttechnische eisen gebaseerd moeten zijn op een open, dan wel op een gesloten raam. Veel hangt daarbij af van de experimentator en zijn mogelijkheden te werken met een geopend, dan wel een gesloten raam.

In ieder geval is geen sprake van spatbescherming bij een open raam.

3.3.2. Beheer.

Voor de directie/beheerder, alsmede voor de onderhoudsienst spelen totaal andere factoren de hoofdrol.

Zij zullen vooral aandacht schenken aan:

- de gebruikte materialen (waaronder glassoorten, werkblad incl. voegen): kostprijs bij aanschaf, duurzaamheid, herstel mogelijkheden van defecten;
- de service-vriendelijkheid: bijvoorbeeld bij het schoonmaken van het interieur, bij het verwisselen van lampen, bij het repareren van het mechaniek van de schuiframen, bij het schoonmaken van de stromingsschotten etc.
- de leveringscondities alsmede de garantietermijn; deze zijn van groot belang bij de aanschaf. Na de levering zal "iemand" het onderhoud en de periodieke inspecties moeten verzorgen. De ervaring leert, dat meestal de afzuigcapaciteit in de loop van de tijd afneemt.
- het energieverbruik; zie Bijlage IV en Ref. 108

3.4 Uitvoeringsvorm afhankelijk van de aard van de werkzaamheden.

Werkzaamheden met gevaarlijke stoffen kunnen speciale eisen stellen aan vormgeving en materiaalkeuze van zuurkasten.

Het is duidelijk dat (op papier) de keuze-vrijheid bij aanschaf groter is dan die bij aanwezige kasten.

3.4.1 Standaard laboratoriumwerkzaamheden

Voor de gebruikelijke analytische en preparatieve werkzaamheden kan men een "standaardzuurkast" gebruiken, die zodanig is opgesteld en aangesloten, dat hij voldoet aan de eisen in P 130-1 (Ref. 86: pag. 10 en 11) en CP 16-1 (Ref.87).

Voor de afmetingen moet men rekening houden met het volgende:

- bij een kast smaller dan 1,0 meter (inwendig) is de kans groot, dat de gebruiker voor de kast, ongewenste turbulenties in de kast veroorzaakt.
(zie ook 3.2.5: beugel voor de zuurkast).

- bij een kast breder dan 1,4 meter (inwendig) is de kans groot, dat er turbulenties in de kast ontstaan door luchtbewegingen voor de kast (langslopen, tocht, e.d.).
- bij een kast die dieper is dan nodig voor de werkzaamheden wordt het achterste deel van het werkvlak gemakkelijk misbruikt als opslagplaats.
- de Duitse DIN 12923 noemt vier standaard uitwendige-breedten, nl.: 0,9; 1,2; 1,5 en 1,8 meter.

3.4.2 Zuurdestructies

Voor het veilig werken met agressieve zuren speelt nog een aantal andere factoren een rol. Deze factoren zijn in hoofdzaak van materiaalkundige en/of constructieve aard. Bij destructies met rokende zuren en/of zuurmengsels moet alles wat met de zure dampen in aanraking komt hiertegen bestand zijn. Dit geldt in de eerste plaats voor het materiaal van de kast zelf (zoals het werkblad, de wanden, het gootsteentje, de stromingsschotten, de bevestigingsmaterialen, de kranen en de uitlopen, alle voegen, etc).

Vanzelfsprekend moeten ook het ventilatiekanaal, de eventueel aanwezige kleppen, de ventilator en de "schoorsteen" bestand zijn tegen de zure dampen. In bepaalde gevallen kunnen zogenaamde gaswassers een uitkomst bieden om zowel de zuurkast zelf als het milieu te beschermen.

3.4.3 Waterstoffluoride

Waterstoffluoride tast vele materialen aan (glas, sommige metalen). Alleen materialen, zoals lood, polycarbonaat, polypropreen en dergelijke zijn er tegen bestand. Het materiaal van het werkblad, schuifraam, stromingsschotten en dergelijke moeten in dit geval zijn aangepast.

3.4.4 Perchloorzuur

Bij destructie's met perchloorzuur bestaat een kans dat het perchloorzuur "ergens" het afzuigstelsel impregneert. De kans op een explosieve reactie met organisch materiaal (bijvoorbeeld: hout), maar ook met anorganische stoffen (hypofosfieten, antimonoverbindingen) is dan niet te verwaarlozen. Daarom worden dit soort kasten decontamineerbaar uitgevoerd (o.a. naadloos) en onder andere voorzien van een wasinstallatie, waarbij perchloorzuurdamp bijvoorbeeld in loog wordt geneutraliseerd. (Let op: dit is iets anders dan het aanbrengen van een gaswasser "ergens" in het kanaalsysteem).

N.B. Denk ook aan explosierisico's bij het demonteren van zuurkasten, waarin langdurig met perchloorzuur is gewerkt! (Zie Ref. 95.).

3.4.5 Licht-brandbare vloeistoffen en explosierisico's

Voor het veilig werken met brandbare vloeistoffen in een zuurkast is het primair van belang om te zorgen, dat door verdunning via een goede ventilatie de samenstelling van het mengsel lucht/brandbare stof ruimschoots onder de onderste explosiegrens (L.E.L. = Lower Explosion Limit) blijft. (zie voorbeeldberekening: Bijlage III)

Tevens dient men er zeker hier te zorgen, dat eventueel gemorste vloeistof niet direct in het riool maar in een lekbak terecht komt. Indien het explosierisico weliswaar klein, maar zeker niet te verwaarlozen is, moet men tenminste het schuifraam maximaal gesloten houden. Open vuur is dan uiteraard geheel uit den boze, maar ook (alle) andere kansen op ontsteking (electrostatische oplading, vonken, hete oppervlakken) moeten worden vermeden. In sommige gevallen, b.v. bij opstellingen, die continu aanstaan, kan het nodig zijn in te grijpen als de normale zuurkastafzuiging uitvalt; gebruikelijk zijn een reserve ventilator (eventueel aangesloten op een nood-stroomaggregaat), een lucht-injectie die in functie komt bij het uitvallen van de normale ventilator, dan wel een automatisch systeem, die het onderhanden zijnde experiment onmiddellijk stopt.

Is de kans op een explosie, b.v. wanneer men werkt met een op zich explosieve stof, niet te vermijden, dan moet een explosieveilige kast worden gebruikt.

3.4.6 Radionucliden

Voor het veilig werken met radionucliden moet het werkvlak van de zuurkast om te beginnen zo stevig zijn geconstrueerd, dat men zonder problemen loodscheren, of zelfs loodkastelen kan opstellen (B-lab.). Door lekbakken te gebruiken wordt de kans op besmetting verkleind. Gladde oppervlakken (zonder haarscheurtjes) zijn eveneens noodzakelijk om goed te kunnen decontamineren.

De naar binnen gerichte luchtstroom dient een lineaire snelheid te hebben van 30 - 50 cm per seconde (zie verder punt 4.1 van Ref. 92). De afvoer naar buiten moet (minimaal) 2 meter boven het dak uitsteken.

3.4.7 Micro-organismen

Voor het veilig werken met pathogene en andere gevaarlijke micro-organismen zal bijna altijd een biologisch veiligheidskabinet moeten worden gebruikt; bij minder gevaarlijk werk kan soms worden volstaan met een goed decontamineerbare zuurkast. (zie ook 2.2.4 en Ref.93, 98 en 99).

3.4.8 (Zeer) Toxische stoffen

Voor het veilig werken met (zeer) toxische stoffen in het laboratorium gelden speciale eisen o.a. ten aanzien van de luchtsnelheid in de raamopening. (zie hoofdstuk 5 en Ref. 100). In bepaalde gevallen moet in een handschoenenkast (zie 2.2.3) gewerkt worden.

Een gezamenlijke werkgroep van IAVM en NVVK kwam onlangs gereed met een (concept-)rapport over het werken met deze stoffen (Ref.94). Het kan gewenst zijn om luchtwassers en/of luchtfilters op een toegankelijke plaats in het afzuigkanaal aan te brengen. Luchtwassers vragen permanente aandacht, o.a. ten aanzien van de hoeveelheid en de concentratie van de gebruikte wasvloeistof, de vervuiling (o.a. van de eventuele vullichamen) en het (stijgende) drukverschil over de wasinstallatie.

Luchtfilters kunnen stofdeeltjes van bepaalde grootte tegenhouden; vaak worden hiervoor "absoluutfilters" gebruikt; deze worden ook wel HEPA-filters genoemd; HEPA = High Efficiency Particulate Air (filter). Het effect van deze filters daalt aanzienlijk indien er kleine lekken in het filter zitten. Ook neemt als regel tijdens de gebruiksduur de weerstand aanzienlijk toe, waardoor de afgezogen hoeveelheid lucht per zuurkast dienovereenkomstig afneemt.

Koolfilters en/of "molecular sieves" zijn de enige "filters" die vluchtige gevaarlijke stoffen kunnen tegenhouden; ze hebben een beperkte levensduur, al was het alleen maar door het binden van de standaardverontreinigingen in "schone"lucht.

3.4.9. Experimenten met warmteproductie

Bij warmtebelastingen groter dan 2 tot 3 kW per meter zuurkastbreedte zijn aanpassingen in de zuurkast noodzakelijk. (Ref. 6).

Er zijn hiertoe twee mogelijkheden bekend:

- het verhogen van het debiet door de zuurkast, dan wel:
- het sluiten van de by-pass, c.q. het werken in een zuurkast zonder by-pass.

In dit verband dient men zich te realiseren, dat de warmteproductie van een standaard-bunsenbrander ca 1,5 kW is.

HOOFDSTUK 4

VENTILATIE VAN DE WERKRUIMTE

4.1 Inleiding.

4.1.1. Plaats in de werkruimte.

De plaats van de zuurkast kent zowel luchttechnische aspecten als ook ergonomische. Daarnaast mag een calamiteit in een zuurkast geen aanleiding geven tot het versperren van vluchtwegen.

In Bijlage V (Fig. V.1 t/m V.4) zijn een aantal voorbeelden gegeven van juiste en onjuiste situeringen (zie ook Ref. 36 en 109).

4.1.2. Enkele begrippen in de zuurkasttechniek.

Luchtdoorzet. Een zuurkast wordt vaak gekarakteriseerd met het aantal m^3/h lucht dat wordt afgezogen door de zuurkast.

-Luchtsnelheid. De lineaire luchtsnelheid in de raamopening in m/s is eveneens een grootte waarmee een zuurkast wordt gekarakteriseerd.

N.B.: De lineaire luchtsnelheid in de raamopening wordt soms, ten onrechte, aangeduid met raamsnelheid.

-Werkbladafzuiging. Een gedeelte van de lucht wordt afgezogen over het werkblad met het oog op zware dampen.

-Ruimteventilatie. Ventilatoren (inblaas- en afzuig-) verversen de lucht in een werkruimte een aantal malen per uur; men noemt dit wel het ventilatie-voud.

CP-16-1 van de Arbeidsinspectie schrijft daarbij een minimaal ventilatievoud voor van 2 tot 6 maal per uur, afhankelijk van de soort werkzaamheden en de gebruikte stoffen. Het is duidelijk dat de grote hoeveelheden lucht worden die door de zuurkasten worden afgezogen, een zeer directe relatie hebben met deze ruimteventilatie. Er zijn daarbij een aantal varianten denkbaar.

4.1.3 Luchttechnische aspecten.

In deze paragraaf over de interactie van zuurkasten met de ruimteventilatie komen een aantal luchttechnische aspecten aan de orde.

De volgende factoren zijn van belang:

- de plaats van de toevoeropening voor de suppletielucht;
- de luchtsnelheid in het werklokaal, in het bijzonder vlak voor de zuurkast;
- de gelijkmatigheid van deze luchtstroom (zie Bijlage V, Figuur V.4).

De luchtsnelheid voor de kast moet kleiner moet zijn dan de intredesnelheid (Ref.49). Men kan dit bereiken door de luchttoevoer ver van de zuurkast te plaatsen en/of deze door middel van een groot toevoerrooster met lage snelheid te laten plaatsvinden. Gunstige ervaringen zijn ook opgedaan met de toevoer via een (geheel of gedeeltelijk) geperforeerd plafond.

Om te voorkomen, dat de experimentator voor de kast wordt omspoeld door verontreinigde lucht, moet deze lucht, op zijn weg van inblaasopening naar zuurkast, zo weinig mogelijk vervuilingsbronnen passeren.

Deuren en ramen, die geopend worden, zullen turbulenties veroorzaken die de goede werking van een nabijgelegen zuurkast negatief beïnvloeden. Bij nieuw te plaatsen zuurkasten dient men hiermee rekening te houden. Met historisch ongunstige plaatsen zal men wellicht vooralsnog "moeten leven", maar dit mag niet leiden tot het berusten in een gevaarlijke toestand.

Deuren dienen om eerder genoemde redenen voorzien te zijn van hydraulische drangers, terwijl de draairichting aangepast, dan wel beperkt (naar één kant) moet worden.

Ramen moeten zo veel mogelijk gesloten blijven. Grote en bewegende objecten vlak voor de kast (b.v. Homo Sapiens) verstoren ook het luchtstromingspatroon. Plaats daarom grote verrijdbare meet- en regelkasten bij voorkeur naast de zuurkast of anders op minstens 1,5 meter vanaf het zuurkastfront. Zuurkasten die met de opening naar elkaar toe zijn geplaatst moeten tenminste 3 m van elkaar staan.

Een van de belangrijkste verstoringen ontstaat door voorbijlopende personen. Om te voorkomen dat passanten vlak voor de zuurkast langs lopen, dient een hoofdgangpad zich op minstens 1 meter van de zuurkast te bevinden.

Meestal is de zuurkast een vanaf de achterwand uitstekend object in het laboratorium. Een betere luchtgeleiding wordt verkregen door een aanstroomschot tegen de zijwand te plaatsen. Een zelfde effect wordt verkregen door de zuurkast te laten verzinken in de muur of door een aantal zuurkasten een gesloten front te laten vormen.

4.2. Ruimteventilatie via zuurkasten.

4.2.1. Zonder mechanische toevoer van lucht

Er zijn laboratoria waar via de zuurkasten een grote hoeveelheid lucht wordt afgezogen zonder dat er sprake is van een gedwongen toevoer van dezelfde hoeveelheid (geconditioneerde) lucht. In dit geval komt de lucht binnen door kieren en spleten van ramen en deuren. Indien er veel zuurkasten zijn, opent men soms ramen en deuren om een te grote onderdruk van de ruimte te voorkomen.

Houdt men in zo'n geval ramen en deuren dicht dan is de luchtstroom in de zuurkast zo gering (aantoonbaar met b.v. rookbuisjes) dat hier nauwelijks een beschermende werking van kan uitgaan. Het is zelfs mogelijk, dat op die manier een te grote onderdruk in het gehele gebouw optreedt, zeker wanneer die situatie op meer plaatsen van dat gebouw voorkomt.

Extra gevaarlijk wordt het wanneer de lucht via niet in bedrijf (en niet luchtdicht afgesloten) zuurkasten wordt aangezogen op de plaats waar andere zuurkasten hun afgewerkte lucht lozen. (zie Bijlage V, figuur V.13)

De zeer geringe bescherming, het ongemak van de hoge onderdruk en de hinderlijke tochtverschijnselen maken het gebruik van zuurkasten op deze wijze gevaarlijk. (men verwacht immers bescherming van de kast!)

4.2.2 Ventilatievoud van de werkruimte in relatie tot het aantal zuurkasten.

Kiest men voor een ruimteventilatie van bijv. 10 maal per uur, dan ligt ook de hoeveelheid van de in die ruimte toe te voeren lucht vast. Door de fabrikant is vastgesteld hoeveel lucht moet worden afgevoerd door de zuurkast voor het bereiken van een goede bescherming; derhalve bepaalt het ventilatievoud van de werkruimte het aantal te plaatsen zuurkasten.

Teneinde een bepaalde onderdruk in de werkruimte te realiseren kiest men de toegevoerde hoeveelheid lucht ca. 10 % lager dan de afgezogen hoeveelheid lucht.

Het is denkbaar dat in een laboratoriumruimte zoveel zuurkasten worden geplaatst dat het ventilatievoud van bijv. 10 maal wordt overschreden. Dit kan een aantal problemen opleveren:

- tochtverschijnselen, die evenwel met een zorgvuldig uitgevoerde luchttoevoer kunnen worden beperkt; dit voorkomt dat de lucht door de hoge snelheden turbulent wordt. Turbulenties beïnvloeden de goede werking van de zuurkast en maken de werksituatie onbehaaglijk.
- hoge energiekosten (zie ook Bijlage IV). De toegevoerde lucht dient onder andere voor prettige werkomstandigheden op de juiste temperatuur en vochtigheid te worden gebracht. Dit conditioneren verhoogt de exploitatiekosten.

Om op de hoge energiekosten te besparen zijn reeds vele ideeën ontwikkeld. Zo is er bijv. de zuurkast met suppletie-lucht. De nadelen hiervan zijn reeds genoemd (zie 3.2.3).

Ook bestaat de variant om de capaciteit van de afzuigventilator te koppelen aan de stand van het schuifraam.

Om de onderdruk van de ruimte op peil te houden en het ventilatiepatroon niet te verstoren, moet het inblaasdebiet worden gekoppeld aan het afzuigdebiet. Dit is een systeem dat technisch niet eenvoudig is en dat moeilijk langdurig betrouwbaar is te houden.

4.2.3 Gescheiden ventilatie van de ruimte en van de zuurkasten.

Er bestaan systemen waarbij de ruimteventilatie gescheiden is uitgevoerd van de "zuurkastlucht". De laatste wordt ter wille van kostenbesparing dan vaak alleen op temperatuur gebracht om voldoende behaaglijkheid te creëren voor de persoon voor de kast.

Het is echter niet eenvoudig om interferentie van beide luchtstromingen te voorkomen. Te grote temperatuurverschillen tussen beide luchtstromen geven namelijk aanleiding tot turbulenties. Modellen op ware grootte kunnen hierover uitsluitsel geven.

Gezien de zeer sterke interactie tussen ruimteventilatie en afzuiging door de zuurkast is het zinvol om deze twee zaken bij ontwerp en plaatsing door dezelfde instantie te laten verzorgen.

4.3. Andere aspecten

4.3.1 Ruimteventilatie en opslag van chemicaliën (incl. afval).

Om contaminatie van de rest van de werkruimte te voorkomen moeten alle benodigdheden zoveel mogelijk onder handbereik zijn. De chemicaliënopslag mag niet te ver van de zuurkast staan. Ook de afvoer van mogelijk gecontamineerd materiaal en restchemicaliën moet zich in de nabijheid van de zuurkast bevinden.

4.3.2 Calamiteiten.

Mocht zich tijdens een experiment in een zuurkast een calamiteit voordoen in de vorm van brand, explosie of onverwacht vrijkomen van een giftige stof dan moet de omgeving daarvan zo weinig mogelijk hinder ondervinden. Zo mogen de vluchtwegen niet worden versperd. Was het dus zo dat alreeds om andere reden zuurkasten niet mochten worden geplaatst naast deuren of langs hoofdlooppaden, ook uit een oogpunt van eventuele calamiteiten wordt dit nogmaals bevestigd. Plaatsing van grote objecten vlak bij zuurkasten is ook om deze reden af te raden.

Over de optimale constructie van zuurkasten m.b.t. het bestrijden van branden is helaas nog geen goed en eenduidig advies te geven. Het is bekend dat er praktijkproeven voor brandbestrijding in een zuurkast zijn gedaan.

In afzuigkanalen plaatst men bij aanleg veelal een brandklep, maar een periodieke inspectie met daarvan afgeleid onderhoud blijft helaas vaak achterwege.

HOOFDSTUK 5

INSTRUCTIES VOOR DE GEBRUIKERS

5.1 Hoe veilig te werken in de zuurkast.

In het algemeen kunnen zuurkasten bescherming bieden tegen:

- de blootstelling aan schadelijke of giftige gassen en dampen. De concentratie voor de kast moet zo laag mogelijk zijn, maar mag ten hoogste de MAC-waarde bedragen. (MAC= Maximaal Aanvaarde Concentratie).
- het ontstaan van een explosief gasmengsel in en voor de kast. Veelal wordt 10 % van de onderste explosiegrens als een veilige grens beschouwd. Aangezien de onderste explosiegrenzen in de grootte-orde zijn van enkele volume procenten en de MAC waarden meestal lager zijn dan 0,1 volumeprocent, is de gevraagde bescherming op dit punt voor de kast gemakkelijk te realiseren. (In de kast zijn vooral plaatselijk wel hogere concentraties mogelijk.)
- het spatten. Dit gaat uiteraard maximaal op voor het raam in zijn laagste stand.

Teneinde de gevraagde bescherming ook inderdaad te realiseren, dient de zuurkast uiteraard in een goede technische staat te verkeren (zie de hoofdstuk 6 over keuring en onderhoud).

Daarnaast zijn eveneens van groot belang voor de uiteindelijk bereikte mate van veiligheid, de aard van het experiment en de wijze waarop de laboratorium-medewerker omgaat met de combinatie experiment-zuurkast.

Schadelijke of brandbare stoffen komen vooral vrij bij de volgende bewerkingen:

- het openen van gesloten proefopstellingen;
- het afwegen en overbrengen van materiaal;
- het mengen en roeren van stoffen en het maken van oplossingen;
- het centrifugeren in open systemen;
- het gebruik van injectienaalden (aerosolvorming);
- het indampen;
- het morsen, bij glasbreuk of bij explosie.

Vooraf bij open bewerkingen kan een zuurkast bescherming bieden tegen een ongewenste blootstelling.

Men dient zich echter steeds te realiseren dat het uitsluitend gaat om gas- en dampvormige producten. Vaste stofdeeltjes en aerosolen worden als regel pas afgezogen bij snelheden, die hoger zijn dan de in de raamopening gebruikelijke luchtsnelheden.

5.2 Preventieve veiligheidsmaatregelen.

Vooraf dient de experimentator een afweging te maken van de risico's van het experiment, na te gaan of het type kast geschikt is voor het experiment en de goede werking van de zuurkast te controleren. Tijdens het experiment dient men erop toe te zien dat men de afgezogen lucht-stroom niet verstoort.

Zoals reeds eerder aangegeven, is de mens één van de belangrijkste bronnen voor verstoringen. Iemand, die loopt met een snelheid van 3,6 km/h, veroorzaakt een luchtsnelheid van ca 1 m/s.

Voor de aanvang van het experiment verdienen de volgende punten de nodige aandacht:

- Controleer of de in het laboratorium gebruikelijke periodieke keuring tijdig is uitgevoerd.
- Controleer de goede werking van de zuurkast. Dit kan aan de hand van de airflow indicator, de onderdrukmeting in het afzuigkanaal, met een rookbuisje of met een reepje tissue aan de onderkant van het zuurkastraam.
- Overweeg, indien mogelijk, het meten van de concentratie van de specifieke (gevaarlijke) component waarmee gewerkt gaat worden.
- Geef, indien nodig, aan dat geen open vuur of geen niet-explosie-veilige elektrische apparatuur gebruikt mag worden.
- Neem voorzorgen tegen eventuele lekkage. Hierbij valt te denken aan absorberend materiaal, lekbakken en/of "spillkits".

5.3 Veiligheidsmaatregelen tijdens het experiment.

- Plaats de zuurkast niet te vol. Let daarbij met name op de afzuigspelen aan de achterkant, deze mogen niet geblokkeerd worden.
- Plaats de opstelling zo diep mogelijk in de kast. Als vuistregel geldt daarbij de voorste 15 à 20 cm van het werkgebied ongebruikt blijft. Dit gebied kan men eventueel markeren met b.v. een tape.
- Haal geen stromingsschotten weg.
- Stel grote opstellingen op in walk-in kasten.
- Zet opstellingen, die de goede luchtdoorstroming belemmeren, op blokjes.
- * Houd het raam zoveel mogelijk gesloten.
- Ga nooit met het hoofd in de kast.
- Maak geen heftige bewegingen voor en in de kast.
- Zie toe op het loopverkeer voor de kast. Teveel geloop vlak voor de kast verstoort de goede werking.
- Gebruik de zuurkast niet als afvoerkanaal voor gasvormige milieu-verontreinigende stoffen. Neutraliseer vrijkomende gassen of maak gebruik van een gaswasser of van een filter.
- Controleer na afloop op contaminatie en decontamineer zonodig.
- Gebruik zonodig persoonlijke beschermingsmiddelen.

Instructies voor het veilig werken in zuurkasten zijn gevisualiseerd als videoband door het KSLA , door TU Eindhoven en door Van Schaik en Berghuis. (Ref. 103 , 104 en 104A).

Tenslotte nog een aantal voorbeelden van activiteiten, die niet in een zuurkast thuishoren:

- het uitvoeren van explosiegevaarlijke experimenten of proeven onder druk; het schuifraam van de zuurkast is vooral bedoeld als spatbescherming. Tegen rondvliegende delen afkomstig van glazen of metalen apparatuur geeft het onvoldoende bescherming; desniettemin zit er veiligheidsglas in het schuifraam.
- het afvoeren van gasvormig chemisch afval; hinderlijke of schadelijke dampen die opzettelijk via de zuurkasten worden afgevoerd kunnen elders schade of hinder veroorzaken. Daarbij valt te denken aan technici werkzaam in de buurt van het afvoerkanaal of zelfs omwonenden. Er zijn gevallen denkbaar waar in het kader van de Hinderwet voorwaarden worden gesteld ten aanzien van lozingen via de zuurkast. Processen waarbij schadelijke dampen vrijkomen dienen daarom soms uitgevoerd te worden in apparatuur die voorzien is van gasreinigingsinstallaties, zoals bijvoorbeeld filters of gaswassers.
Men kan verwachten dat de omgeving van laboratoria in de toekomst minder "tolerant" zal zijn. (zie ook: Hoofdstuk 7).
- het plaatsen van opstellingen waarvan voorspelbaar is dat ze de luchttechnische werking van de zuurkast ontoelaatbaar beïnvloeden.
Grote objecten die de luchtstroom in de zuurkast ernstig verstoren zullen lek van schadelijke dampen naar buiten bevorderen. Bijvoorbeeld meet- en regelapparatuur behoort om die reden zo min mogelijk in een zuurkast thuis.
- Het opslaan van min of meer vluchtige (afval)chemicaliën. Enerzijds maken grote hoeveelheden chemicaliën het werken in de zuurkast onmogelijk, anderzijds geeft het buiten de normale tijd afschakelen of terugschakelen van de zuurkastventilatie een verminderde bescherming.

Bovendien verstoren voor de afzuigspleet in het achterschot geplaatste flessen de goede werking van een zuurkast.

In een beperkt aantal gevallen kan worden volstaan met een recirculatiekast, waarin een filter de doorgezogen lucht vrijmaakt van schadelijke en/of hinderlijke dampen. Zie daarvoor 2.2.2.

HOOFDSTUK 6

ZUURKASTKEURINGEN EN ONDERHOUD

6.1 Algemeen

Bij de aanschaf van zuurkasten is het van belang om in een vroeg stadium van de ontwerpfase betrokkenen zoals gebruikers, technische (onderhouds) dienst, veiligheids-dienst bijeen te brengen, teneinde wensen, toepassingen e.d. te bespreken. Hierbij valt te denken aan aantal, afmeting en type van de zuurkast, benodigde hoeveelheid lucht, plaats in de werkruimte, speciale uitvoering in verband met specifieke toepassingen.

Ook dienen leverancier en afnemer tevoren criteria voor overname-keuring overeen te komen en af te spreken wie de keuring verricht.

Nog te vaak worden na plaatsing zuurkast en gebruiker verder aan hun gezamenlijk lot overgelaten totdat zich evidente problemen voordoen. In de tussentijd kunnen aan de zuurkast tal van defecten optreden zonder dat ze worden opgemerkt, zoals:

- het verminderen van de afzuigcapaciteit;
- het vervuilen van de afzuigspelen;
- het verwijderen van stromingsschotten;
- het slijten van de bekabeling;
- het defect raken van de afzuiging van een onderkastje.

Om die reden bevelen wij aan om een periodiek onderhouds- en controleschema op te stellen.

Onderstaand advies gaat uit van een "gemiddeld" gebruik.

Vanzelfsprekend moet de gebruiker bij een zichtbar(e) vervuiling/defect een tussentijdse onderhoudsbeurt c.q. keuring laten verzorgen. Analooch moet bij een tussentijdse wijziging van de situatie de opdrachtgever een herkeuring laten uitvoeren.

Teneinde de gebruiker de gelegenheid te geven om vast te stellen dat de zuurkast in bedrijf is, raden wij aan een indicatie op de goede werking aan te brengen. Dit kan een eenvoudige onderdrukmeter zijn of zelfs een reepje tissue aan de onderzijde van het zuurkastraam. Beide zijn betrouwbaarder dan het geruststellende gezoem van de ventilatoren, dat U ook kunt horen als de V-snaar is gebroken of als de ventilator (door verkeerde aansluiting) blaast in plaats van zuigt.

Bij het keuren van zuurkasten kunnen een aantal soorten keuring worden onderscheiden:

6.2 Installatiekeuring

Bij installatie van nieuwe zuurkasten of bij verplaatsing wordt de keuring opgenomen in het budget voor het project. In een orderspecificatie worden de ontwerpeisen opgegeven.

De installatiekeuring omvat minimaal de volgende elementen:

- de afzuigcapaciteit;
- de luchtsnelheid en richting in de raamopening en de geografische spreiding daarin;
- het afzuigeffectiviteit;
- het verversingsvoud van de onderkastjes;
- de luchtsnelheid voor de kast;
- de geluidsproductie van de kast;
- de verlichtingssterkte op het werkblad.

Visuele inspectie vindt plaats van o.a.:

- de gebruikte materialen;
- de bewegende delen;
- de aansluitingen van de media;
- de elektrische voorzieningen.

De zuurkast dient voorzien te zijn van een onderdrukmeter die een indicatie geeft over de goede werking.

Het verhelpen van de geconstateerde gebreken en/of het niet voldoen aan de overeengekomen keuringsnormen geschiedt onder beheer van de projectleider, die verantwoordelijk is voor de plaatsing. Zonodig vindt herkeuring plaats.

6.3 Periodieke keuring

Geadviseerd wordt om zuurkasten eenmaal per 2 à 3 jaar beperkt te keuren en eenmaal per 5 jaar een combinatie van schoonmaken, onderhoud en keuring te laten plaatsvinden. Dit betekent dat per jaar 20 % van het zuurkastenbestand beperkt en 20 % uitgebreid wordt gecontroleerd.

6.3.1 De beperkte keuring.

Deze omvat minimaal het meten van:

- de afzuigcapaciteit, een controle van de onderdruk van het afzuigkanaal, of: de luchtsnelheid en de richting in de raamopening met de spreiding over het raamvlak
- de afzuiging van de onderkastjes;
- de verlichtingssterkte op het werkvlak;
- het geluidsniveau voor de kast.

Verder vindt visuele inspectie plaats van:

- de bewegende delen;
- een vervuiling van de afzuigspleten;
- de aansluitingen van de media;
- de ventilator, indien mogelijk.

Indien in de zuurkast tijdens de keuring een opstelling staat die de goede werking nadelig kan beïnvloeden, dan zal hiervan in het keuringsrapport melding worden gemaakt.

6.3.2 Uitgebreide keuring:

Deze vindt eenmaal per 5 jaar plaats en is dezelfde als een installatiekeuring.

Behalve de punten voor de beperkte keuring komen nu tevens aan de orde:

- de afzuigeffectiviteit;
- de geluidsproductie van de kast;
- de luchtsnelheid voor de kast.

Deze keuring vindt bij voorkeur plaats in combinatie met de onderhouds-/schoonmaakbeurt die aan de keuring voorafgaat. Hiertoe worden stromingsschotten en wandplaten verwijderd. Bij het schoonmaken van zuurkasten kunnen, afhankelijk van het gebruik, persoonlijke beschermingsmiddelen noodzakelijk zijn.

Is de zuurkast vervuild met giftige stoffen, dan dient het waswater te worden afgevoerd als chemisch afval.

6.4 Normstelling.

De Nederlandse veiligheidswetgeving kent voor zuurkasten geen andere dan impliciete normen waaraan moet worden voldaan: de afzuiging moet doelmatig zijn. Het concept-publicatieblad CP 16-1 (Ref. 87) van de Arbeidsinspectie geeft onder de nummers 5.5.4.3 t/m 5.5.4.5 aan op welke wijze deze doelmatigheid o.a. kan worden bereikt:

"Voor algemeen laboratoriumwerk biedt het type zuurkast-met-bypass (waarbij de lineaire luchtsnelheid in de raamopening onafhankelijk is van de raamstand) bij gebruik op een juiste, voorgeschreven wijze, met een lineaire luchtsnelheid in de werkopening van 25-45 cm/s, voldoende bescherming.

De voordelen van toepassing van dit type zuurkast zijn:

- a) De zuurkast is zonder aanpassingen in principe geschikt voor diverse soorten van werkzaamheden.
- b) Bij lage raamstand is een goede doorspoeling van de kast gewaarborgd.
- c) Uit de werkruimte wordt een nagenoeg constante hoeveelheid lucht per tijdseenheid betrokken.
- d. Toepassing van de kast stelt weinig eisen aan de deskundigheid van gebruikers.

Er kan echter niet a priori worden gesteld, dat andere typen zuurkasten slechter zullen werken. Echter, toepassing van deze kasten stelt hogere eisen aan de deskundigheid van de gebruikers.

Bij toepassing dient rekening te worden gehouden met:

- begrenzing van lineaire snelheden in de werkopening bij lage raamstand in verband met mogelijke verstoring van experimenten; de maximale lineaire snelheid zal in het algemeen afhankelijk zijn van het type zuurkast, maar mag niet meer bedragen dan 80- 100 cm/s;
- aanpassing van ruimteventilatie, indien voorzieningen worden toegepast waardoor de luchtdoorzet afhankelijk is van de raamstand;
- instelling van verhouding tussen werkbladafzuiging en secundaire luchttoevoer voor zuurkasten waarbij niet alle afgezogen lucht uit de werkruimte wordt betrokken, maar gedeeltelijk als suppletie-lucht wordt toegevoerd.

Indien een zuurkast is voorzien van onderkastjes, dan dienen deze bij voorkeur gescheiden van het werkblad te worden afgezogen. Een ventilatievoud van 20 kan veelal als voldoende worden beschouwd. Het verdient in alle gevallen aanbeveling de zuurkast ter controle op de goede werking te voorzien van een onderdrukindicatie".
(Einde citaat).

Op grond van ervaring raden wij aan om:

- bij nieuwbouw het afzuigstelsel te ontwerpen met een overcapaciteit van 20 %, om aldus enige zekerheid te hebben dat de gevraagde capaciteit ook na een aantal jaren stand houdt;
- de gemiddelde luchtsnelheid in het raamvlak te baseren op metingen in het luchtkanaal, omdat dit een betrouwbaarder basis is
- de gelijkmatigheid van de luchtsnelheid in het raamvlak te kwantificeren door de standaardafwijking van de geometrisch gemiddelde snelheid in het raamvlak te hanteren. Deze mag niet meer bedragen dan 20 % van het gemiddelde. (In Ref. 101 vergelijkt de auteur het verschil tussen het geometrisch- en het rekenkundig middelen van luchtsnelheden; zie ook Ref.87).

De luchtsnelheid op 1 meter afstand midden voor de kast en op 1,5 meter hoogte mag niet meer bedragen dan 2/3 van die in de raamopening.

Andere dan luchttechnische normen kunnen zijn:

- de geluidsproductie van een in bedrijf zijnde zuurkast mag op 1 meter voor het geopende raam niet meer dan 55 dB(A) bedragen (streefwaarde voor bestaande kasten);
om na te gaan of het geluidsniveau voornamelijk wordt veroorzaakt door de zuurkast, moet ook worden gemeten met uitgeschakelde ventilator;
- de verlichtingssterkte op het werkblad bedraagt tenminste 500 lux.

Verdere eisen te stellen aan zuurkasten zijn:

- het zuurkastraam is uitgevoerd in veiligheidsglas;
- de kabels van de schuiframen mogen niet gerafeld zijn;
- de elektrische aansluitingen moeten voldoen aan NEN 1010 en aan de betreffende interne bedrijfsvoor-schriften;
- de gasaansluitingen moeten voldoen aan de GIVEG en interne bedrijfsvoorschriften;
- de stromingsschotten moeten gemakkelijk te verwijderen zijn voor onderhouds- en reinigingswerkzaamheden;
- de afzuigspelen mogen niet vervuild of anderszins onwerkzaam zijn.

6.5 Onderhoud

Het periodieke onderhoud, uit te voeren eenmaal per 5 jaar in combinatie met de uitgebreide keuring, zal voornamelijk bestaan uit het weghalen van losse delen en het schoonmaken. Veelvuldig voorkomende euvels zijn vervuiling van de afzuigspelen en ondeugdelijke ophanging van stromingsschotten. Ook kunnen de kabels gerafeld zijn.

Slechts een ontruimde zuurkast is optimaal bereikbaar. Hiertoe dienen goede werkafspraken met de gebruiker gemaakt te worden. Het verdient aanbeveling om van schoonmaakpersoneel te zoeken dat gewend is om met persoonlijke beschermingsmiddelen te werken.

Deze beschermingsmiddelen kunnen zijn:

- a) een waterbestendige wegwerp-overall;
- b) handschoenen, die voldoende ver over de mouwen steken, en die van een geschikt materiaal zijn vervaardigd;
- c) stofpet;
- d) veiligheidslaarzen, die niet buiten het bedrijf mogen worden gedragen, tenzij ze zijn gereinigd; broekspijpen dienen over de laarzen heen te worden gedragen;
- e) adembescherming: de beheerder van de zuurkast, de TD-toezichthouder en de veiligheidskundige overleggen of en welke adembescherming moet worden gebruikt. Als criterium voor het gebruik van een masker geldt de kans op aanwezigheid van resten schadelijke stoffen in de zuurkast.

Geadviseerd wordt om minimaal een stofmasker tegen schadelijk fijnstof te dragen.

Tijdens het schoonmaken c.q. reviseren blijft de afzuiging in werking. De revisie en herstelwerkzaamheden aan de zuurkast worden uitgevoerd zo snel mogelijk na het schoonmaken. Dit om het oponthoud van de werkzaamheden zo gering mogelijk te laten zijn en te voorkomen, dat ook bij deze werkzaamheden weer persoonlijke bescherming gedragen moet worden.

Indien het onderhoud wordt uitbesteed, dan kan worden overwogen om hiervoor de leverancier in te schakelen, dit speciaal met het oog op eventueel te vervangen onderdelen.

6.6 Luchttechnische metingen

Bij het luchttechnisch doormeten van zuurkasten kunnen een aantal stappen worden onderscheiden:

- 1. de capaciteitsmeting van de afgezogen hoeveelheid lucht per tijdseenheid;
- 2. de actuele luchtsnelheidsmetingen in de raamopening en de spreiding over deze opening;
- 3. de kwantificering van de afzuigeffectiviteit door meting van de lek naar buiten d.m.v. een testgas;
- 4. de rookproeven.

De procedure voor het meten aan zuurkasten is gedetailleerd opgenomen in Bijlage II.

HOOFDSTUK 7

ZUURKASTEMISSIE

Een algemene beschouwing.

7.1 Definities, inleiding.

In het volgende zal worden verstaan onder:

emissies: een lozing van verontreinigende stoffen, afkomstig van een of meer bronnen, naar buiten;

inmissies: een intrede van verontreinigende stoffen in een begrensde milieu.

In de voorgaande hoofdstukken is ondermeer aangegeven hoe een zuurkast op een adequate manier kan bijdragen tot het beschermen van laboratoriummedewerkers tegen blootstelling aan schadelijke stoffen (het beperken van de interne milieubelasting). Bij de exploitatie van laboratoria dient echter ook aandacht besteed te worden aan mogelijk risico's voor de omgeving (het externe milieu). Voorkomen moet worden dat bodem, water, lucht en de daarin voorkomende levende organismen door emissies op ontoelaatbare wijze worden belast.

Zo'n belasting kan voornamelijk op drie manieren plaatsvinden, nl.:

- a. door emissie van verontreinigde lucht uit ventilatiekanalen, zuurkastuitlaten, schoorstenen e.d.
- b. door lozing van afvalwater op het riool, oppervlaktewater of in de grond.
- c. door het storten van milieugevaarlijke stoffen bijv. via de afvoer van huishoudelijk afval.

Dit kan gebeuren tijdens een normale bedrijfsvoering, maar ook tijdens of na incidentele gebeurtenissen, zoals brand, explosie of lekkage.

Op deze incidenteel belastende factoren wordt hier verder niet ingegaan, alhoewel die bij "worst-case" berekeningen natuurlijk wel moeten worden meegenomen.

Verontreiniging van bodem en water is door het voeren van een stringent inzamelbeleid voor milieu-gevaarlijk afval te voorkomen, zodat ook deze factoren buiten beschouwing kunnen blijven. Wat overblijft als belangrijkste mogelijk belastende factor is luchtverontreiniging.

Omdat handelingen met gevaarlijke stoffen in laboratoria voornamelijk in zuurkasten plaatsvinden zal met name gelet moeten worden op de emissie van door zuurkasten afgezogen lucht. Het is echter niet zo, dat elke handeling in een zuurkast leidt tot een relevante emissie, omdat in de praktijk deze kasten ook gebruikt worden voor spatbescherming e.d.

7.2 Het specifieke karakter van laboratoriumprocessen

Laboratoria kenmerken zich in het algemeen door vele kleinschalige activiteiten met een grote diversiteit aan stoffen, soms zelfs met onbekende eigenschappen. Vaak variëren daarbij de omstandigheden ook nog voortdurend.

Een vergelijking met (chemische) bedrijven resulteert dan ook meestal in een duidelijk tegengesteld beeld. In de industrie worden vaak juist grote hoeveelheden van een beperkt aantal stoffen gebruikt, terwijl ook de omstandigheden meestal min of meer constant zijn.

Bij het vaststellen van relevante milieubelastende factoren en de daartegen te nemen maatregelen zou dan ook sprake moeten zijn van een voor beide situaties specifieke aanpak. Dit zal aan de hand van een voorbeeld worden toegelicht:

Voor het schatten van de effecten als gevolg van emissies zijn verschillende theoretische modellen opgesteld, zoals bijv. het zogenaamde gaussische pluimmodel (o.a. Ref. 89). Een dergelijke benadering verloopt vrijwel altijd via ingewikkelde vergelijkingen.

Er moet met tal van factoren rekening worden gehouden zoals de meteorologische omstandigheden, de aard van de omgeving van de bron en de karakteristieken van de bron zelf.

Met name voor grote hoge bronnen met een redelijk continue emissie, vaak dus in industriële situaties, leveren dergelijke schattingen nuttige informatie op.

Het grote aantal veronderstellingen bij zo'n theoretische berekening en de reeds eerder genoemde complexe omstandigheden bij veel laboratoria, maken dat zo'n schatting daarvoor vrijwel altijd zonder praktische betekenis is, en mogelijk zelfs leidt tot een vorm van schijnveiligheid. Helaas worden laboratoria en bedrijven in de praktijk op dit punt nog te vaak gelijkgesteld.

7.3 Emissiebeperking of verdunning?

Om te voorkomen dat het (externe) milieu op ontoelaatbare wijze schade of hinder ondervindt door luchtverontreiniging, worden in principe twee methoden gehanteerd, te weten:

- emissiebeperking, en
- verdunning.

Uiteraard verdient emissiebeperking altijd de voorkeur, zeker als het gaat om extreem giftige, persistente en/of bio-accumulerende stoffen.

Bovendien maakt de schaal, waarop laboratoriumprocessen meestal plaats vinden, het in veel gevallen mogelijk om risico's al bij de bron in te perken, onder andere door het gebruik van gesloten systemen, zuurkastfilters, gaswassers e.d.

In paragraaf 7.2. werd reeds aangegeven dat het berekenen van de minimale hoogte van zuurkastuitlaten met behulp van verspreidingsmodellen vaak (te) weinig oplevert (Ref. 80, 81 en 82). Eind 1987 bracht het Directoraat Generaal van de Arbeid een rapport uit met een berekeningsmethode voor immissies op korte afstand (< 100 m) van de bron (Ref. 102). In bepaalde gevallen, zoals bij het opstellen van Arbeidsveiligheids- en milieueffectsrapporten, kan dit rapport erg nuttig zijn. Door het grote aantal onzekerheden blijft de berekening van de vereiste minimale uitblaashoogtes van zuurkasten toch vaak te onnauwkeurig.

De vuistregels (o.a. Ref. 101), die specifiek voor dit soort situaties zijn ontwikkeld, betekenen in dit opzicht meestal eerder een verslechtering dan een verbetering.

Het gebruik van dergelijke rekenregels lijkt op het eerste gezicht wellicht aantrekkelijk door de simpele toepasbaarheid, de nauwkeurigheid van de uitkomsten is er echter vrijwel nooit beter op geworden. Immers deze formules zijn bijna allemaal sterk vereenvoudigde afgeleiden van de eerdergenoemde verspreidingsmodellen.

Ze bieden dan ook geen enkele garantie dat geëmitteerde zuurkastlucht de omgeving niet op ontoelaatbare wijze verontreinigt, of zelfs via aanzuigopeningen en/of ramen en deuren het gebouw weer binnenkomt.

Illustratief in dit verband is dat in de literatuur aanbevolen uitlaathoogten om buiten de gebouwen-turbulentie te komen, variëren van 1,25 tot 2,5 maal de hoogte van het gebouw waarop de uitlaat is geplaatst, of de hoogte van een hoger belendend gebouw. De keuze voor de "veiligste" benadering resulteert dan misschien wel in een milieu-hygiënisch verantwoorde aanpak, maar heeft als duidelijk argument tegen dat gemakkelijk gekozen wordt voor een dure en weinig fraaie oplossing (hoge uitlaten!).

Al met al is dan ook de conclusie gerechtvaardigd dat een redelijk nauwkeurige bepaling van de gewenste hoogten van zuurkastuitlaten vaak alleen kan plaatsvinden aan de hand van windtunnelproeven met schaalmodellen. Voor complexe situaties (vele zuurkastuitlaten, variërende gebouwhoogtes) kan daarbij wellicht worden gekozen voor een "worst-case" benadering, omdat deze meestal bepalend is en om op die manier de kosten van zo'n onderzoek binnen redelijke grenzen te houden. Ook al is een zeker windtunnelonderzoek slechts nauwkeurig voor die ene nauwkeurig omschreven situatie, het blijft echter de nauwkeurigste methode, zeker als het gaat om een grootte-orde bepaling.

In Bijlage V worden nog enige algemeen geldende aanbevelingen gegeven met betrekking tot de hoogte en de geometrie van zuurkastuitlaten en de plaatsing van aanzuigopeningen voor ventilatiesystemen.

Bijlage III geeft een voorbeeldberekening voor het bepalen van het verdunningseffect door zuurkastafzuiging.

Soms wordt dit zelfs (wettelijk) voorgeschreven op grond van bestaande inperkingstheorieën, zoals voor radio-actieve stoffen, micro-organismen of extreem giftige chemicaliën (emissienormen) (Ref. 92, 93 en 94).

Hierbij spelen factoren zoals de aard van de gebruikte stof(fen), de fysische eigenschappen (vluchtigheid e.d.) en de verspreidingskans in belangrijke mate mee.

Tenslotte nog wat over het nut van aanvullende emissiebeperkende normen voor laboratoriumsituaties. Zoals reeds aan het begin van deze paragraaf werd aangegeven, worden naast regels m.b.t. de wijze van lozen soms nog beperkingen gesteld aan de hoeveelheden die geëmitteerd mogen worden. Nu heeft het stellen van dit soort normen weinig zin als controle daarop onmogelijk is. Het grote aantal mogelijke bronnen, de grote diversiteit aan gebruikte (deels onbekende) stoffen en de kleine schaal waarop laboratoriumprocessen doorgaans plaatsvinden maken het stellen van emissienormen voor laboratoria tot een methode zonder grote praktische betekenis. In veel gevallen zullen de concentraties van de geëmitteerde stoffen de onderste detectiegrenzen van de meetmethoden niet eens overschrijden.

Aanvullende regels zullen daarom indien nodig in dit soort gevallen altijd uit moeten gaan van broninperkende maatregelen, bijvoorbeeld in de vorm van het voorschrijven van filters en/of gaswassers. In voorkomende gevallen kan de effectiviteit van zuurkastuitlaten vaak het beste worden bepaald met behulp van een referentiestof, bijvoorbeeld zwavelhexafluoride (SF_6).

Wanneer toch voor verdunning in de atmosfeer wordt gekozen moet de schoorsteen, of zoals hier een zuurkastuitlaat, voldoende hoog zijn. Dit om te voorkomen dat de (grond)concentraties van de geëmitteerde stoffen zodanige waarden bereiken, dat daardoor schade aan het milieu wordt toegebracht.

Soms kan op eenvoudige wijze worden berekend (zie Bijlage III), dat na het verdunnen in de zuurkast met grote hoeveelheden lucht de concentraties in de uitgeblazen lucht dermate laag zijn, dat ze geen rol meer spelen bij het berekenen van de uitblaashoogten van de zuurkasten.

Wanneer geen direkt inperkende maatregelen zijn voorgeschreven en berekeningen vooraf een risico niet uitsluit, moet de plaats, de hoogte en de vorm van de zuurkastuitlaten en eventuele andere afvoerkanalen voor verontreinigde lucht voldoende nauwkeurig worden bepaald.

Het publikatieblad CP 16-1 (Ref. 87) van de Arbeidsinspectie stelt:

"De hoogte waarop de afgezogen lucht wordt afgevoerd, moet zodanig zijn, dat de uittredende stoffen geen gevaar of hinder voor, of schade aan de omgeving kunnen veroorzaken. Speciaal dient te worden voorkomen, dat de afgevoerde stoffen als gevolg van luchtstromingen via een luchtsuppletiesysteem of via andere openingen het gebouw weer binnenkomen".

7.4 Samenvatting en conclusies.

Emissie van de lucht, afkomstig van de zuurkasten in laboratoria, is een ingewikkeld probleem. Verspreidingsmodellen zijn in dit soort situaties nauwelijks te hanteren. Sterk vereenvoudigde vuistregels voor het bepalen van uitlaathoogtes geven meestal nog onnauwkeuriger resultaten. Het gebruik daarvan moet dan ook worden ontraden. Door de kleine schaal waarop laboratoriumprocessen doorgaans plaatsvinden is het met enige moeite echter vaak nog wel mogelijk om aan broninperking te doen. Soms is dat zelfs wettelijk voorgeschreven. Schatting van de gewenste hoogtes van zuurkastuitlaten dient bij voorkeur plaats te vinden aan de hand van windtunnelproeven. Als daarnaast nog rekening wordt gehouden met enige algemeen geldende principes kan tot een verantwoorde oplossing van het emissieprobleem van laboratoria worden gekomen.

Aanvullende emissie(beperkende) normen zullen door de kleinschalige complexe procesgang in laboratoria veelal geen effect hebben.

HOOFDSTUK 8

SLOTOPMERKINGEN

In het voorgaande is getracht de voornaamste aandachtspunten met betrekking tot zuurkasten bijeen te brengen en van toelichtend commentaar te voorzien. Tevens is ingegaan op het fenomeen, dat er verschillende belangengroepen bij zuurkasten zijn betrokken. De aanbeveling tot goede samenwerking ligt dus voor de hand.

De samenstellers realiseren zich echter ten volle, dat de hamvraag: "Wat is een goede zuurkast?" niet volledig is beantwoord. Er is geen uitspraak gedaan wat bijvoorbeeld de luchtsnelheid in de raamopening moet zijn om uittreding van gassen en dampen te voorkomen. Het probleem hierbij is, dat de luchtsnelheid wel een belangrijk aspect is, maar zeker niet de enige parameter is om de bescherming te beschrijven.

Een middel om na te gaan of het doel wordt bereikt, kan zijn het uittreden van gassen en dampen te kwantificeren. In Bijlage II is daarop nader ingegaan.

Het meetvoorschrift van Bijlage II.5 kan niet worden beschouwd als de oplossing van dit probleem. Deze meetmethode is, ondanks alle inspanningen, nog slechts een aanzet.

Automatisering, meer verfijnde analytische methodes en dataverwerking per computer zijn onontkoombaar, b.v. op basis van Ref. 97 en 106.

Om tot overeenstemming te komen tussen de verschillende belanghebbenden, verdient het ten zeerste aanbeveling om met het Nederlands Normalisatie Instituut te komen tot een kwaliteitsnorm voor zuurkasten. Het B.S.I. en de D.I.N. zijn ons reeds voorgegaan. Met een N.E.N. in de hand is het mogelijk om te komen tot een typekeuring voor zuurkasten. Na het gereedkomen van dit rapport verscheen er in Engeland een gewijzigde ontwerpnorm (Ref. 109), terwijl ongeveer gelijktijdig een Duitse ontwerpnorm werd ingetrokken. Er is dus volop actie.

Dat het dan nog steeds mogelijk is om door onjuiste plaatsing in de werkruimte tot een slechtwerkende zuurkast te komen, is in het voorgaande voldoende uiteengezet.

De samenstellers van dit rapport hopen dat (mede) door hun inspanning de discussie over de diverse facetten van zuurkasten verder op gang komt.

HOOFDSTUK 9

LITERATUUR

1. Roach, S.A. "On the role of turbulent diffusion in ventilation". Ann. occup. Hyg., Vol. 24 (1981), nr. 1, pp. 105-132.
2. Goodfellow, H.D. "Design considerations for fume hoods for process plants". AIHA Journal, 41 (1980), nr. 7, pp. 473-484.
3. Bruyant, R.K. "Hood Alarm and Monitoring system assures Lab. Personal Safety". Heating, piping and air conditioning. March 1970, pp. 83-84.
4. A.R. Hoare & Co Ltd. Fume cupboard questionnaire + folders.
5. Robertson, P. "Improvements to prevent the escape of fume from beneath the sash of a fume cupboard". Ann. Occup. Hyg., Vol. 23 (1980), pp.305-309.
6. Constance, J. "Clearing the air in laboratories". Research/development, sept. 1972, pp. 22-26.
7. Nat. Saf. Council. "Instruments for testing exhaust ventilation systems". National Safety News, April 1980, pp. 71-78.
8. National Safety Council. "Laboratory fume hoods", Data sheet I-687 Rev. 85
9. Socha, G. "Local exhaustion principles". AIHA Journal, 40 (1979) nr. 1, pp. 1-10.
10. Davis Instrument Manuf. Co. Inc. "Portable Thermal Anemometer". Nat. Saf. News, May 1980, p. 155.
11. Bender, M. "Fume hoods, open canopy type". AIHA Journal, 40 (1979), nr. 2, pp. 118-127.
12. Shair, F.X. "Experimental characterization of ventilation Systems in buildings". Env. Sci & Techn., 6 (1972), nr. 7, pp. 609-614.
13. Fuller, F. "The rating of Laboratory Hood Performance". ASHRAE Journal, October 1979, pp. 49-53.
14. Graham, J. "Troubleshooting laboratory fume hoods". Industrial Research/Development, June 1979, pp. 129-132.

15. Constance, J. "Clearing the air in laboratories". Building system, August 1977, pp. 24-35.
16. De Gids, W. "Effectiviteit van verhoogde luchtsnelheid in de raamopening van een zuurkast". Rapport IMG-TNO-C436.
17. Jonkhoff, T. "Veilig werken in de zuurkast". KSLA/VMB publikatie, januari 1977.
18. "Symposium on Fume Cupboards and Ventilated Enclosures". Falkirk, Scotland, 31st October 1979.
19. De Gids, W.F. "De plaats van de zuurkast". De Veiligheid, Vol. 50 (1974), nr. 4, pp. 153-156.
20. BOHS "A guide to the design and installation of laboratory fume cupboards", Am. occup. Hyg. 18 (1975), pp. 273-291.
21. Meijer, H. "Ventilatie van laboratoriumruimtes". Verwarming en ventilatie, febr. 1963, mz. pp. 84-101.
22. Verheij J.K. en Brasser, L.J. "Onderzoek aan zuurkasten en afzuigkappen in laboratoria". Vakantieleergang voor Wärmtetechniek in 1959.
23. Mouris, E. en Van Schaik, G. "Overwegingen bij de aanschaf van een zuurkast:.". Chemisch Weekblad, 20 sept. 1974 pp. L25-L31.
24. Mikeil, W.G. and Hobbs, L.R. "Laboratory Hood Studies", Journal of Chemical Education, 58 (1981) nr. 5, pp. A165-A169.
25. Birchall, I. "Fume cup boards and the storage of flammable and corrosive liquids" Protection, vol. 14 (1977) nr. 7 pp. 7-8.
26. Anon. "General purpose laboratory fume cup boards" Protection, vol. 15 (1978) nr. 3 pp. 11-12.
27. Checklist voor zuurkasten van TNO-MBL.
28. Hill, R.H. "Control of hazardous and highly toxic materials in the laboratory". Int. Laboratory, vol. 11 (1981) nr. 6 pp. 12-22.
29. "Laboratory Hood Ventilation" A.I.H.A. Journal, Nov. Dec. 1968, pp. 611-617.

30. Decken, C.B. van der. "Untersuchungen über die stromungstechnischen Vorgänge in der Kapelle eines Laborabzuges" GIT Fachzeitschrift für das Laboratorium, vol. 12 (1968) nr. 8 pp. 736-744.
31. Rozema, T. "Aan zuurkasten te stellen eisen t.a.v. constructie en ventilatie".
Uitgave van VI fc nr. 76/519/Rz/TP/10-01.
32. de Jonge, S.L. "Inspectierapport zuurkasten NSL".
Intern KEMA rapport over zuurkastkeuringen.
33. D. Hughes - "A literature survey and design study of fume cupboards and fume dispersal systems".
Occupational Hygiene Monograph nr. 4 1980.
34. Constance, J.D. "Fume Hoods". Bijlage tot Veiligheidsbestuur, november 1980, pp. 1t/m 6.
35. The development and use of fume cupboards, fume hoods and ventilated safety enclosures for laboratories - Symposium organised by the Laboratory of the Government Chemist 22-3-79.
36. British Standards Institution, "Laboratory fume cupboards", Draft for Development DD80: 1982.
Part 1. Safety requirements and performance testing.
Part 2. Recommendations for information to be exchanged between purchaser, vendor and installer and recommendations for installation.
Part 3. Recommendations for selection, use and maintenance.
(zie ook Ref. 107)
37. Hughes, D. "Fume cupboards and air extraction". Laboratory Practice 30 (1981) nr. 4.
38. DIN 12923. "Abzüge, Arten und Hauptmasze", July 1975.
39. DIN 12924. "Anforderungen an Abzüge", Januar 1978.
Teil 1 Abzüge für allgemeinen Gebrauch.
Teil 2 Abzüge für besondere Zwecke.
40. Ontwerp NEN 3569, "Veiligheidsbeglazing in gebouwen", september 1981.
41. "Brandwerendheid en glas"
STIP augustus 1979, pp. 33 t/m 35.
42. Arbeidsinspectie P130 deel 1, "Laboratoria, Veiligheid en Hygiëne".
43. KEMA, "Veilig werken met zwavelhexafluoride".
Intern veiligheidsvoorschrift AI-CVD-05/01/01.

44. De Gids, W. "Afzuiging in bedrijfsruimten".
Rapport IMG-TNO C450, mei 1980.
45. TNO-IMG, "Thermo-anemometer for low velocities". Documentation sheet
40, augustus 1978.
46. Kroes, A.G. "Zuurkasten in laboratoria",
cursus HVK 1980-1982.
47. Knowlton, J., Caplan, P.E. "A performance test for laboratory fume
hoods",
Am. Ind. Hyg. Ass. J., 43 (1982) nr. 10, pp. 722-737.
48. Peck, R.C. "Validation of method to determine a protection factor
for laboratory hoods",
Am. Ind. Hyg. 43 (1982) nr. 8, pp. 596-601.
49. Knowlton, J., Caplan, P.E. "Influence of room air supply on
laboratory hoods",
Am. Ind. Hyg. Ass. J., 43 (1982) nr. 10, pp. 738-746.
50. Hughes, D. "The reduction of fume cupboard running costs", Ann.
occup. Hyg. 25 (1982) nr. 1, pp. 101-104.
51. Bayer, R. "Toxic vapors and ventilation parameters", Journal of
Chemical Education, 59 (1982) nr. 12, pp. A385-A389.
52. Fletcher, B. and Johnson, A.E. "Velocity profiles round hoods and
slots and the effect of an adjacent plane", Ann. of occup. Hyg. 25
(1982) nr. 4, pp. 365-372.
53. Clark, R.P. "Airborne hazards in the laboratory", Nature, 301
(1983), pp. XV-XVI.
54. Bayer, R.E. "Evaluation of Chemical atmospheres in science
laboratories",
Journal of Chem. Educ. 57 (1980) nr. 10, pp. A287-A288.
55. Halitsky, J. "Atmospheric dilution of fume hood exhaust gases",
Am. Ind. Hyg. Ass. J., 43 (1982) nr. 3, pp. 185-189.
56. Piney, M. "How to use fume cupboards effectively", Health and Safety
at Work, October 1983, pp. 32-37.
57. Hermann Waldner GmbH "Neue Abzugsgeneration, Secutromb",
Druckschrift 931, Mai 1982.
58. Ham, Ph. J. "Een onderzoek naar de luchtsnelheidsverdeling in het
raamvlak van zware en lichte gassen bij een zuurkast".
Rapport TNO-IMG C 511, december 1982.

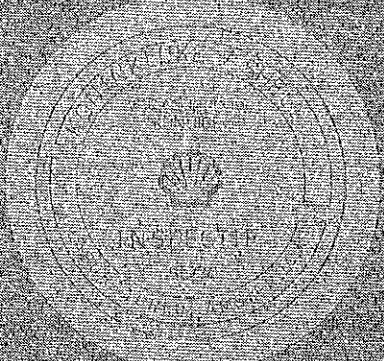
59. Ballegoy, H.J.J. van, e.a. "Veiligheid in laboratoria", Chemisch Magazine, augustus 1983, pp. 349-352.
60. Schalkoort, T.A.J. "Arbeidshygiënische uitgangspunten voor het ontwerp en de beoordeling van industriële ventilatie". Syllabus van de cursus bedrijfshygiëne 1982-1984, Breda 1983.
61. Kroes, A.G. "Zuurkasten in laboratoria, kwantificering afzuigeffectiviteit". Cursus bedrijfshygiëne IHBO West-Brabant, 1984.
62. Wielen-van der Wiel, J.H.S. van der, "Een onderzoek naar de kwantificering van het afzuigeffect van zuurkasten". TH Eindhoven, juni 1984.
63. Bolkesteijn, G. "Onderzoek kwaliteit zuurkasten". TH Twente, januari 1985.
64. Verbeek, D. "Onderzoek kwaliteit zuurkasten" 1-ste aanvulling. TH Twente, maart 1985.
65. Jaartsveld, H. "Het meten aan zuurkasten". LH Wageningen, mei 1986.
66. Hilbers, H. "Schadstoffreinigung in Laboratorien", Technik am Bau, 2/83, pp. 109-177.
67. Piney, M. "Design exhaust ventilation that works", Occupational Health, november 1983, pp. 498-502.
68. Woodhouse, N.L. "Fuming about fume cupboards", Health & Safety at Work, Jan. 1984, p. 19.
69. Mikell, W.G. and Drinkard, W.C. "Good practices for hood use", J. of Chem. Ed. 16 (1984) nr. 1, pp. A13-A14.
70. Ellenbecker, M.J. et. al. "Capture efficiency of local exhaust ventilation systems", Am. Ind. Hyg. Ass. J. 44 (1983) nr. 10, pp. 752-755.
71. Hunt, J.S. "Heating and Ventilating laboratories with fume cupboards". Sulzer Technical Review 1/1985, pp. 27-29.
72. National Safety Council. "Checking performance of local exhaust systems", Data sheet I-428-Reaf 86.
73. Woolley, A. "Fume cupboards safety", Laboratory Practice, December 1983, pp. 35-37.

74. Abrams, D.S. et. al. "An evaluation of the effectiveness of a recirculating laboratory hood".
Am. Ind. Hyg. Ass. J. 47 (1986) nr. 1, pp. 22-26.
75. Dep. of Educ. and Science. "Fume cup boards in schools", Design Note 29.
76. Standards Association of Australia, Part 8 "Fume Cupboards", Australian Standard 2243.8-1986.
77. DIN 12924 - Teil I, Norm - Entwurf, "Anforderungen an Abzüge für allgemeinen Gebrauch". Maart 1988
78. Waldner GmbH, "Lufttechnische Untersuchungen am Laborabzüge".
10.34.09.86.
79. Dwyer Instruments, Inc. Michigan. "Bulletin H-100".
80. Melle, A. van, "Schatting van de concentraties bij de luchtaanzuigopeningen van het preklinische instituut door emissies uit zuurkasten",
MT-TNO-rapport 85-014775, 1985.
81. Melle, A. van, "Windtunnelonderzoek naar de verspreiding van gas-emissies uit zuurkasten van het te bouwen U.P.I.-laboratorium te Nijmegen",
MT-TNO-rapport 85-014775, 1985.
82. Knoll, B., "Luchtbeweging om gebouwen, een onderzoek naar de verspreiding van de afgevoerde gassen van de chemische laboratoria van de Universiteit van Amsterdam", MG-TNO-rapport C501, 1982.
83. Builtjes, P./J.H., "Luchtverontreiniging en hinderwet",
Klimaatbeheersing 11-9, 1982.
84. Builtjes, P.J.H., Hoofdstuk voor het handboek modelvoorschriften luchtverontreiniging.
MT-TNO-rapport 81-017792, 1981.
85. Vereniging Lucht, zie onderzoek luchtverontreiniging. "Invloed van een gebouw op de verspreiding van schoorsteenpijpen, aanbeveling voor een rekenmethode", 1986.
86. Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid,
"Laboratoria: veiligheid en hygiëne",
P130-1, 2-de druk 1982.

87. Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid,
"Laboratoria: bouw en inrichting", CP 16-1, 1988
88. Roodbeen, A.E., "De externe milieubelasting van laboratoria",
interne publikatie
Landbouwwuniversiteit Wageningen, 1987.
89. TNO: Bureau Industriële Veiligheid, Commissie Preventie van rampen
door gevaarlijke stoffen. "Methoden voor het berekenen van de
fysische effecten van het incidenteel vrijkomen van gevaarlijke
stoffen", 1979.
90. Adviesbureau AVIV: "Risico-aspecten voor de gezondheid bij bewoning
van een terrein tussen en rond een laboratoriumcomplex". De
Leeuwenhoeksituatie, Gemeente Leiden, 1979.
91. Interuniversitaire Adviescommissie Veiligheid- en Milieuwetgeving.
Verslag: "Emissies van laboratoria",
Wereldmilieudag 1985.
92. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en
Milieubeheer, "Radionuclidenlaboratoria",
publikatie 83-02.
93. Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale
Zaken en Werkgelegenheid,
"Het werken met recombinant DNA in CI- en CII-laboratoria."
94. "Richtlijnen voor het werken met (zeer) toxische stoffen in het
laboratorium: classificatie, indeling en procedures", opgesteld door
N.V.V.K. en I.A.V.M., uit te geven begin 1989.
(I.A.V.M.= Interuniversitaire Adviescommissie Veiligheids- en
Milieuwetgeving en N.V.V.K.= Nederlandse Vereniging voor
Veiligheidskunde)
95. Sichere Chemiearbeit 11183, 85 en 86: "Schweres Explosionsunglück im
Labor durch Perchlorsäure".
Een dode, een zwaar gewonde en een zwaar beschadigd laboratorium
waren het gevolg van het via haarscheurtjes in het betegelde
werkvlak op de ondersteunende spaanplaat terecht gekomen
perchloorzuur.
96. Cook, J.D. and Hughes, D., "Fume cupboards revisited". HHSC Handbook
nr. 2, Leeds, 1986.
97. Pluijm, M.J.F.P. "The development of a microanemometer, new
possibilities for measuring very low air velocities", Dissertation
Eindhoven, 1987.

98. "Specification for Microbiological safety cabinets", British Standard Institution, B S 5726: 1979.
99. Clark, R.P., "The performance, installation, testing and limitations of microbiological safety cabinets", Occupational Hygiene Monograph nr. 9, 1983.
100. Weyden, M.E.v.d., "Meetmethode voor controle van zuurkasten", Universiteit Twente, 1987.
101. Kroes, A.G., "Een statische analyse van luchtsnelheidsmetingen", KSLA/VMB uitgave.
102. Diectoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid: "Methoden voor de berekening van immissies op korte afstand van de bron" (1987).
103. "Veilig werken in de zuurkast", Koninklijke/Shell Laboratorium Amsterdam (1983); videoband 11 minuten.
104. "Zuurkast en veiligheid", Faculteit Scheikunde van de Technische Universiteit Eindhoven (1986); videoband 15 minuten.
- 104A. "Leefbare laboratoria: Veilig werken in zuurkasten", dit is een door van Schaik en Berghuis b.v. in 1988 uitgebrachte bewerking van 104; videoband 14 minuten.
105. Kennedy, D.A., "Water fog as a medium for visualization" of airflows"; Ann. occup.Hyg. 31, 255-259 (1987)
106. Riel, F.van, "Enkele toepassingen microanemometer"; afstudeerrapport Faculteit Bouwkunde (Vakgroep Fysische aspecten van de gebouwde omgeving), Technische Universiteit Eindhoven (1987)
107. Hoen, P.J.J. en Thijs, R.V.L.M., "Verbeterde graaddagenmethode." Rapport 80-16-K Technische Universiteit Eindhoven, Faculteit Bouwkunde 1981
108. Slofstra, J.W., "Zuurkasten en ventilatie". Lezing, gehouden op de Wereldmilieudag (1 juni 1988, Wageningen), georganiseerd door de Nederlandse Vereniging van Energie-Coordinatoren en de Interuniversitaire Adviescommissie voor Veiligheids- en Milieuwetgeving.
109. British Standard Institution: "Draft British standard for laboratory fume-cupboards" (Doc. 88/50847, febr.88)
 - Part 1. Safety requirements and performance testing.
 - Part 2. Recommendations for information to be exchanged between purchaser, vendor and installer and recommendations for installation.
 - Part 3. Recommendations for selection, use and maintenance.
(Nieuwe versie van Ref.36)

ENKELE KEURINGSFORMULIEREN



Zuurkast no.

Keuringsdatum

Gem. lichtsnelheid m/s

Spreiding lichtsnelh. %

Beschermingsfactor m³/s

Δ P signalering mmwvk

Ventilator no.

Opmerkingen

Informatie tel.nr.

Fig.I.1 Keuringssticker van het Koninklijke/St
Laboratorium Amsterdam.

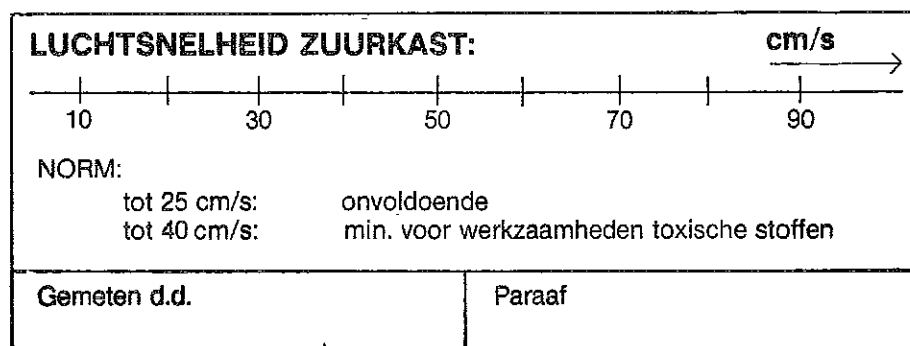


Fig.I.2 Keuringssticker van de Technische Universiteit Eindhoven (Faculteit Scheikundige Technologie).

BIJLAGE II

LUCHTTECHNISCHE METINGEN

Bij het luchttechnische doormeten van zuurkasten kunnen een aantal stappen worden onderscheiden:

1. capaciteitsmeting van de afgezogen hoeveelheid lucht per tijdseenheid;
2. momentane luchtsnelheidsmetingen in het raamvlak en de spreiding daarin;
3. kwantificering van de afzuigeffectiviteit door meting van de lek naar buiten d.m.v. een testgas;
4. rookproeven.

Achtereenvolgens zal van elk dezer stappen een aantal aandachtspunten worden behandeld om tenslotte te komen tot een eenduidig en nawerkbaar meetvoorschrift.

II.1 Capaciteitsmeting

De afzuigcapaciteit wordt gemeten in de luchtafvoerpijp m.b.v. een Pitotbuis op een wijze zoals beschreven in Ref.7 of Ref.79. Door op een aantal plaatsen tussen zuurkast en uitblaasopening in het luchtkanaal te meten, kan controle op lekkage plaatsvinden.

De meting vindt, conform de opvattingen van de Arbeidsinspectie, plaats met geheel geopend raam. Het meten van de invloed van het sluiten van het raam heeft alleen zin, indien dit een praktijksituatie is.

Deze meting is met een grote mate van exactheid uit te voeren, iets wat van de navolgende stappen niet altijd gezegd kan worden.

De afzuigcapaciteit wordt gewoonlijk uitgedrukt in m^3/h . De gemiddelde lineaire luchtsnelheid in het raamvlak kan worden berekend uit de afzuigcapaciteit en de oppervlakte van het raamvlak. Hierbij dient zonodig gecorrigeerd te worden voor de afzuiging van de onderkastjes.

II.2 Luchtsnelheid in het raamvlak

De luchtsnelheid in het raamvlak kan op een aantal verschillende wijzen worden beschouwd. Daarbij valt te denken aan:

- gemiddelde snelheid berekend uit de capaciteitsmetingen;
- gemiddelde snelheid berekend uit een aantal luchtsnelheidsmetingen in het raamvlak;
- geometrische spreiding van de luchtsnelheidsmetingen in het raamvlak;
- minimale snelheid in het raamvlak;
- luchtsnelheidsprofiel bestaande uit separate luchtsnelheidsmetingen in het raamvlak.

(Zie ook de Referenties: 10, 44, 45, 58, 60, 72 en 78).

Luchtsnelheden in het raamvlak zijn meettechnisch doorgaans laag te noemen en daarom moeilijk met een grote betrouwbaarheid te meten. Te verwachten moeilijkheden daarbij zijn:

II.2.1 Verstoringen

Bewegende objecten (o.a. de experimentator) zullen van invloed zijn op het meetresultaat en dienen daarom op tenminste 3 m afstand te worden gehouden. Ook dienen ramen en deuren van de werkruimte gesloten te zijn.

II.2.2. (On)gevoeligheid van de meter

De gebruikte anemometer moet het geschikte meetbereik hebben. Er zijn vele typen bekend:-vleugelradanemometer

-hittedraadanemometer

-Pitot-buis

-een richting-gevoelige anemometer gebaseerd op een draaispoelsysteem (Ref. 97)

In het algemeen is de vleugelradanemometer te ongevoelig voor dit soort luchtsnelheden. Bij zuurkasten zonder by-pass is het mogelijk om een vleugelradanemometer te gebruiken in de spleet van het nagenoeg gesloten zuurkastraam. Dan kan natuurlijk niet de geometrische spreiding in het raamvlak worden vastgesteld.(zie ook Ref. 97).

II.2.3. Richtingsonafhankelijkheid hittedraadanemometer

Het meetelement van de hittedraadanemometer is meestal een metalen bolletje dat afkoelt onder invloed van de langstromende lucht. De richting van de luchtstroom is daarbij niet van invloed. In het ergste geval geeft een uitblazende zuurkast hetzelfde signaal als een aanzuigende.

Met behulp van de Laser-Doppleranemometrie is het mogelijk om alleen de snelheidsvector loodrecht op het raamvlak te meten.

(Ref.97 beschrijft een interessante ontwikkeling voor 3D metingen)

II.2.4. Variatie van de luchtsnelheid in de tijd

Wanneer de anemometer op een recorder wordt aangesloten, dan is alleen in een goed geconditioneerde windtunnel een constant signaal te zien. In bijna alle andere gevallen treedt een (vrij grote) spreiding op. Om die reden dient een luchtsnelheidsmeting het gemiddelde te beschrijven over tenminste 30 s. Bij het uitmiddelen over de tijd moet er rekening mee worden gehouden dat de luchtsnelheid een log-normaal verdeelde grootte is (Ref.101). Dit houdt o.a. in dat het tijdgewogen gemiddelde het rekenkundig gemiddelde (AM) betreft. Deze is per definitie altijd groter dan het geometrische gemiddelde (GM).

Om hieraan tegemoet te komen kan het (veelal) logaritmische signaal van de meter eerst gemiddeld worden om daarna dit gemiddelde signaal terug te rekenen naar de luchtsnelheid.

II.2.5. Ongelijkzijdigheid der luchtsnelheidsmetingen

Bij het berekenen van de gemiddelde luchtsnelheid in het raamvlak uit de verschillende luchtsnelheidsmetingen dient men zich de ongelijkzijdigheid dezer metingen te realiseren.

Het verdient daarom aanbeveling om, zonodig met geautomatiseerde systemen, de luchtsnelheidsmetingen op de diverse meetpunten gelijktijdig uit te voeren.

Mocht de op deze wijze bepaalde gemiddelde luchtsnelheid meer dan 10% verschillen met de gemiddelde luchtsnelheid, berekend uit de capaciteitsmeting, dan verdient nader onderzoek naar dit verschil aanbeveling.

Diezelfde gewenste gelijktijdigheid speelt een rol bij het berekenen van de geometrische spreiding volgens:

$$S = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} (v_i - \bar{v})^2}}{\bar{v}} \times 100\%$$

II.2.6. Plaats van de meetpunten

Het rooster van meetpunten bevindt zich doorgaans in het raamvlak met coördinaten zoals aangegeven in fig. II.1. Deze coördinaten zijn niet experimenteel beproefd als zijnde de beste, maar uit hoofde van eenduidigheid en standaardisatie overgenomen van het British Standards Institution (Ref.36).

Ten aanzien van de diepte in de kast waar dit rooster van meetpunten is geplaatst, is men afhankelijk van de geometrie van de kast (zie fig.II.2 en II.3).

Als vuistregel kan gehanteerd worden de diepte waar het intreevlak voor de lucht minimaal is.

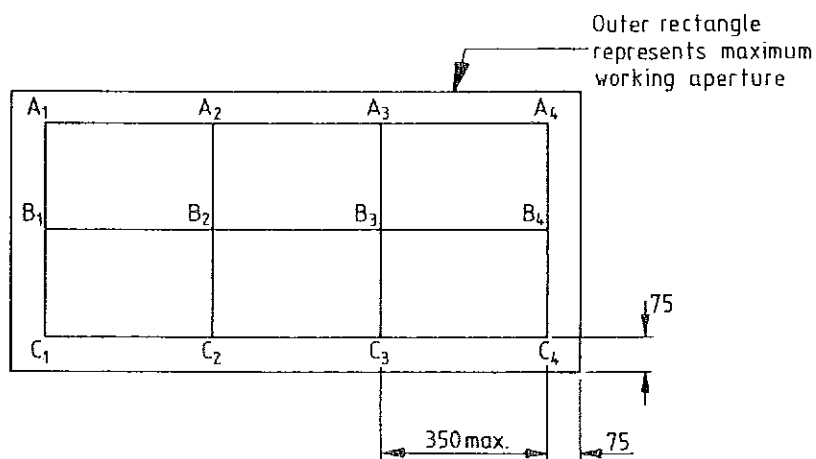


Fig II.1 Verdeling van meetpunten over het raamvlak
(maten in mm; Ref.36)

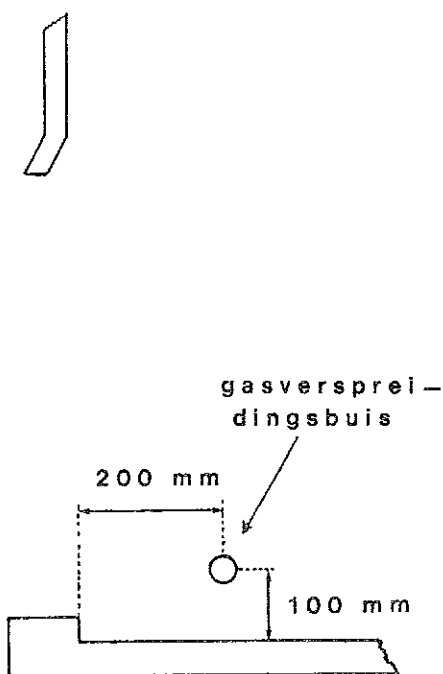


Fig II.2

Plaatsing van gasverspreidingsbuis

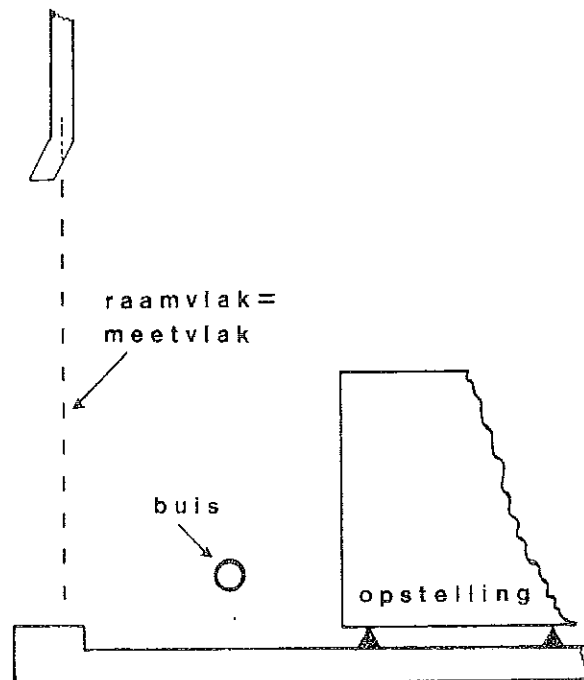


Fig II.3

Dwarsdoorsnede van de opstelling in zuurkast en situering van het meetvlak

II.3 Kwantificering van de afzuigeffectiviteit

Zowel de afzuigcapaciteit (van de zuurkast) als de luchtsnelheid (in de raamopening) zijn slechts indirecte grootheden voor het kwantificeren van een zuurkast in gegeven omstandigheden.

Om het bereiken van dit doel te controleren, is er dan ook vooralsnog maar één methodiek mogelijk nl. concentratiemeting van eventueel uittredende gassen en dampen. Dit principe is in de zeventiger jaren in Amerika uitgewerkt tot een methode (Ref. 13). Circa tien jaar later startte het British Standard Institution met pogingen om tot een gestandaardiseerde methode te komen (Ref.36 zie echter ook: Ref. 109). Mede naar aanleiding van publikaties van Kroes (Ref. 46 en 61), hebben een aantal IAVM leden in 1984 het initiatief genomen om voor Nederland te komen tot een eenduidige methodiek waarmee lek naar buiten kan worden gekwantificeerd.

Met name onderzoeken aan de TU Eindhoven, de Universiteit Twente en de LH Wageningen hebben veel bijgedragen tot de huidige kennis (Ref. 62 t/m 65, 106). Basis van de methodiek is het op gestandaardiseerde wijze laten uitstromen van een testgas in de zuurkast en het vervolgens eveneens gestandaardiseerd meten van de concentratie buiten de kast. De invloed van een aantal variabelen zoals die bij bovengenoemde onderzoeken is bestudeerd, zal hier in korte trekken worden beschreven. Aangezien het aantal variabelen zeer groot is, is het erg belangrijk om deze zeer goed vast te leggen en hun exacte invloed te kennen. (Andere relevante literatuurreferenties zijn 24, 36, 47, 48, 73 , 74 en 77)

II.3.1. Aard van het testgas

De aard van het testgas wordt bepaald door een aantal factoren zoals beschikbaarheid, prijs, schadelijkheid, dichtheid t.o.v. lucht, detecteerbaarheid en eventuele stank.

Twee gassen komen redelijk tegemoet aan de genoemde factoren t.w. zwavelhexafluoride (SF_6) en dichloordifluormethaan (Freon 12). Om de gewenste dichtheid te bereiken worden ze veelal gemengd met lucht of stikstof.

Is specifieke informatie gewenst over de stof waarmee gewerkt gaat worden, dan zal deze als testgas moeten worden gebruikt. Om testresultaten van verschillende zuurkasten te kunnen vergelijken, is het aan te raden steeds hetzelfde testgas te gebruiken.

In de beschreven proeven is steeds een mengsel van 10% v/v SF_6 in lucht gebruikt.

II.3.2. Plaats en snelheid van het uitstromende gas

De lek naar buiten wordt minder naarmate de emissiebron verder in de kast is gesitueerd. Echter: de laboratoriummedewerker heeft een natuurlijke neiging zijn spullen voor in de kast te plaatsen. Ook, moet een keus worden gemaakt tussen een puntemissie, een diffuse puntemissie of een gelijkmatige, over de breedte van de zuurkast verdeelde uitstroming. Hoewel puntemissie in de praktijk reëel lijkt, zullen randeffecten van de zuurkast minder snel worden opgemerkt. Daarom is gekozen voor een gasverspreidingsbuis van variabele lengte (over de breedte van de zuurkast tot op 10 cm van de zijkant) met hierin kleine gaatjes. Deze gaatjes zijn zo klein (1 mm) t.o.v. de diameter van de buis, dat gelijkmatige uitstroming over de gehele breedte van de zuurkast gewaarborgd is.

De gasverspreidingsbuis wordt op 10 cm boven het werkblad geplaatst, 20 cm achter de binnenzijde van de dorpel. (zie fig. II.2)

De geometrie van de gasverspreidingsbuis is zodanig dat het uitstromende gas het in de kast heersende luchtstromingspatroon zo weinig mogelijk beïnvloedt. Daartoe bedraagt de uitstroomsnelheid 50 ml/s per 1000 m³/h afzuigcapaciteit.

De gemeten concentraties blijken enigszins afhankelijk te zijn van deze uitstroomsnelheid.

II.3.3. Stand van het raam

Als aan de zuurkast een z.g. werkstand is toegekend dan zal de test uiteraard in deze werkstand worden uitgevoerd. In de overige gevallen is het aan te raden om aan de conservatieve kant te gaan zitten en bij geheel geopend raam te testen.

Mochten gemeten concentraties ontoelaatbaar hoog worden bevonden, dan kunnen aanvullende metingen worden gedaan bij gedeeltelijk gesloten raam.

II.3.4 Verstoringen in of vóór de kast

Het is bekend dat (bewegende) grote voorwerpen in of vóór de kast de afzuiging verstoren. Aangezien deze situatie ook in de praktijk voorkomt, lijkt het redelijk om een standaardverstoring in de test op te nemen. Deze is echter heel moeilijk vast te stellen. Bovendien hebben proeven laten zien dat concentratiemetingen aan een verstoorde kast vooral de verstoring beschrijven en veel minder de kast zelf.

Daarenboven blijkt dat de meest intrinsieke verstoring van de kast, de plaatsing in de werkruimte, een grote invloed heeft op het meetresultaat. Voorgesteld wordt om de lekmetingen (uitgevoerd als concentratiemetingen) uit te voeren aan een lege kast, d.w.z. zonder verstoring, immers dit is de best gedefinieerde toestand en leidt dus tot de meest zuivere meting. Mocht in deze situatie geen meetbare lek naar buiten optreden, dan blijkt uit andere proeven dat een verstoring voor de kast tot inzichtelijke resultaten leidt. Daarbij kan gedacht worden aan de simulatie van een langslowend persoon. Dit kan worden gerealiseerd door op werkbladhoogte, op 0,5 m voor de kast een ventilator op te stellen welke loodrecht op de aanzuigrichting blaast. De capaciteit van de ventilator moet bekend zijn en zal liggen tussen 100 en 300 m³/h, zijnde de luchtverplaatsing van een langslowend persoon.

II.3.5. Plaats van de concentratiemetingen

Om redenen van eenduidigheid worden de concentratiemetingen uitgevoerd op dezelfde plaats als de luchtsnelheidsmetingen. Een goede relatie tussen gemeten concentratie en luchtsnelheid is nimmer vastgelegd als het om een meetserie van meerdere kasten ging (fig. II.5 t/m II.8). Werden metingen uitgevoerd aan éénzelfde kast maar met verschillende luchtsnelheden, dan bleek de bescherming bij een gemiddelde luchtsnelheid van $v < 0,3$ m/s afhankelijk te zijn van die luchtsnelheid.

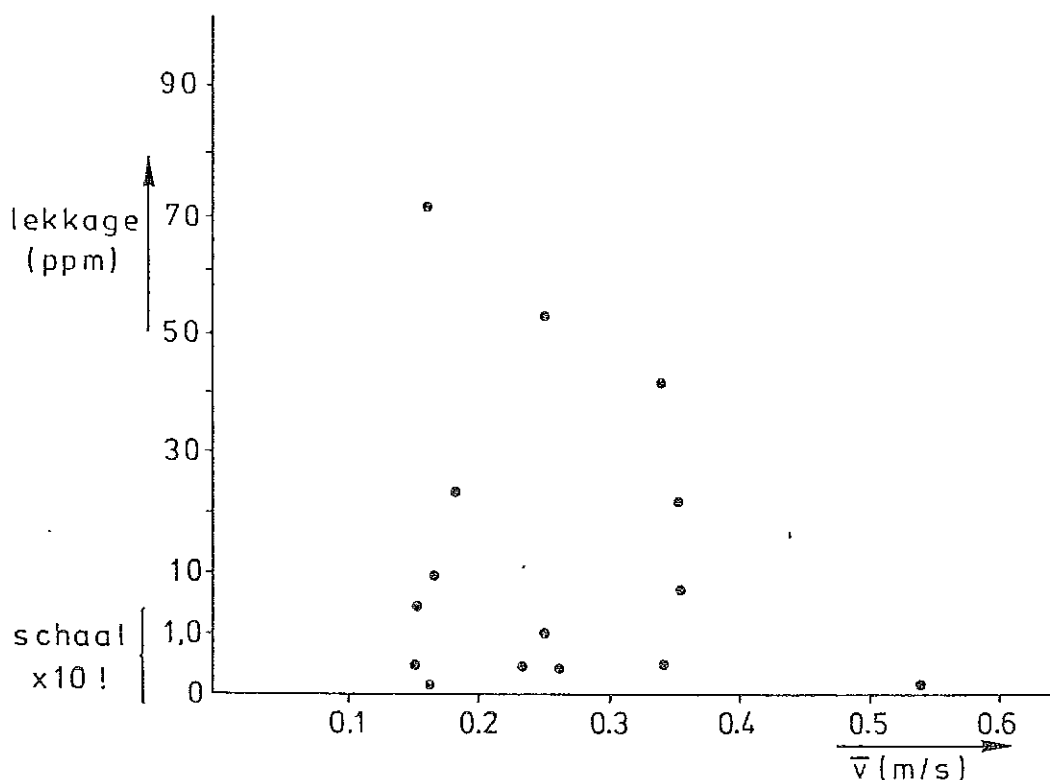


Fig. II.5 Lek naar buiten bij verschillende zuurkasten afhankelijk van de luchtsnelheid in de raamopening (Ref.47).

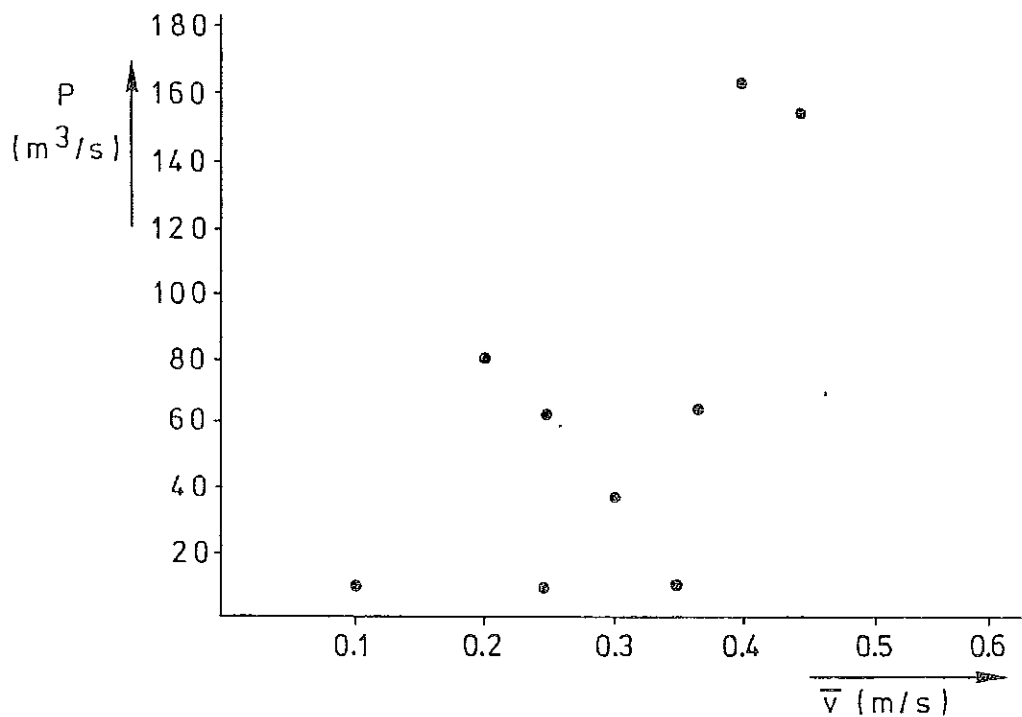


Fig. II.6 Beschermingsfactor (zie II.3.8.) van verschillende zuurkasten als functie van de luchtsnelheid in de raamopening (Ref.61).

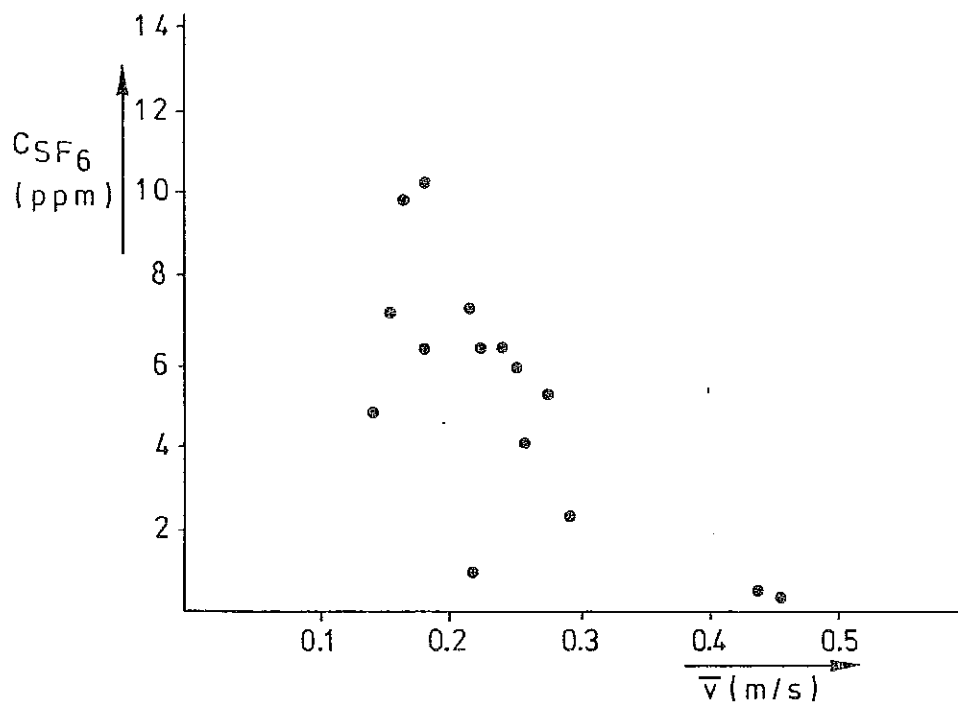


Fig. II.7 Lek naar buiten bij verschillende zuurkasten als functie van de luchtsnelheid in de raamopening (Ref.63).

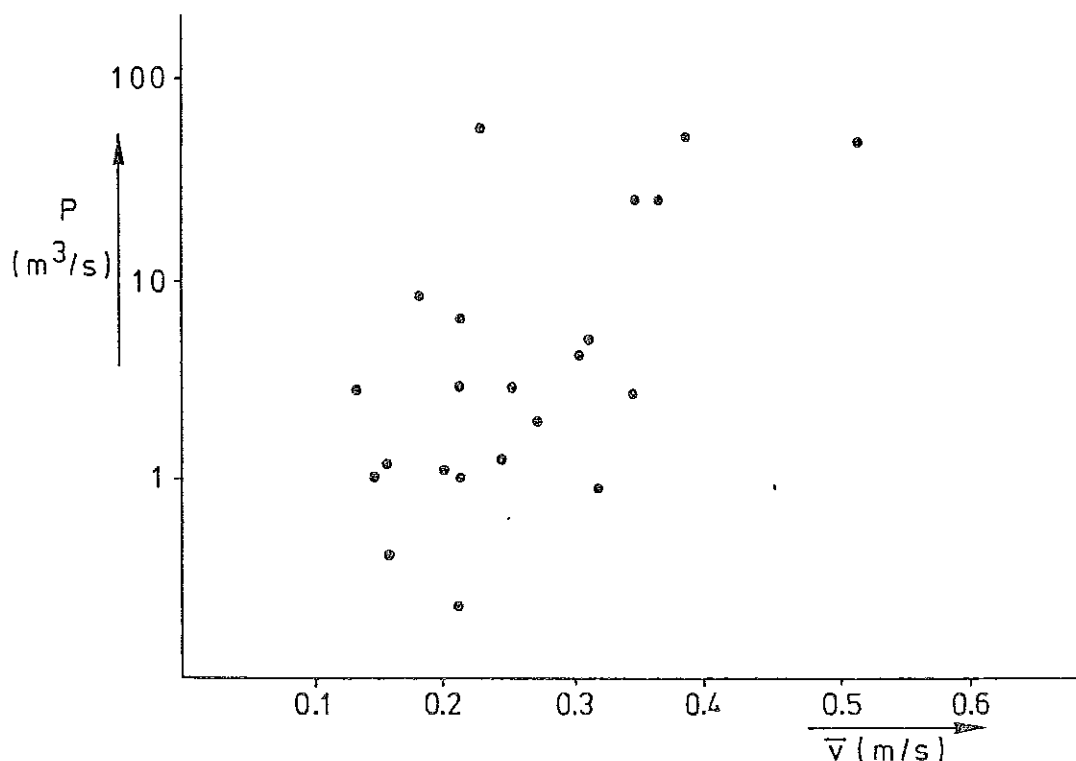


Fig II.8 Beschermingfactor van verschillende zuurkasten als functie van de luchtsnelheid in de raamopening (Ref.65).

Concentratiemetingen vinden plaats op meerdere punten in het raamvlak. Een discussie of concentraties per meetpunt dan wel als integraal gemiddelde moet plaatsvinden is er uiteraard geweest. Uiteindelijk bleek de extra informatie uit separate metingen niet op te wegen tegen het extra werk dat dit vereist. Wel is het meten per punt informatief voor het beschrijven van de verstoringen in en vóór de kast. Daarom wordt aanbevolen om de concentratie van het uittredende gas te rapporteren als het gemiddelde over de meetpunten.

II.3.6. Lokatie van de test

Het is bekend dat de situering van de zuurkast in de werkruimte en ten opzichte van de luchttoevoer zijn werking in grote mate beïnvloedt. Daarom is het van belang om aan te geven of de test wordt uitgevoerd in een speciale testruimte, dan wel te bestemder plekke.

Het is duidelijk dat de laatste veruit de voorkeur verdient. In verschillende publikaties wordt dat onderscheid zeer scherp gemaakt. In het ene geval betreft het een beoordeling van de zuurkast op zich als een stuk afzuigtechniek, in het andere geval betreft het een beoordeling van de werksituatie ("as manufactured", resp. "as used").

II.3.7. Detectietechniek en -apparatuur

De te kiezen detectietechniek dient uiteraard direct gerelateerd te zijn aan het gebruikte testgas en mag zo weinig mogelijk verstoord worden. De eerder genoemde testgassen Freon 12 en SF_6 kunnen goed gemeten worden met infrarood absorbtie of met een electron capture detector.

Omdat gemeten concentraties in het algemeen laag zijn, moet zeer gevoelig gemeten kunnen worden.

Uit praktische overwegingen heeft draagbare, direkt afleesbare (eventueel gekoppeld aan een recorder) apparatuur sterk de voorkeur. Deze eisen tezamen laten nog maar weinig ruimte voor eenvoudige, gemakkelijk te bedienen en goedkope apparatuur. Hierbij komt dan ook een van de voornaamste bezwaren naar boven tegen de containment-test van zuurkasten. Een algemene invoering wordt hiermee helaas bemoeilijkt.

Wellicht kan in de toekomst met de in Ref. 97 en 106 beschreven snelle fysische meetmethode, die bovendien richtingsgevoelig is, een bruikbare correlatie worden gevonden met de (chemische) concentratiemetingen.

II.3.8. Te hanteren kwaliteitsparameter

Een discussie over de diverse mogelijke kwaliteitsparameters, ook wel "beschermingsfactoren" genoemd, is reeds gevoerd in Ref. 61.

Additioneel hieraan is door Bolkesteijn een B-factor ontwikkeld welke loopt van 0 - 100%. (Ref. 63).

Zonder in te gaan op de details, kan gesteld worden dat deze gerelateerd aan de luchtsnelheid een onvermijdelijke sigmoïde karakter heeft conform Fig. II.9.

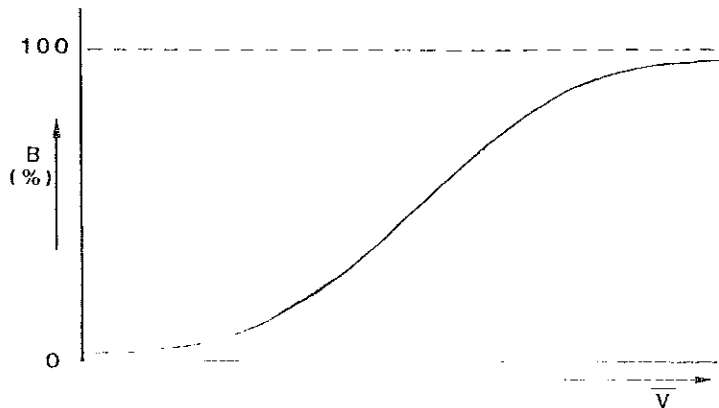


Fig. II.9 Verband tussen gemeten luchtsnelheid en B-factor.

Dit heeft een aantal nadelen:

- B-factoren van 94 resp. 95% lijken zeer dicht bijeen te liggen. Gemeten concentraties verschillen echter aanzienlijk.
- Ten onrechte kan de conclusie worden getrokken dat een kast met b.v. $B = 60\%$ tweemaal zo goed is als een kast met $B = 30\%$.
- Een 100% bescherming zal nimmer worden gerealiseerd.

Besloten is daarom de beschermingsfactor P te hanteren. Deze is als volgt gedefinieerd:

$$P = \frac{\text{uitstroomsnelheid, ml/s}}{\text{gemeten concentratie, ml/m}^3} \quad \text{in m}^3/\text{s}$$

(de uitstroomsnelheid en de concentratie zijn beide betrokken op het testgas).

Deze kan gelezen worden als de uitstroomsnelheid in ml/s in de kast die leidt tot een concentratie van 1 ml/m³ (= ppm) vóór de kast, waarbij een grotere waarde van P een betere bescherming betekent.

We menen dan dat de gebruiker, indien bekend met de lekkage c.q. verdamping van zijn experiment, een goede schatting kan maken van zijn restrisico. Dit mede te beoordelen aan de hand van de MAC-waarde van de stof waarmee gewerkt wordt.

Ondanks het vele voorbereidende werk blijft het nog moeilijk om de beschermingsfactor P te normeren. Het lijkt echter niet voorbarig om een zuurkast met $P = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ als goed te kwalificeren.

II.4. Rookproeven

De lekkage naar buiten is bepalend voor de kwaliteit van een zuurkast. Er bestaat een aantal mogelijkheden om deze kwalitatief zichtbaar te maken. De eenvoudigste en snelste mogelijkheid is met behulp van rookbuisjes. Hiermee kan een indruk worden verkregen van het luchtstromingspatroon voor en in de zuurkast. De lek naar buiten bij de dorpel of zijanten van de zuurkast kan hiermee gemakkelijk zichtbaar worden gemaakt. Het effect is uiteraard wel afhankelijk van de plaats waar de rook wordt gegenereerd. Eveneens duidelijk zichtbaar is de rook van het witte rookpoeder. Over de gehele breedte van de zuurkast wordt een gootje gevuld met het poeder. Na ontsteking ontstaat zichtbare rook.

Hetzelfde geldt voor tintetrachloride waarbij door hydrolyse zoutzure dampen ontstaan. De rook bestaat uit kleine zoutzuur-druppeltjes, die corrosief zijn. (De rookbuisjes produceren een nevel van zwaveltrioxide/zwavelzuur, die natuurlijk eveneens corrosief is!)

Een nevel van CO₂ wordt verkregen door vast CO₂ aan verwarmd water toe te voegen.

Ook met sigaretterook kan een stromingspatroon zichtbaar worden gemaakt.

Bepalend voor de kwaliteit van de rookproeven zijn:

- de dichtheid van de vaste rookdeeltjes/vloeistofdruppeltjes ten opzichte van lucht. In veel gevallen zal de dichtheid enige malen groter zijn dan die van lucht. Rookproeven met behulp van vast CO₂ in een warm waterbad hebben dit nadeel ook;
- de door temperatuurverschillen opgewekte opwaartse luchtstroming. (Deze zouden géén invloed mogen hebben op de werking van de zuurkast; denk aan het gebruik van bunsenbranders in zuurkasten gebruikt worden);
- de plaats waar de rook gegenereerd wordt.

Ook geven rookproeven vaak op snelle wijze informatie over de invloed van het verplaatsen van stromingsschotten, grote objecten in of vóór de zuurkast, het openen van deuren en ramen of heftige bewegingen in of voor de zuurkast. Een nadeel is echter, dat rookproeven alleen kwalitatief te beoordelen zijn en dat ze veelal slecht gedefinieerd en moeilijk te rapporteren zijn. Het vastleggen van die rookpatronen op b.v. video is een belangrijk hulpmiddel bij deze rapportage. Dit neemt niet weg, dat rookproeven een niet te onderschatten hulpmiddel zijn om informatie te geven over de luchttechnische werking van een zuurkast. Ze zullen veelal de aanloop zijn tot het kwantificeren van de lek naar buiten.

II.5 Meetvoorschrift

De afzuigeffectiviteit van een zuurkast kan worden bepaald door op voorgeschreven wijze een testgas in de zuurkast uit te laten stromen en vervolgens concentratiemetingen te doen in het verticale vlak aan het uiteinde van de dorpel (fig. II.2).

Dezelfde voorbereidingen t.a.v. verstorende invloeden als bij luchtsnelheidsmetingen dienen te worden gedaan.

II.5.1 Benodigde apparatuur

- Cilinder met het testgas t.w. 10% SF₆ in stikstof.
- Stromingsmeter voor gaspen met een geschikt meetbereik(tot 100 ml/s.).
- Gasverspreidingsbuis, variabele lengte tot 150 cm, inwendige diameter 12 mm met twee diametrale rijen gaatjes van elk 1 mm op een afstand van 2 cm.
- Polytheenslang met een inwendige diameter van ca. 5 mm.
- Statieven en statiefklemmen.
- Analyzer geschikt voor het gebruikte testgas, b.v. Analytical Instrument Leakmeter II model 61000 of Miran IR analyzer.
- Recorder die is aan te sluiten op de analyzer.
- Gaspijpet(ten) met luchtpomp(en) b.v. PAS pomp(en) van Sipin, Dupont, MDA of Casella waarbij de capaciteit afhankelijk is van de inhoud van de gaspijpet.
- Manifold met aansluitingen voor de slangen van de meetpunten naar de gaspijpet of analyzer.

II.5.2. Direct meten dan wel bemonsteren

De concentratiemetingen worden uitgevoerd aan de meetpunten zoals aangegeven in fig. II.1, in het vertikale vlak zoals aangegeven in fig. II.2. De metingen moeten per meetpunt de gemiddelde concentratie beschrijven over tenminste 3 minuten. Daartoe kan het een voordeel zijn om eerst te bemonsteren over tenminste 3 minuten en dit luchtmonster vervolgens te analyseren.

De grootte van het luchtmonster en dus van de gaspijpet hangt af van de te gebruiken analysetechnieken b.v. ECD, IR of GC. In het geval van de SF₆ detector die 2 ml/s gebruikt, is een monstervolume van 500 ml ruimschoots voldoende. Het monstervolume V bepaalt eveneens de capaciteit van de benodigde luchtpomp. Immers, deze moet ca. 1/3 V/min bedragen. Is de gaspijpet met schone lucht gevuld dan moet deze eerst volledig doorgespoeld zijn alvorens de monsternamen begint. Dit vergt in het algemeen ca. 5 maal de inhoud van de gaspijpet.

Het gebruik van een plastic (b.v. Tedlar) monsterzak is af te raden. Deze moet nl. vol worden geblazen. De te bemonsteren lucht moet dan door de pomp waardoor contaminatie kan optreden. Om bij het monsterpunt een "stofzuigeffect" te voorkomen mag de lineaire aanzuigsnelheid niet meer dan 2 maal de luchtsnelheid in de raamopening bedragen. Dit betekent dat bij gebruik van b.v. de Miran de diameter van de aanzuigbuisjes aangepast moet worden aan de pompcapaciteit.

II.5.3. Procedure

Plaats de gasverspreidingsbuis op het werkblad van de zuurkast op een hoogte van 10 cm boven het werkblad en 20 cm achter de binnenkant van de dorpel (zie fig. II.2). De gasverspreidingsbuis heeft een zodanige lengte dat deze eindigt op 10 cm van de zijkant.

Sluit deze via een rotameter en een reduceerventiel aan op de cylinder met het testgas.

Bevestig de teflon aanzuigslangen van het bemonstersysteem op de meetpunten (fig. II.1). Hierbij te gebruiken statiefstangen zijn niet dikker dan 12 mm.

Verbind de aanzuigslangen via een manifold met de gaspipet en de luchtzuigpomp. De aanzuigslangen zijn allen even lang. De inhoud van de gaspipet zij V liter, afhankelijk van de te volgen analysetechniek.

Spoel het gasverspreidingssysteem gedurende 3 min waarbij de uitstroomsnelheid van het testgas wordt ingesteld op 50 ml/s per afzuigcapaciteit van 1000 m³/h. Vervolgens wordt de bemonstering c.q. analyse gestart en gedurende 10 min volgehouden. De aanzuigsnelheid is tenminste 1/3 V l/min, waarbij de voorgeschreven lineaire luchtsnelheid in de aanzuigopening niet mag worden overschreden. Pas op voor het verontreinigen van de werkruimte door het testgas, dat b.v. uit de analyseapparatuur komt.

Stop nu de luchtpomp en de toevoer van het test gas en analyseer de inhoud van de gaspipet c.q. bereken de gemiddelde concentratie van de laatste 3 min.

Bereken vervolgens de beschermingsfactor P als volgt:

$$P = \frac{\text{uitstroomsnelheid SF}_6 \text{ (ml/s)}}{\text{concentratie SF}_6 \text{ (ppm)}} \quad \text{in m}^3/\text{s}$$

N.B. Bedenk dat de uitstroomsnelheid van SF₆ 10% bedraagt van de uitstroomsnelheid van het testgas.

Indien de concentratie van SF₆ lager is dan de onderste detectiegrens van de analyzer, kan de proef worden herhaald met een hogere uitstroomsnelheid of met een hogere concentratie SF₆ in het testgas.

Ook kan het aanbrengen van een extra verstoring (fig. II.3) worden overwogen.

Over de "vertaling" van de waarde van P voor een gegeven kast/plaats-combinatie naar b.v. drie kwaliteitsklassen (één, twee of drie sterren) wordt nog gediscussieerd.

BIJLAGE III

BEREKENING DOORSPOELING I.V.M. LEKKAGE

III.1. Inleiding.

Om een indruk te krijgen van de benodigde luchtdoorzet in een zuurkast om een explosief mengsel te voorkómen wordt een algemene afleiding gegeven van de concentratie als functie van de tijd. Tevens wordt een berekening gemaakt aan de hand van een concreet voorbeeld, dat uit gaat van het morsen van een brandbare vloeistof (diethyl-)ether mèt en zónder lekbak. Daarbij wordt aangenomen dat de verdamping per oppervlakte-eenheid konstant is èn dat de ontstane (brandbare) damp zich homogeen mengt met de doorgezogen lucht.

III.2. Algemene afleiding van de concentratie van etherdamp in een zuurkast.

In het volgende gaan we er van uit dat:

- er $Q \text{ m}^3/\text{s}$ lucht door de kast gaat
- het volume van de kast $V \text{ m}^3$ is
- er door verdamping $A \text{ ml/s}$ etherdamp in de kast komt (konstante verdamping)
- er ten tijde t $N \text{ ml}$ etherdamp in de kast aanwezig is.

Afname van deze hoeveelheid:

Door de luchtverplaatsing van $Q \text{ m}^3/\text{s}$ verdwijnt er

$$\frac{Q \cdot N}{V} \text{ ml/s etherdamp uit de kast } \left(-\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{\text{ml}}{\text{m}^3} = -\frac{\text{ml}}{\text{s}} \right)$$

Toename van deze hoeveelheid:

Door verdamping komt er

$A \text{ ml/s}$ etherdamp in de kast.

Voor de verandering van de hoeveelheid etherdamp $\frac{dN}{dt}$

$$\text{geldt: } \frac{dN}{dt} = A - \frac{Q \cdot N}{V} \quad \text{of:}$$

$$V \frac{dN}{dt} = A \cdot V - \frac{Q \cdot N}{V}$$

Invoeren van de concentratie $C = \frac{N}{V}$ ml/M³ levert:

$$V \frac{dC}{dt} = A - Q \cdot C \quad , \text{ of:}$$

$$\frac{dC}{A - Q \cdot C} = \frac{dt}{V}$$

$$\int \frac{dC}{A - Q \cdot C} = \int \frac{dt}{V} \quad \text{Na integreren:}$$

$$-\frac{1}{Q} (\ln (A - Q \cdot C)) = \frac{t}{V} + \text{konstante} \quad , \text{ of:}$$

$$\ln (A - Q \cdot C) = -\frac{Q}{V} t + \ln K \quad , \text{ waaruit}$$

$$A - Q \cdot C = K e^{-\frac{Q \cdot t}{V}} \quad , \text{ oftewel:}$$

$$C = \frac{A}{Q} - \frac{K}{Q} e^{-\frac{Q \cdot t}{V}}$$

Uit de randvoorwaarde $C = 0$ voor $t = 0$ volgt:

$$0 = \frac{A}{Q} - \frac{K}{Q} \quad \text{of:} \quad K = A.$$

Hieruit volgt uiteindelijk:

$$C = \frac{A}{Q} - \frac{K}{Q} e^{-\frac{Q \cdot t}{V}} \quad \text{of:} \quad C_t = \frac{A}{Q} (1 - e^{-\frac{Q \cdot t}{V}})$$

Als het aantal verversingen per uur in de zuurkast $v = \frac{Q}{V}$ (h⁻¹)

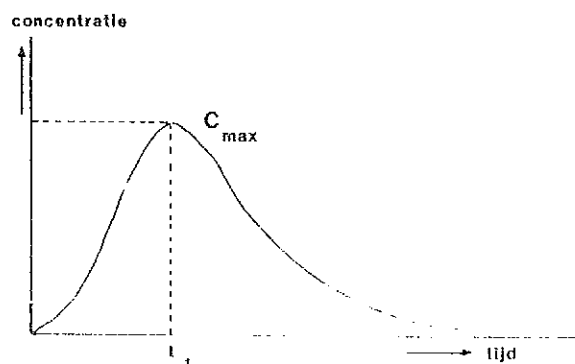
("ventilatievoud") is, dan ziet de concentratie er als volgt uit:

$$C_t = \frac{A}{Q} (1 - e^{-v \cdot t})$$

Nadat alle vloeistof is verdampt, daalt de concentratie alleen nog maar. Voor de concentratie op tijdstip t geldt:

$$C_t = C_{\max} (e^{-v \cdot t}) \quad \dots\dots\dots A$$

waarbij $C_{\max}$ de concentratie in de kast is op het moment dat de laatste druppel ether verdampt.



III.3 Rekenvoorbeeld voor de verdamping van ether.

Het voorbeeld gaat uit van een zuurkast met de volgende inwendige maten: 1,4 m breed, 1,5 m hoog en 0,6 m diep; onder het schuifraam is in de hoogste stand een opening van, 0,75 m x 1,4 m.

Derhalve is:

- de inhoud van de kast $1,4 \times 1,5 \times 0,6 = 1,26 \text{ m}^3$ (a.)
- het (open) oppervlak onder het geopende schuifraam
 $1,4 \times 0,75 = 1,05 \text{ m}^2$ (b.)
- het oppervlak van het werkvlak is $1,4 \times 0,6 = 0,84 \text{ m}^2$
.....(c.)

Bij een snelheid van 0,25 m/s gaat er per uur

$0,25 \times 1,05$ (zie b.) $\times 3600 = 945 \text{ m}^3$ lucht door de kast.

De inhoud wordt derhalve $945 : 1,26$ (zie a.) = 750 keer per uur verversst.

Uitgaande van de gegevens van bovenstaande (denkbeeldige) zuurkast gaan we (gemiddelde) concentraties in die kast uitrekenen onder verschillende omstandigheden.

Geval A (mèt lekbak):

In een (voldoend hoge) lekbak met een oppervlak van $0,2 \text{ m}^2$ morst iemand 1 liter ether (= 700 gram).

Als de verdampingssnelheid 20 gram per minuut is (hetgeen overeenkomt met 1200 g per uur), verdampt de 700 gram geheel in $700 : 20 = 35$ minuten (= 0,58 h).

Stel de zuurkast heeft een verversingsvoud van $v = 10 \text{ h}^{-1}$.

De luchtdoorstroming Q is dan : $Q = 10 \times 1,26$ (zie a.) = $12 \text{ m}^3/\text{h}$.

Toepassing van formule A. levert de maximale concentratie op:

$$C_{35} = \frac{1200}{12} (1 - e^{-10 \times 0,58}) = 99,7 \text{ g/m}^3$$

Analoog is af te leiden, dat bij een verversingsvoud $v = 20 \text{ h}^{-1}$ een Q hoort van $24 \text{ m}^3/\text{h}$ en een maximale concentratie van:

$$C_{35} = \frac{1200}{24} (1 - e^{-20 \times 0,58}) = 50 \text{ g/m}^3$$

Bij $v = 100 \text{ h}^{-1}$ hoort een concentratie van:

$$C_{35} = \frac{1200}{126} (1 - e^{-100 \times 0,58}) = 10 \text{ g/m}^3$$

Explosiegrenzen worden echter altijd opgegeven in volumeprocenten; de concentraties in g/m^3 moeten nog worden omgerekend.

Hiertoe dient men te bedenken, dat de brutoformule van ether

$\text{C}_4 \text{H}_{10}\text{O}$ is, met een molmassa van 74 g/mol. Deze 74 gram neemt bij verdampen bij kamertemperatuur een volume in van ca. 25 liter.

De bij $v = 10 \text{ h}^{-1}$ gevonden concentratie van $99,7 \text{ g/m}^3$ komt overeen met $(99,7:74) \times 25$ (1 etherdamp) per m^3 (lucht), oftewel 33 liter per kubieke meter; dit is 3,3 volumeprocent.

Op dezelfde wijze volgt voor $v = 20$ een concentratie van 1,7 volprocent en voor $v = 100$: 0,3 volumeprocent.

Geval B (zónder lekbak):

Men heeft geen lekbak gebruikt; nagenoeg het gehele werkvlak van de zuurkast ($0,8 \text{ m}^2$) staat blank (met ethervloeistof). Het verdampend oppervlak is nu viermaal zo groot als bij geval A., dus er verdampt nu 4800 gram per uur, waardoor de $700 \text{ gram} : 4800 = 0,15 \text{ uur}$ zijn verdampt.

De resultaten zijn samengevat in onderstaande tabel.

MAXIMALE ETHERDAMPCONCENTRATIE IN EEN ZUURKAST.
in volumeprocenten na 35 (m  t lekbak), resp. 9 minuten
(zónder lekbak)

verversings- voud h^{-1}	maximale concentraties:	
	met lekbak $0 = 0,2 \text{ m}^2$	zonder lekbak $0 = 0,8 \text{ m}^2$
10	3,3	10,5
20	1,7	6,4
50	0,7	2,7
100	0,3	1,4
750	0,05	0,17

De onderste explosiegrens (dit is de laagste concentratie van een brandbare stof in lucht, waarbij nog juist een explosie kan plaatsvinden: "arm mengsel") van ether is 1,7 volumeprocent in lucht.

Conclusies:

- bij een lekkage m  t lekbak is een explosie minder waarschijnlijk dan zónder lekbak
- hoe beter de doorspoeling van de kast des te kleiner is de kans op een explosie

Nota bene:

De in III.1 geponeerde aanname van een homogene menging (van lucht en etherdamp) gaat slechts ten dele op: vlak boven de verdampende vloeistof is de concentratie beslist hoger, waardoor op dat punt het explosierisico in een afgezogen zuurkast het grootst is.

BIJLAGE IV

ZUURKAST EN ENERGIE

IV.1 Uitgangspunten.

Eerder in dit rapport kreeg het minimaal noodzakelijke lucht-debiet door de zuurkasten alle aandacht; daarbij kwam tevens naar voren dat voor elke kubieke meter lucht, die het werklokaal via de zuurkast verlaat tegelijkertijd een kubieke meter suppletie-lucht in het lokaal moet worden toegevoerd.

Deze lucht komt (uiteindelijk) van buiten en moet (gedurende het stookseizoen) worden verwarmd tot de gewenste temperatuur in het werklokaal.

Indien de genoemde lucht niet tevens wordt gekoeld en/of ontvocht en/of bevochtigd, hoeft alleen de temperatuur worden verhoogd; de hiervoor benodigde hoeveelheid energie kan worden berekend met de volgende formule:

$$Q = \rho \times c_p \times V \times G_u \quad \text{.....formule A}$$

waarin:

Q = aan de lucht toe te voeren hoeveelheid energie t.b.v. verwarming gedurende de betreffende stookperiode
eenheid: Joule

ρ = soortelijke massa van lucht
eenheid: kg/m^3 ; praktijkwaarde: $1,2 \text{ kg/m}^3$

c_p = soortelijke warmte van lucht
eenheid: J/kg.K ; praktijkwaarde: 1 kJ/kg.K

V = verplaatst volume lucht
eenheid: m^3/h

G_u = het aantal graaduren warmtelevering in het betreffende stookseizoen
eenheid: K.h

Onder G_u wordt verstaan de sommatie van het gedurig product van:
het aantal uren (N_i) gedurende de bedrijfstijd van het betreffende stookseizoen en het bij ieder uur behorende temperatuurverschil (ΔT_i) tussen binnen- en buitentemperatuur.

Of, in formulevorm:

$$G_u = \sum_i N_i \times \Delta T_i \quad \text{.....formule (B)}$$

Het aantal graaduren kan het eenvoudigst aan tabellen worden ontleend (zie Tabel IV.1, afkomstig uit Ref. 107).

Indien gedurende de bedrijfstijd debiet en/of temperatuurs-instelling niet konstant zijn, moet men die berekening uitvoeren per periode dat de instellingen wel constant zijn. (zie rekenvoorbeeld in IV.2)

De aldus berekende hoeveelheid toe te voeren energie komt, meestal met transportverliezen, uit een stookinstallatie, die op zijn beurt ook weer niet alle toegevoerde energie geheel in nuttige warmte omzet.

Het rendement η van de totale installatie definiëren we als het quotiënt van de nuttig gebruikte energie en de aangevoerde energie. Uitgaande van aardgas als energiebron, volgt de benodigde hoeveelheid aardgas uit:

$$Q_a = Q : \eta \times H_d \quad \text{.....formule C}$$

waarin:

Q_a = aardgasverbruik in normaal-kubieke meter gedurende de betreffende stookperiode;
eenheid: m^3

Q = aan de lucht toe te voeren hoeveelheid energie gedurende de betreffende stookperiode (zie A);
eenheid: J

η = gemiddeld rendement stookinstallatie plus transportleidingen, gerelateerd aan de bovenwaarde van aardgas;
eenheid: dimensieloos;
praktijkwaarde 0,6-0,9

H_d = verbrandingswarmte (bovenwaarde) van aardgas;
eenheid: J/m^3 ;
praktijkwaarde: 30 MJ/ m^3

IV.2 Rekenvoorbeeld.

We gaan uit van een zuurkast, die:

- tijdens werktijd, dit is hier op 5 werkdagen van 8.00 - 18.00 (d.w.z.: $5 \times 10 = 50$ uren per week), op volle kracht zuigt ($1000 m^3/h$) en de overige tijd van de week (d.w.z. $7 \times 24 - 50 = 118$ uren) op halve kracht zuigt ($500 m^3/h$);
- tijdens werktijd (zie boven) suppletie-lucht krijgt toegevoerd van $20^\circ C$, en buiten werktijd lucht van $16^\circ C$.
- voor het verplaatsen van die lucht (aanvoer en afvoer) in werktijd 200 W verbruikt, en buiten werktijd 60 W
- voor de warmtelevering een stookinstallatie heeft met een totaal-rendement van 0.75.

TABEL IV.1

POSITIEVE GRAADUREN PER STOOKSEIZOEN,
gebaseerd op het decennium 1961/1970.
(Ref. 107)

tijden:	gewenste luchttemperaturen (graden Celcius)				
	16	17	18	19	20
0.00- 8.00	22699	246324	26576	28521	30466
8.00-18.00	21763	24024	26330	28673	31042
18.00-24.00	15083	16506	17943	19389	20841
totaal (24 h)	59544	65164	70049	76583	82350

De gehele berekening is samengevat in onderstaande Tabel IV.2:

TABEL IV.2

onderdeel:	werkdagen			weekeinden
	0.00- 8.00	8.00- 18.00	18.00- 24.00	zat. 0.00- zon. 24.00
"fase"	1	2	3	4
debiet m ³ /h	500	1000	500	500
supp.temp.C	16	20	16	16
-----	-----	-----	-----	-----
graaduren (Tab.IV.1)	22699	31042	15083	59544
benodigde warmte (MJ)	9670	26450	6425	10360
benodigd aardgas Nm ³	430	1175	285	460
benodigde electriciteit (kWh)	125	520	95	150

Toelichting:

Onderstaand volgt als voorbeeld de berekening voor de fase 1 uit Tabel IV.2:

- aantal uren per week: $5 \times 8 = 40$ (zie boven);
- electriciteitsverbruik: $40 \times 60 = 2,4$ kWh per week, of:
 $52 \times 2,4 = \text{ca } 125$ kWh per jaar;
- aardgasverbruik: fase 1 geldt voor $5/7 = 71\%$ van de week (en dus ook 71% van het jaar). Toepassen van Formule A, met correctie (71%) levert: $1,2 \times 1 \times 500 \times 22699 \times 0,71 = 9670$ MJ; omgerekend in m^3 aardgas met Formule C :
 $Q_a = 9670 / 0,75 \times 30 = \text{ca } 430 \text{ m}^3$ aardgas.

Analoog zijn de verbruiken berekend voor de overige fasen. Hierbij geldt dat:

- fase 2: correctiefactor = $5/7 = 0,71$;
- fase 3: correctiefactor = $5/7 = 0,71$;
- fase 4: correctiefactor = $2/7 = 0,29$.

Per stookseizoen is dus nodig per zuurkast :
 $430 + 1175 + 285 + 460 = 2350 \text{ m}^3$ aardgas.

Deze hoeveelheid aardgas komt in de grootte-orde van het aardgasverbruik van een gemiddeld huishouden in Nederland. Een andere conclusie kan zijn dat ca 50% van het aardgas voor de "volle" afzuiging van die ene zuurkast gedurende de werktijd wordt gebruikt.

Per kalenderjaar is dus nodig per zuurkast voor de luchtverplaatsing:
 $125 + 520 + 95 + 150 = 890$ kWh electriciteit.

De energiekosten per zuurkast per kalenderjaar zijn, uitgaande van 25 cent per m^3 aardgas en van 14,5 cent per kWh electriciteit circa
 $2350 \times 0,25 = \text{fl } 588$ plus $890 \times 0,145 = \text{fl } 129$; totaal derhalve:
 $585 + 129 = \text{fl } 717$, afgerond dus ca. fl 720.

Voor de andere lasten, zoals afschrijving en onderhoud, kan ieder voor zich een schatting maken (ongeveer dezelfde grootte-orde als het energieverbruik).

De British Standards Institution (Ref. 36, Part 3, pag.5) noemt een energieverbruik van ca $6,5$ kW voor een zuurkast van 1 meter breed met een raamsnelheid van $1,0$ m/s met een raamhoogte van $0,5$ m en een temperatuurverschil voor de op te warmen lucht van 10 K. Helaas wordt deze berekening niet toegelicht.
(zie ook Ref. 108).

Conclusie: een gebruiksgereede zuurkast kost genoeg om hem GOED te gebruiken.

BIJLAGE **V**

SITUERING VAN ZUURKASTEN EN UITLATEN

Deze bijlage bevat:

- V.1 Zuurkast en werkruimte. (Ref. 36)
 - V.1.1. Minimum afstand tussen zuurkast en gebruiker, waarbij de goede werking van de kast nog niet wordt verstoord.
 - V.1.2. Het voorkomen van verstoringen door anderen.
 - V.1.3. Vluchtroutes.
 - V.1.4. Toevoerlucht en ruimteventilatie.

- V.2 Uitblaasopeningen. (Ref. 33)
 - V.2.1. Uitblaasopening te dicht bij luchtaanzuigopening.
 - V.2.2. Slechte regenkap op afzuigkanaal.
 - V.2.3. Horizontale uitblaasopening is gevaarlijk voor mensen op het dak.
 - V.2.4. Ook deze horizontale uitblaasopening is gevaarlijk voor mensen op het dak.
 - V.2.5. Uitgeblazen lucht "valt" een open raam binnen.
 - V.2.6. Uitgeblazen lucht "stijgt" een open raam binnen.
 - V.2.7. Nog een voorbeeld van gevaarlijke uitblaasopeningen op het dak.
 - V.2.8. Een lage uitblaasopening belaaft passanten.
 - V.2.9. Inblazen van vuile lucht via een zuurkastkanaal met een uitgeschakelde ventilator.
 - V.2.10. "Kortsluiting" tussen een lek uitblaaskanaal en een aanzuigkanaal.

- V.3 Frequentieverdeling windrichtingen.
 (met toelichting).

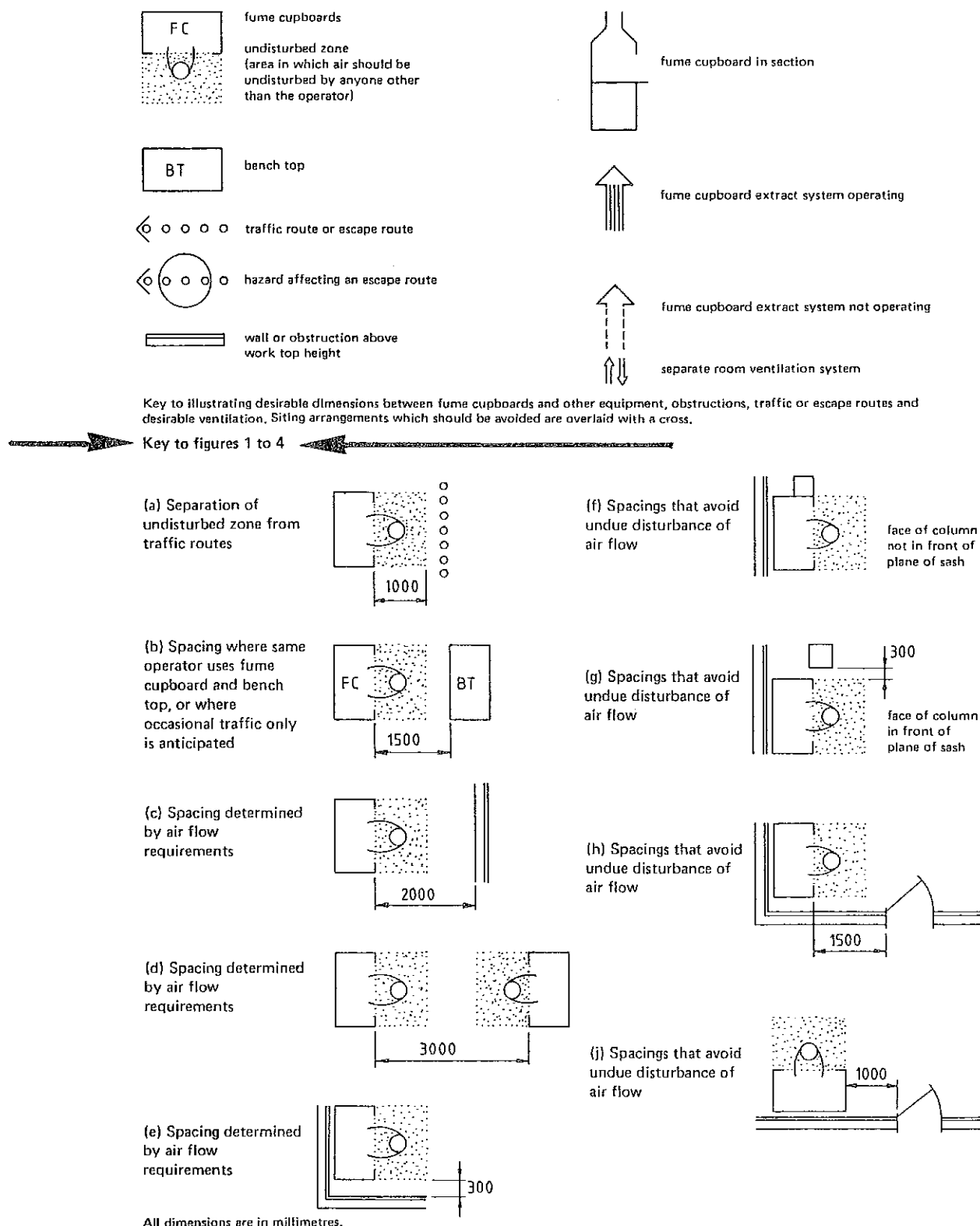
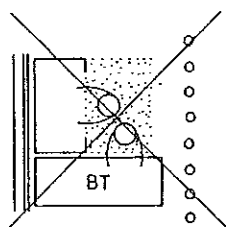
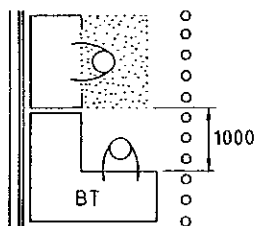


Figure 1. Minimum distance for avoiding disturbance to the fume cupboard and its operator

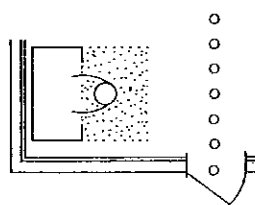
Figuur V.1.1.1. Minimum afstand tussen zuurkast en gebruiker, waarbij de goede werking van de kast nog niet wordt verstoord. (N.B. Tekenvoortzetting: boven aan de bladzijde).



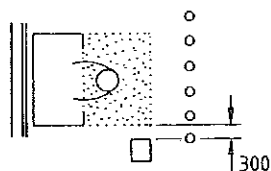
(a) A bench at right angles to cupboard face may keep traffic away from undisturbed zone but work at bench will cause disturbance to air flow



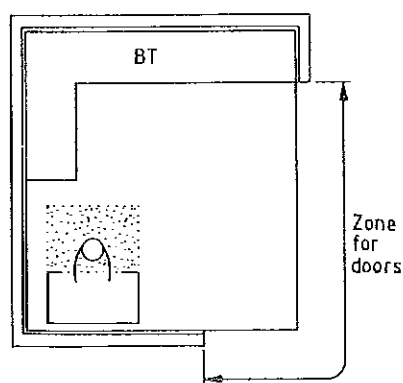
(b) Projecting bench will help to keep traffic clear of undisturbed zone and work at bench will have little effect on air flow if sufficient distance between cupboard and projecting bench is allowed



(c) Projecting walls and the positioning of doors can be effective in defining traffic routes



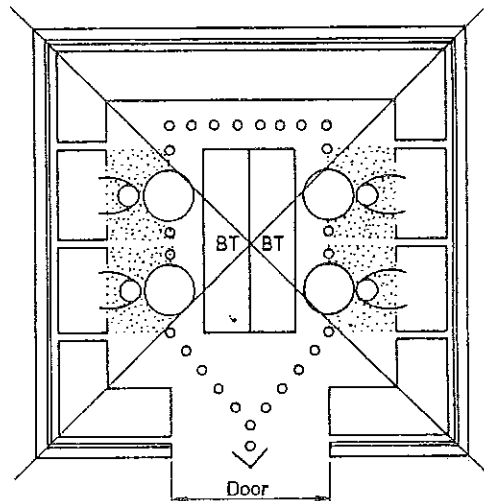
(d) Columns can assist the definitions of traffic routes



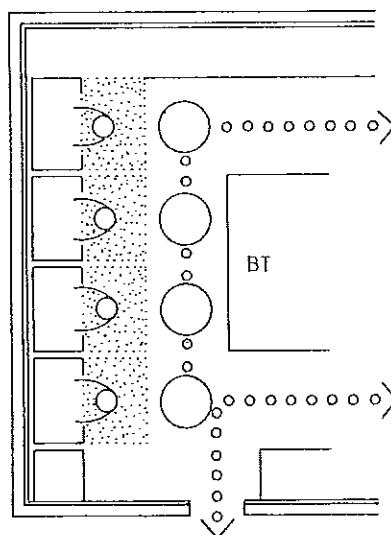
(e) In a small laboratory, the fume cupboard should be clear of personnel entering through doors

All dimensions are in millimetres.

Figure 2. Avoiding disturbances due to other personnel

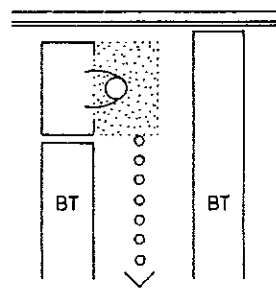


(f) Danger of too much movement in front of fume cupboards should be alleviated by allowing more space between faces of fume cupboards and bench tops

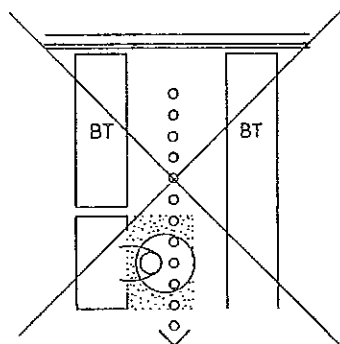


(g) Danger of too much movement in front of fume cupboards should be alleviated by allowing more space between faces of fume cupboards and bench tops

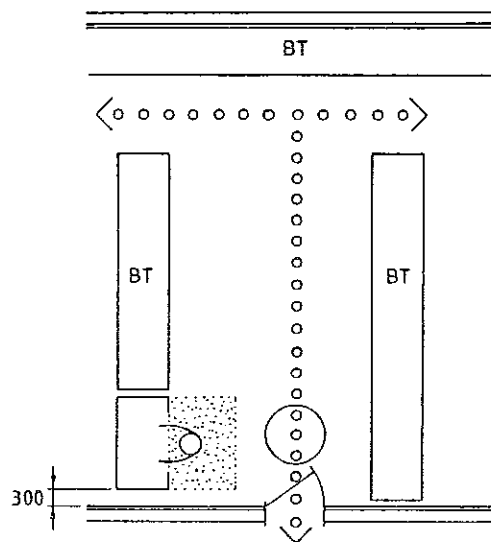
Figuur V.1.2. Het voorkómen van verstoringen door anderen.



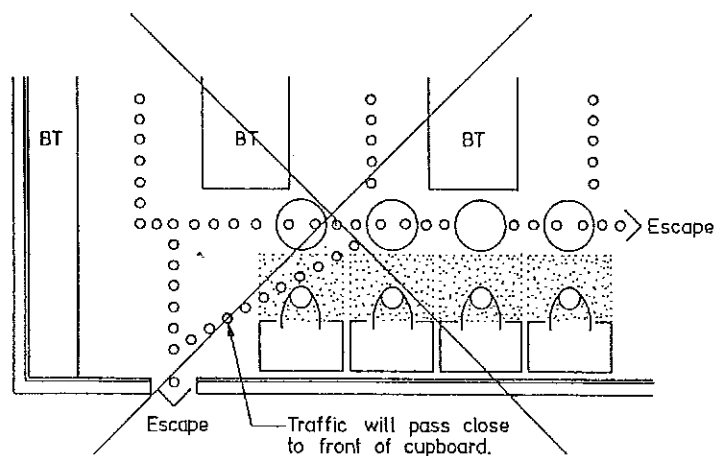
(a) Escape routes should be clear of a hazard area



(b) Escape routes should not cross a hazard area



(c) An escape route which crosses a hazard area should be supplemented by alternative escape routes



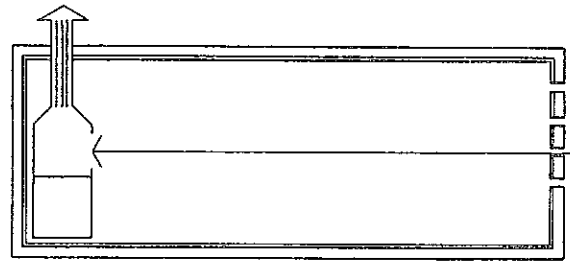
(d) Principal escape routes should not cross hazard areas

All dimensions are in millimetres.

Figure 3. Escape routes

Figuur V.1.3. Vluchtroutes.

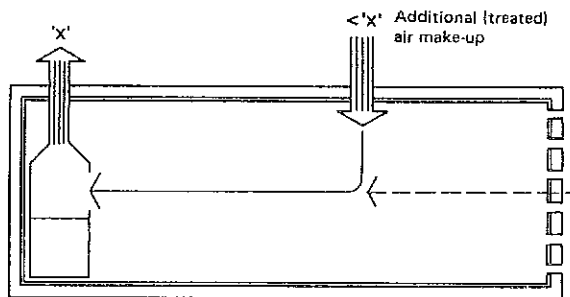
(a) Air make-up by infiltration only. Room naturally ventilated when fume cupboard extract is off



Infiltration via grilles, diffusers, doors, windows, etc.

Section

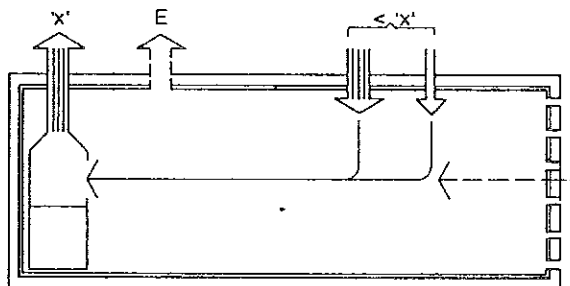
(b) Air make-up by infiltration and fan-assisted air make-up. Room naturally ventilated when fume cupboard extract and fan-assisted air make-up are off



Consideration should be given to the extract/air make-up ratio, its effect on room pressure, and to the possibility of reverse flow through fume cupboard when extract is low or off and other fume cupboard extracts are on

Section

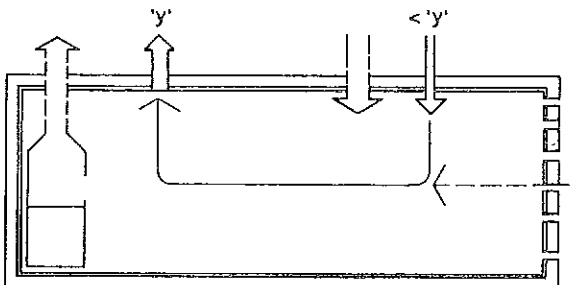
(c) Air make-up by infiltration and fan-assisted air make-up with fan-assisted room ventilation systems off when fume cupboard in use



The room ventilation system may need to be run if the fume cupboard extract is insufficient for room ventilation requirements

Section

(d) Fan-assisted room ventilation system on. Fume cupboard not in use



Section

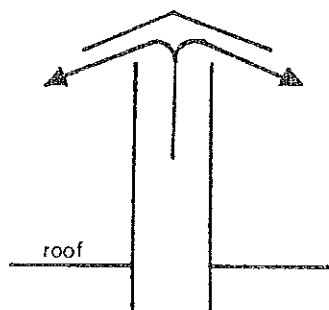
Figure 4. Air make-up and room ventilation systems

Figuur V.1.4. Toevoerlucht en ruimteventilatie.



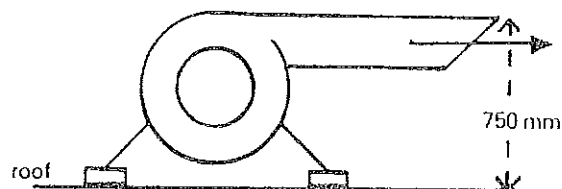
A discharge arrangement which permits a high proportion of the effluent to re-enter the building through a nearby louvred air intake.

Figuur V.2.1. Uitblaasopening te dicht bij luchtaanzuigopening.



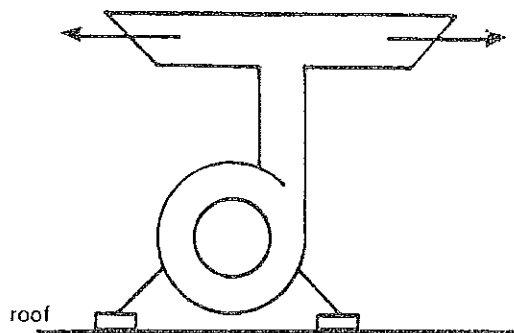
'The coolie hat'; an unacceptable termination which directs fumes back on to the roof and which does not always provide efficient protection against the ingress of rainwater.

Figuur V.2.2. Slechte regenkap op afzuigkanaal.



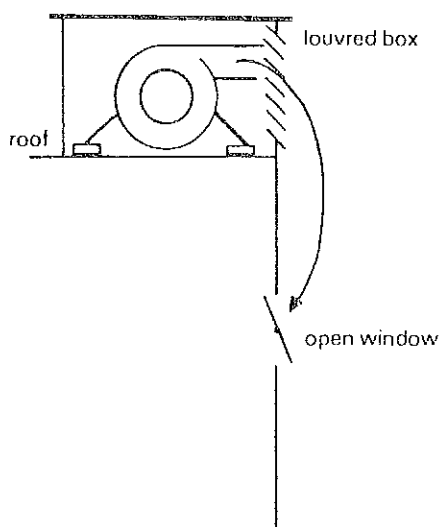
'The low blow'; an unacceptable termination which does not aid dispersal and which can produce a hazard for persons having access to the flat roof.

Figuur V.2.3. Horizontale uitblaasopening is gevaarlijk voor mensen op het dak.



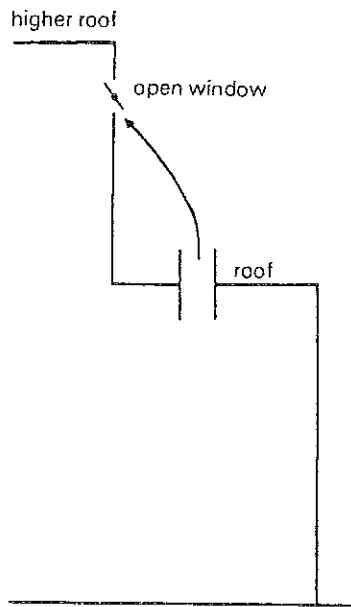
'The model-T low blow'; an unacceptable termination which, although making provision to reduce possible back-draughts caused by the wind, does not aid dispersal and which can produce a hazard for persons having access to the flat roof.

Figuur V.2.4. Ook deze horizontale uitblaasopening is gevaarlijk voor mensen op het dak.



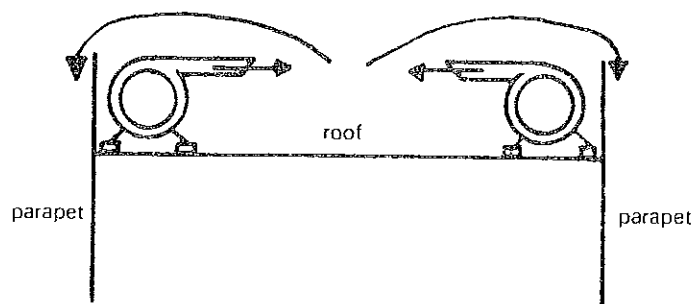
'The precipice effect'; an unacceptable termination which delivers the fumes into the down-draught near the face of the building. Also, the fan exit is often not sealed to the louvred area, permitting leakage into the box which is the actual plant-room in some large installations.

Figuur V.2.5. Uitgeblazen lucht "valt" een open raam binnen.



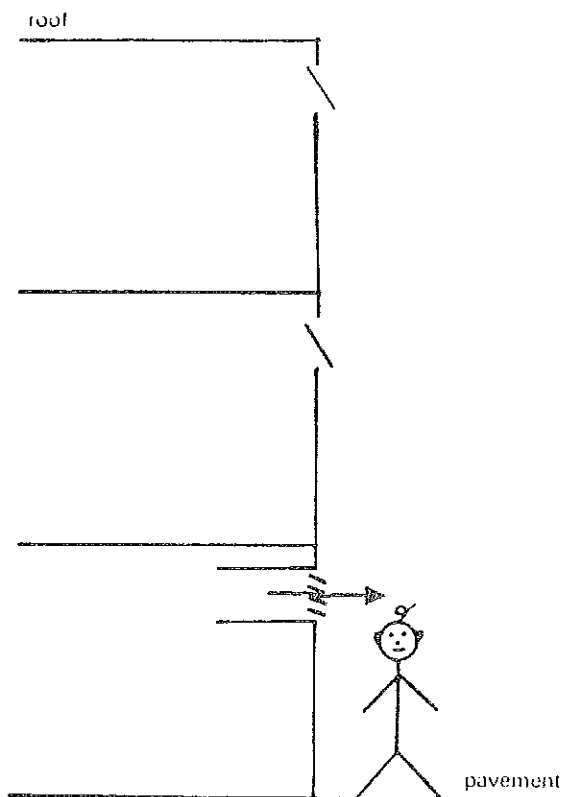
'The overlooked effect'; an obviously unacceptable termination seen on buildings with roofs at more than one level.

Figuur V.2.6. Uitgeblazen lucht "stijgt" een open raam binnen.



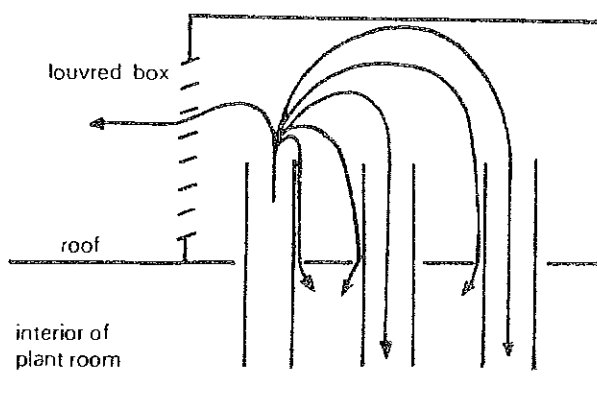
'The overflowing-tray effect'; an unacceptable termination which can produce a hazard for persons having access to the roof and which can result in fumes overflowing into any courtyards around the building.

Figuur V.2.7. Nog een voorbeeld van gevaarlijke uitblaasopeningen op het dak.



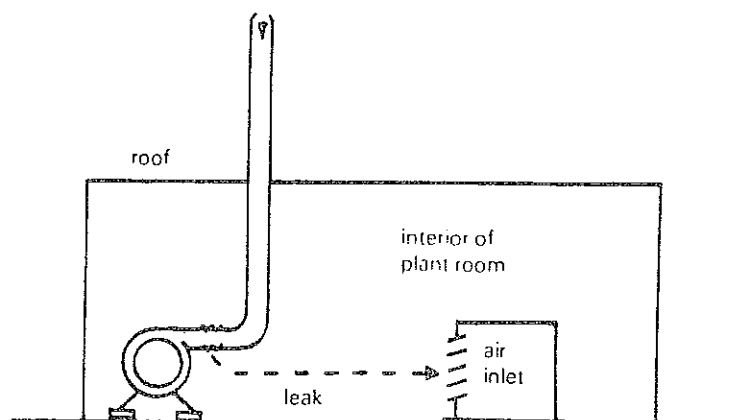
'The hair curler'; an obviously unacceptable termination actually seen in a large building commissioned in the early 1970s.

Figuur V.2.8. Een lage uitblaasopening belaagt passanten.



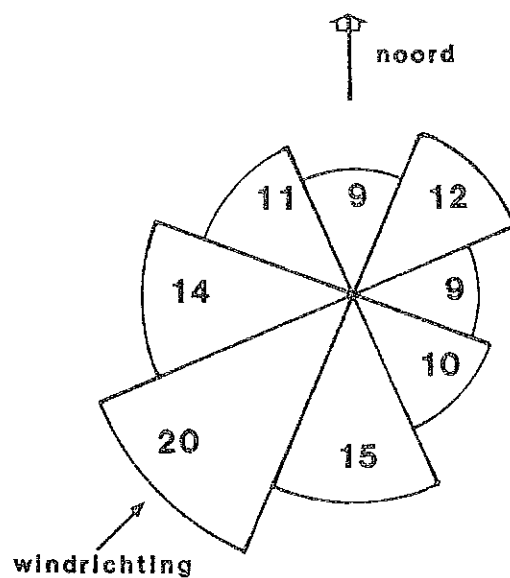
'The leak box termination'; an unacceptable termination which introduces fumes into the plant-room and into other fumecupboards when they are not in use and which was actually seen in a large building commissioned in the 1970s.

Figuur V.2.9. Inblazen van vuile lucht via een zuurkastkanaal met een uitgeschakelde ventilator.



The internal by-pass: an obviously undesirable arrangement for the discharge and air inlet plants. In one installation commissioned in the 1960s, the extract fan and motor were actually mounted *inside* a large air inlet duct.

Figuur V.2.10. "Kortsluiting" tussen een lek uitblaaskanaal en een aanzuigkanaal.



Figuur V.3. Voorbeeld van een frequentieverdeling (in %) van de windrichtingen in een bepaalde periode. (zie toelichting)

Toelichting:

De aanzuigopening voor de suppletie-lucht dient zoveel mogelijk "boven" de ter plaatse meest voorkomende windrichting te zitten. In de figuur is dit linksonder aangegeven met een pijl. Men dient zich daarbij te realiseren, dat daardoor geluidsproblemen toe kunnen nemen. Uiteraard is het ook mogelijk om (b.v.) twee kleppen (op verschillende plaatsen van het gebouw) voor de luchttoevoer aan te brengen waarbij, afhankelijk van de windrichting, de ene of de andere open staat.

Opmerking 1: Hoge luchtsnelheden in het lozingspunt kunnen bijdragen aan een goede verdunning van de emissie in de atmosfeer. Daarom moet de zuurkastlucht met een snelheid van tenminste 7 m/s worden uitgeblazen. Bij luchtsnelheden > 10 m/s kunnen geluidsproblemen ontstaan.

Opmerking 2: Verdunning van zuurkastlucht voordat emissie plaatsvindt, bijvoorbeeld in een verzamelpijp, heeft wel effect op de emissieconcentratie, maar niet op de uiteindelijke concentratie op de grond. Wel verandert mogelijk door de grotere hoeveelheid te lozen lucht de effectieve pijphoogte.