

Het effect van lokale afzuiging op de concentraties in de ademzone

R. D. Crommelin*,
G. W. Stegehuis*

Summary

This article describes a study of the capture efficiency of exhaust hoods.

The effect of the presence of a person on air flow and concentrations in the breathing zone has also been studied.

The capture efficiency usually is above 90% and depends on distance between hood and table, the presence of a flange or plate, the dosing of the tracer gas (point source, line source or field source) and the flow rate of the exhaust air. Only at very low exhaust flow rates the capture efficiency drops below 90%.

The concentrations measured in the breathing zone of a dummy of a worker indicate a disturbing of the air flow to the hood by the dummy. The shape of the dummy creates an area of low pressure at the front which attracts air and pollutant (wake flow). From there the air rises alongside the body to the breathing zone and next to the hood. Increase of the flow rates reduces the concentrations in the breathing zone somewhat but the wake effect remains.

1. Inleiding

Als er in een arbeidssituatie sprake is van lokale verontreinigingsbronnen wordt vaak lokale afzuiging toegepast. De bedoeling ervan is dat de verontreinigingen op efficiënte wijze worden weggezogen voordat zij zich in de ruimte kunnen verspreiden.

Afzuigkappen worden gebruikt in veel gevallen waar sprake is van plaatselijk hoge concentraties aan verontreinigingen. Ze zijn effectiever dan uitsluitend algemene ventilatiesystemen, omdat de concentratie bij de werkplek wordt verlaagd.

Dit artikel beschrijft een onderzoek naar:

- het rendement van een afzuigkap, afhankelijk van de afstand tot het werkvlak en het debiet van de gebruikte ventilator;
- de invloed van een persoon op de stroming bij een afzuigkap.

Er is bij verschillende volumestromen, tracergasbronnen en hoogte-instellingen van de afzuigkap gemeten.

Alhoewel het afzuigrendement met behulp van tracergas is bepaald zijn de resultaten niet alleen voor gasvormige verontreinigingen geldig maar ook voor aerosolen van zo kleine afmetingen dat de valsnelheid verwaarloosbaar is. Bij aerosolen van $5 \mu\text{m}$, dus de grenswaarde voor respirabele aerosolen, is de valsnelheid ca. 1 cm/s en dus nog verwaarloosbaar als de dichtheid hetzelfde is als van water. Voor grotere aerosolen mogen de gevonden afzuigrendementen niet (zonder) meer worden gebruikt maar gaat depositie een rol spelen.

Doel van dit onderzoek is om meer inzicht te krijgen in het rendement en de luchtstroming naar de afzuigkap.

2. Meetmethoden en meetopstelling

Met behulp van een tracergas, in dit geval N_2O , zijn rendementsmetingen uitgevoerd. Door het tracergas rechtstreeks in de afzuigkap te doseren kan de concentratie van het gas in de afvoerleiding bij een afzuigrendement van 100% worden vastgesteld. Vervolgens wordt het tracergas via het werkvlak gedoseerd als puntbron, lijnbron of veldbron. Na enige tijd kan de concentratie van het gas in de afvoerleiding worden vastgesteld. Door de laatstgenoemde concentratie te delen door de eerstgenoemde concentratie verkrijgt men het afzuigrendement η .

Om het debiet te bepalen wordt de luchtsnelheid in de afvoerleiding gemeten met een pitotbuis en een manometer.

De meetopstelling is opgebouwd uit een frame van metalen buizen waaraan door middel van statiefstangen een afzuigkap is opgehangen. De afzuigkap is door middel van statiefstangen verstelbaar en werd tijdens de proeven op 0,5 of 0,75 m hoogte boven de tafel gehangen. De kap werd in de volgende uitvoeringsvormen onderzocht:

- kap zonder extra voorzieningen (open kap)
- kap met flens (0,2 m breed)
- kap met middenplaat van $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$.

De uitvoeringsvormen van de kap zijn in figuur 1 weergegeven. De kap heeft, zonder middenplaat, een horizontaal aanzuigvlak van $0,6 \times 0,6 \text{ m}^2$, met middenplaat is dit $0,36 - 0,25 = 0,11 \text{ m}^2$. De kap is aangesloten op een afzuigleiding van 0,2 m of 0,4 m diameter. Het afzuigdebiet kan met een regelbare ventilator worden ingesteld en varieert van 0,18 tot $1,57 \text{ m}^3/\text{s}$. De afgezogen lucht met tracergas wordt naar buiten geblazen zodat geen recirculatie van tracergas in de hal kan plaatsvinden.

Op het werkvlak van de tafel kunnen als tracergasbronnen een puntbron, een lijnbron en een veldbron worden ingesteld. De lengte van de lijnbron bedraagt 0,6 m, de afmetingen van de veldbron zijn $0,6 \times 0,6 \text{ m}^2$. Tijdens de proeven zijn deze bronnen precies onder (het midden van) de afzuigkap geplaatst. Naast de meetopstelling kan een ►

* TNO-Bouw, afdeling Binnenmilieu, Bouwfysica en Installaties.

dummyspersoon worden geplaatst om de invloed hiervan op de stroming en de concentraties in de ademzone te bepalen. Deze dummy is voorzien van een warmtebron van 60 W om de convectieve warmteontwikkeling van een persoon te simuleren.

De meetopstelling is aan alle zijden omgeven door een gordijn van ca. 2 m hoogte om verstoringen door lucht-bewegingen in de hal tegen te gaan. Er is echter voldoende opening onder en tussen de gordijnen voor de vereiste toestroming van lucht.

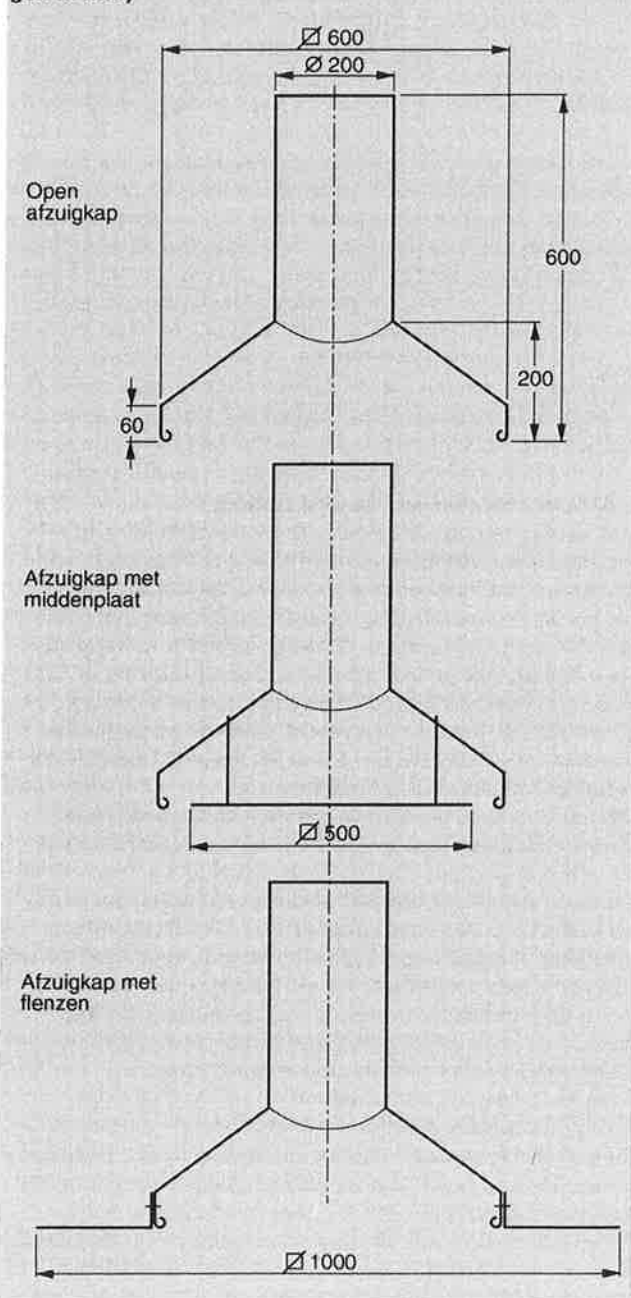
tafel. Bij een kaphoogte van 0,5 m zijn de rendementen nog iets hoger en treedt de sterke daling bij afzuigdebieten lager dan 0,3 m³/s niet op.

Tabel 1 geeft de gemiddelde snelheden tussen de rand van de afzuigkap en het tafelblad bij de afzuigdebieten waarmee is gewerkt. Men berekent deze snelheden door het afzuigdebiet q_v te delen door de oppervlakte A tussen de rand van de kap en het tafelblad. Voor A vindt men:

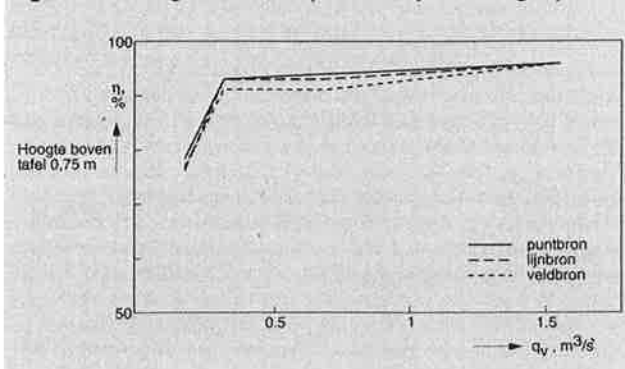
$$h = 0,5 \text{ m: } A = 4 \times 0,5 \times 0,6 = 1,2 \text{ m}^2$$

$$h = 0,75 \text{ m: } A = 4 \times 0,75 \times 0,6 = 1,8 \text{ m}^2$$

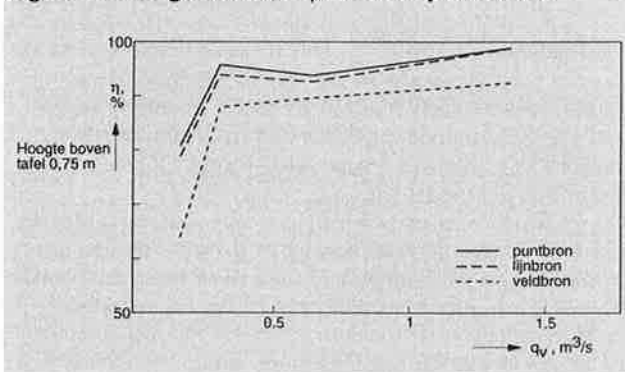
Figuur 1. Verticale doorsnede van de afzuigkap (afmetingen in mm)



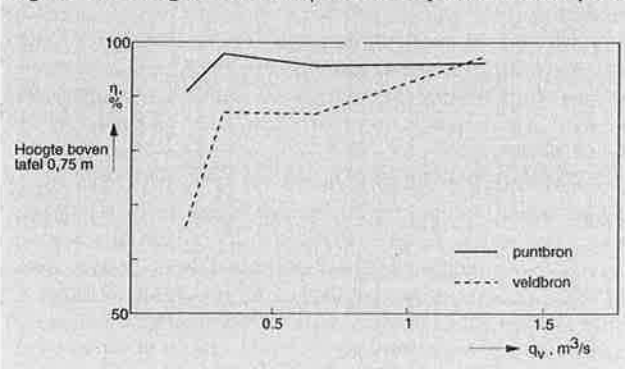
Figuur 2. Afzuigrendement η van de open afzuigkap



Figuur 3. Afzuigrendement η van de kap met flens



Figuur 4. Afzuigrendement η van de kap met middenplaat



3. Resultaten

3.1. Afzuigrendement

Het afzuigrendement van de kap in de genoemde uitvoeringen is bepaald volgens de hiervoor beschreven methode. De dosering van tracergas bedroeg 60 ml/s. De gevonden afzuigrendementen zijn in de figuren 2 t/m 4 weergegeven voor een kaphoogte van 0,75 m boven de

Uit de figuren 2 t/m 4 blijkt dat het rendement bij een afzuigdebiet van 0,32 m³/s of groter steeds hoger is dan 90%, met uitzondering van de veldbron waar het rendement in een enkel geval iets lager is. Bij een kaphoogte van 0,5 m is zelfs bij $q_v = 0,18 \text{ m}^3/\text{s}$ het rendement meestal 90% of hoger. Een kaphoogte van 0,5 m kan overigens in de praktijk niet realiseerbaar blijken, met name als er een flens aan zit.

3.2. Invloed van een persoon op de afzuigstroming

Een persoon die bij een werktafel onder een afzuigkap staat zal de stroming naar de kap beïnvloeden. Dit blijkt onder andere uit proeven met rookbuisjes en zeepbellen. Er ontstaat een 'zogwerking' die ook de concentraties in de ademzone van deze persoon beïnvloedt.

Teneinde deze invloed vast te stellen zijn concentraties gemeten in de 'ademzone' van een bij de werktafel geplaatste dummy, die de aanwezigheid van een persoon stimuleert.

Tabel 1. Gemiddelde luchtsnelheid v_{gem} tussen de afzuigkap en de tafel als functie van het afzuigdebiet

| q_v m ³ /s | v_{gem} , m/s | |
|----------------------------|-----------------|-----------|
| | h = 0,75 m | h = 0,5 m |
| 1,56 | 0,87 | 1,30 |
| 0,66 | 0,37 | 0,55 |
| 0,32 | 0,18 | 0,27 |
| 0,18 | 0,10 | 0,15 |

Deze metingen werden herhaald nadat de dummy was weggehaald. De dosering van tracergas bedroeg ook nu 60 ml/s. De hoogte van de kap boven de tafel bedroeg 0,75 m.

Tabel 2 geeft de concentratie bij de kap in diverse uitvoeringsvormen indien er een dummy bij geplaatst is. Indien er geen dummy bij de tafel staat, is de concentratie over het algemeen lager dan 1 ppm. Alleen bij $q_v = 0,32$ m³/s is de concentratie dan circa 1-2 ppm.

Tabel 3 geeft de concentraties bij verschillende soorten bronnen indien er een dummy bij de tafel is geplaatst. Indien zich bij de tafel geen dummy bevindt is de concentratie bij dit afzuigdebiet steeds kleiner dan 1 ppm. Zonder dummy bij de tafel zijn de concentraties bij de tafel ter plaatse van de ademzone dus verwaarloosbaar. Indien er wel een dummy bij de tafel staat worden de concentraties in de ademzone veel hoger. Dit wordt ver-

Tabel 2. Concentraties in de ademzone van de dummy bij kap met puntbron

| q_v m ³ /s | concentratie tracergas, ppm | | |
|----------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------|
| | open kap | kap met middenplaat | kap met flens |
| 0,32 | 53 | 67 | 56 |
| 0,62 | 51 | 49 | 30 |
| 1,57 | 12 | | 25 |

Tabel 3. Concentraties in de ademzone van de dummy bij $q_v = 1,57$ m³/s

| soort bron | concentratie tracergas, ppm | | |
|------------|-----------------------------|---------------------|---------------|
| | open kap | kap met middenplaat | kap met flens |
| puntbron | 12 | | 25 |
| lijnbron | 22 | 13 | 8 |
| veldbron | 20 | 10 | 8 |

oorzaakt door de zogwerking van de dummy in de aanzuigstroming naar de kap toe. Deze concentraties fluctueren bovendien sterk.

Met kleine belletjes, gedoseerd vanaf de werktafel, is de zogstroming zichtbaar gemaakt. Hierbij was duidelijk te zien dat de belletjes zich naar de dummy toe en vervolgens langs de dummy omhoog bewogen.

4. Discussie

4.1. Afzuigrendement

Een afzuigdebiet van 0,32 m³/s zou voldoende moeten zijn om, zelfs bij een kaphoogte van 0,75 m, een rendement van 90% te halen. Hierbij moet echter worden bedacht dat tijdens de metingen speciale maatregelen waren genomen (gordijnen) om storende invloeden vanuit de hal zoveel mogelijk tegen te gaan. In de praktijk zullen die storende invloeden er wel zijn en het rendement ongunstig kunnen beïnvloeden. Daarom lijkt een wat hoger afzuigdebiet noodzakelijk, vooral bij een kaphoogte van 0,75 m. Om de storende invloed van plaatselijke turbulente luchtbewegingen tegen te gaan moet lokaal een afzuigsnelheid van minstens 0,4 m/s heersen. Voor niet te sterke externe luchtstromingen in de omgeving is dit ook voldoende. Het gaat hier om de luchtsnelheid tussen de tafel en de rand van de kap en hiervoor geeft tabel 1 de gemiddelde snelheid. Deze is 0,4 m/s bij een afzuigdebiet van 0,72 m³/s als de kap 0,75 m boven de tafel hangt. Bij een kaphoogte van 0,5 m kan dan volstaan worden met een afzuigdebiet van 0,48 m³/s, maar deze kaphoogte is in de praktijk vaak niet aanvaardbaar.

Voorzieningen aan de kap zoals een flens of middenplaat blijken geen merkbare invloed op het rendement te hebben. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het feit dat het rendement over het algemeen 90% of hoger is en de nauwkeurigheid in de rendementsbepaling circa 1-3% bedraagt.

In [3] wordt de volgende formule gegeven voor het vereiste afvoerdebiet van een kap boven de tafel:

$$q_v = 1,4 \times h \times \text{omtrek} \times v_{gem}$$

De factor 1,4 moet als een veiligheidsfactor worden beschouwd waarmee men dan verzekerd is van een afzuigrendement van nagenoeg 100%. Indien er geen persoon bij de tafel staat die met de verontreinigingsbron werkt zijn er echter efficiëntere methoden om het vrijkomen van verontreinigingen in de ruimte tegen te gaan, namelijk door een combinatie van afscherming en afzuiging. Er kan dan met veel lagere afzuigdebieten worden volstaan. In [3] worden vele voorbeelden hiervan gegeven.

Indien er wel een persoon bij de tafel staat die met de verontreinigingsbron (bijv. een werkstuk) werkt, zal deze persoon de afzuigstroming sterk beïnvloeden, zoals reeds is opgemerkt.

4.2. Invloed van een persoon op de afzuigstroming

Uit tabel 2 blijkt dat de concentratie in de ademzone bij toenemend afzuigdebiet weliswaar afneemt maar zelfs bij het maximale afzuigdebiet nog vrij hoog is. Uit tabel 3 blijkt dat bij de open kap de concentratie van puntbron tot veldbron toeneemt en vooral bij de kap met flens afneemt. Dit moet verklaard worden door de plaats van de bron ten opzichte van de zogstroming en de invloed van de flens op de zogstroming.

Het voorgaande maakt duidelijk dat een hoog afzuigdebiet, dus een hoog afzuigrendement, iemand bij de tafel niet beschermt tegen verontreinigingen afkomstig van deze tafel. In [4] is een methode beschreven om de concentratie in de ademzone van lassers te verminderen. Hierbij wordt schone lucht in de ademzone geblazen waardoor de verontreiniging op afstand van de lasser wordt ►

gehouden. Dit vormt een betere bescherming dan een hoog afzuigdebiet.

Een hoog afzuigdebiet is wel van belang voor het handhaven van voldoende lage concentraties in de hal als geheel. Een afzuigkap moet hierbij worden gezien als een methode om de hal efficiënter te ventileren dan met de gebruikelijke algemene ventilatie. Een afzuigrendement van 90-95% lijkt op grond van onze proeven zeer goed haalbaar zonder de hoge afzuigdebieten zoals aanbevolen in [3].

5. Conclusies

Bij een afzuigstroom van 0,32 m³/s of meer behaalt de in dit onderzoek gebruikte afzuigkap een afzuigrendement van meer dan 90%.

Een persoon bij een afzuigkap beïnvloedt de afzuigstrooming in sterke mate. Er ontstaat een zogwerking die in de ademzone de concentraties van verontreinigingen, afkomstig van de werktafel sterk verhoogt. Hoge afzuigdebieten en afzuigrendementen geven geen bescherming hiertegen.

Een hoog afzuigrendement vermindert de gemiddelde concentratie in de hal waardoor met minder algemene ventilatie kan worden volstaan.

Literatuur

- [1] Knoll, B.; Beperking van de blootstelling aan luchtverontreiniging bij het lassen. *Arbovisie* 4 (1988), nr. 3 (juni).
- [2] Dallavalle, J. M. en T. Hatch; Studies in the design of local exhaust hoods. *ASNE*, trans. 54, 1932.
- [3] American Conference of Governmental Industrial Hygiene. *Industrial Ventilation*. ACGIH, 19th edition, Michigan, 1986.
- [4] Knoll, B. en R. v.d. Belt; Praktijktest van het prototype van de draagbare TM-lasrookverdrijver. *MT-TNO*, R 90/057, Delft, 1990.
- [5] Crommelin, R. D. en G. W. Stegehuis; Luchtbehandeling op de werkplek. Onderwerp: Lokale afzuiging. *MT-TNO*, R 90/348, Delft, 1990.
- [6] Braconnier, R.; Champs de vitesses au voisinage de l'entrée des dispositifs d'aspiration localisée. *Cahiers de Notes Documentaires* no. 124, ND 1586-124-86, 3^e trimestre 1986, p. 265-289, Institut National de Recherche et de Sécurité, Vandoeuvre, 1986. ■