

# **ONDERZOEK NAAR DE EFFECTIVITEIT VAN EEN STOFZUIGER**

## **WELKE OPERATIONELE PARAMETERS BEPALEN DE STOFVERWIJDERINGSEIGENSCHAPPEN**

SM19 / oktober 1990

© Vereniging Schoonmaak Research, november 2008

Vereniging Schoonmaak Research,  
een onafhankelijk platform voor alle marktpartijen in  
het schoonmaakonderhoud. VSR streeft naar verhoging  
van het professionele niveau van het schoonmaakvak  
door onderzoek, voorlichting en opleiding.



# ONDERZOEK NAAR DE EFFECTIVITEIT VAN EEN STOFZUIGER

## WELKE OPERATIONELE PARAMETERS BEPALEN DE STOFVERWIJDERINGSEIGENSCHAPPEN

SM 19

Opdrachtgever : Vereniging Schoonmaak Research

Opdrachtnummer : RKP 130041

Projectleider : drs. M.J. Terpstra  
Uitgevoerd door : mw. J.W. Geesink bc

Uitgegeven door : Vereniging Schoonmaak Research

Vereniging Schoonmaak Research  
Postbus 90154  
5000 LG Tilburg

[www.vsr-org.nl](http://www.vsr-org.nl)

© VSR november 2008 (oorspronkelijke uitgave oktober 1990)

Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld mag zonder schriftelijke toestemming van VSR niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, of anderszins, hetgeen ook van toepassing is op gehele of gedeeltelijke bewerking.

## VOORWOORD

Dit rapport is tot oktober 1992 uitsluitend bestemd voor leden van een met IR-TNO samenwerkende organisatie, te weten: de leden van de Vereniging Schoonmaak Research.

Dit rapport is tot stand gekomen in nauwe samenwerking met de Begeleidingscommissie VSR.

# INHOUD

VOORWOORD .....	4
INHOUD .....	5
1. INLEIDING .....	7
2. CONSTRUCTIE EN WERKINGSPRINCIPE VAN DE STOFZUIGER .....	9
3. EFFECTIVITEITSBEPALENDE STOFZUIGFACTOREN .....	11
3.1. algemeen .....	11
3.2. de invloed van het motorvermogen op het reinigingseffect .....	14
3.3. de invloed van het mondstuk op het reinigingseffect .....	16
3.4. de invloed van de ketel, de stofzak en de filter op het reinigingseffect .....	21
3.5. de invloed van de stofzuigerslang en de zuigbuis op het reinigingseffect .....	26
3.6. de invloed van het stofzuigtempo op het reinigingseffect .....	26
3.7. de invloed van het type vloerbedekking op het reinigingseffect .....	27
3.8. de invloed van het type vuil op het reinigingseffect .....	29
4. METEN VAN DE EFFECTIVITEIT .....	31
5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES .....	33
6. AANDACHTSPUNTEN VOOR AANKOOP EN ONDERHOUD BEDRIJFSSTOFZUIGERS .....	37
6.1. aankopen met als doel: effectief stofzuigen .....	37
6.2. onderhoud en de effectiviteit van het stofzuigen .....	38
LITERATUUR .....	41



# 1. INLEIDING

In het voorjaar van 1990 heeft de Vereniging Schoonmaak Research (VSR) aan het Instituut voor Reinigingstechnieken (IR-TNO) opdracht gegeven tot een literatuuronderzoek naar de operationele parameters welke de effectiviteit van het stofzuigen bepalen.

De doelstelling van dit onderzoek is het inventariseren welke operationele parameters in welke mate de effectiviteit van het stofzuigen bepalen. Ten behoeve van dit onderzoek is informatie verzameld uit binnen- en buitenlandse literatuur, en zijn gesprekken gevoerd met deskundigen. Voor het voeren van deze inhoudelijke gesprekken is een bezoek gebracht aan een Nederlandse leverancier van bedrijfsstofzuigers en daarnaast is een bezoek gebracht aan een Duitse huishoudstofzuigerfabrikant, die met zijn fabriek een leidende positie op de markt inneemt.

Het product van bovengenoemd onderzoek is het voor u liggende verslag. Als extra voorinformatie wordt in hoofdstuk 2 in het kort uitleg gegeven over de constructie en het werkingsprincipe van ketelstofzuigers in het algemeen. In hoofdstuk 3 staat dan een overzicht van parameters welke de effectiviteit van het stofzuigen met behulp van ketelstofzuigers bepalen.

In hoofdstuk 4 staat de inhoud van de norm IEC-312 beschreven. In hoofdstuk 5 vinden we een samenvatting van hoofdstuk 2 tot en met 4 en de conclusies die daaruit getrokken worden. In het additionele hoofdstuk 6 staan aandachtspunten voor de aankoop en het onderhoud van bedrijfsstofzuigers voor wat betreft de effectiviteit van het stofzuigen.

In dit rapport wordt vrijwel alleen over kleine en middelgrote bedrijfsstofzuigers gesproken en worden andere typen stofzuigers veelal buiten beschouwing gelaten. Onder dergelijke stofzuigers worden ketelstofzuigers verstaan, welke niet meer dan 1 motor hebben. Voor deze afbakening van het onderwerp is gekozen omdat de VSR voornamelijk geïnteresseerd is in bedrijfsstofzuigers en van de in Nederland in gebruik zijnde bedrijfsstofzuigers bestaat naar schatting 98% uit ketelstofzuigers.

Hoewel in de praktijk, bij de aankoopkeuze, vaak een compromis gemaakt moet worden tussen het bedieningsgemak van de stofzuiger enerzijds en de effectiviteit van de stofzuiger anderzijds, zal in dit rapport weinig aandacht besteed worden aan het bedieningsgemak.





## 2. CONSTRUCTIE EN WERKINGS- PRINCIPE VAN DE STOFZUIGER

### Primaire functie van een stofzuiger

De stofzuiger dient voor het wegzuigen van droog en/of losliggend stof of vuil. Aangekleefd vuil kan niet met de stofzuiger worden verwijderd. Stofzuigen moet worden gerekend tot een methode voor uitstekende oppervlaktereiniging met geringe dieptewerking. (7)

### Typen stofzuigers

Men onderscheidt de volgende types:

- a. steelstofzuigers, alle onderdelen met elkaar verbonden;
- b. rugstofzuigers, hierbij wordt het stof zuigerhuis op de rug gedragen;
- c. huishoud- of cylinderstofzuiger op slee of op wielen en met slang;
- d. één- of meermotorige ketelstofzuiger. (7)

### Constructie en werkingsprincipe

Het werkingsprincipe en de constructie van een stofzuiger zijn betrekkelijk eenvoudig en bij alle soorten gelijk. Alle stofzuigers bestaan uit:

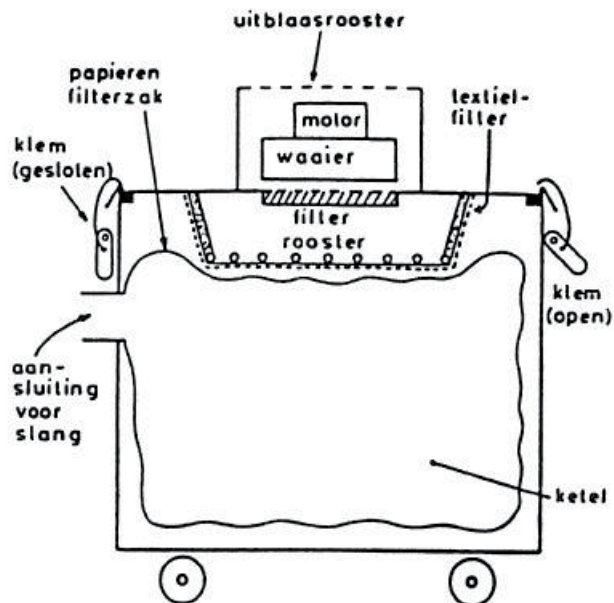
- een zuigturbine;
- een motor;
- een stofzuigerhuis/stofruimte;
- een stofzak plus één of meerdere filters;
- hulpstukken. (7)

Een of meer waaiers die op één as zijn gemonteerd, worden door een elektromotor met een hoog toerental (10.000 tot 20.000/min) aangedreven. Deze turbine zuigt lucht uit een vrijwel geheel gesloten ruimte (de stofruimte) waardoor daarin een onderdruk ontstaat. Deze lucht wordt, meestal via een rooster om de luchtstroom wat te verspreiden, uit het toestel geblazen. De stofruimte heeft bovendien een luchtinlaat. Via deze inlaat wordt lucht naar de stofruimte aangevoerd en door alle aanwezige filters geleid. Omdat de luchtinlaatopening een luchtstromingsweerstand vormt, blijft er een onderdruk bestaan in de stofruimte. Op de luchtinlaat wordt, via een flexibele slang, een zuigbuis aangesloten, die van een mondstuk is voorzien. In slang, zuigbuis en mondstuk wordt ook luchtweerstand opgewekt, zodat de onderdruk in de stofruimte groter wordt. Er ontstaat een evenwichtstoestand, waarbij het aantal liters lucht dat per seconde verplaatst wordt, past bij de grootte van de onderdruk in de stofruimte en de totale weerstand van de aanvoerroute, de stofzak en de filters. (10)

De manier waarop de motor gekoeld wordt is niet voor iedere stofzuiger hetzelfde. Een motor wordt via het directe systeem gekoeld, wanneer hiervoor de lucht gebruikt wordt welke net het filter gepasseerd is.

Een motor wordt via een indirect systeem gekoeld wanneer hiervoor een aparte luchtstroom gebruikt wordt en niet de luchtstroom die dient voor het transport van vuil en stof. Ketel- of bedrijfsstofzuigers opereren voornamelijk met het directe koelsysteem.

figuur 2.1: heeft een afbeelding van een bedrijfsstofzuiger.



Bedrijfsstofzuigers kunnen klein en draagbaar zijn en de mogelijkheid hebben tot aansluiten van verschillende mondstukken ontworpen voor verschillende types vloerbedekking. Bedrijfsstofzuigers kunnen ook grote machines zijn met twee of drie motoren. Een mondstuk met een elektrisch aangedreven borstel is ook verkrijgbaar. Sommige fabrikanten bieden een roterende borstel aan waarbij de roterende borstel door de luchtstroom aangedreven wordt (ook wel zuigende borstelwals genoemd). In 80% van de gevallen gebruikt men voor bedrijfsstofzuigers een combinatiemondstuk (zie figuur 3.3.1.)

Naast de keuze tussen verschillende mondstukken bestaat er ook een keur aan stofzakken: textiel (van natuur- of kunstvezels) of papier; meerlaags of enkellaags, grote of kleine. Daarnaast zijn er nog diverse accessoires.

Een aantal accessoires is voor specifiek gebruik:

- gladde zuigmond voor met tapijt beklede wanden, gordijnen;
- buizen zuigmond voor buizen en pijpen;
- ronde zuigmond voor beelden en wandversieringen;
- radiator-zuigmond voor radiatoren;
- plinten-zuigmond voor plinten en andere randen;
- meubel-zuigmond speciaal voor gestoffeerd meubilair;
- verlengslang, maakt gebruik van normale stofzuiger mogelijk i.p.v. draagbare stofzuiger voor trappenhuisen;
- telescoopstang voor trappenhuisen;
- verlengbuizen voor hoog stofzuigen. (5)

In dit rapport zal geen verdere aandacht geschonken worden aan genoemde accessoires. Het spreekt voor zich dat gebruik van een bepaalde accessoires voor een bepaalde specifieke omstandigheid aan te raden is.

# 3. EFFECTIVITEITSBEPALENDE STOFZUIGFACTOREN

## 3.1. Algemeen

In dit hoofdstuk wordt beschreven welke factoren de grootste invloed hebben op de effectiviteit van het stofzuigen. Iedere paragraaf beschrijft één of meerdere relevante factoren. Om een misverstand te voorkomen wordt eerst uitgelegd wat in dit rapport niet bedoeld wordt met effectiviteit. Daarnaast wordt in deze paragraaf beschreven wat bedoeld wordt met het zuigvermogen van een stofzuiger.

### Effectiviteit

Het gaat in dit verslag niet om de hoeveelheid zuigvermogen in verhouding tot de hoeveelheid afgenomen vermogen:

$$\text{effectiviteit (\%)} = \frac{P_z}{P_m} \times 100$$

waarbij  $P_m$  het afgenomen vermogen is en  $P_z$  het zuigvermogen is.

Onder effectiviteit wordt in dit rapport iets anders verstaan, te weten: de doelmatigheid van het apparaat. Dus de mate waarin een bepaalde stofzuiger in staat is stof en vuil op te nemen van een oppervlak en het daarna vast te houden. Synoniem voor 'de effectiviteit van het stofzuigen' is in dit rapport 'het reinigingseffect door het stofzuigen'.

### Zuigvermogen

De mate waarin een bepaalde stofzuiger in staat is stof en vuil op te nemen, is voornamelijk afhankelijk van het zuigvermogen en de mechanische werking van het gebruikte mondstuk. Wat betreft het zuigvermogen dient in deze paragraaf nog enige algemene uitleg gegeven te worden:

In Hoofdstuk 2 is aangegeven dat bij een in werking zijnde stofzuiger een evenwichtstoestand ontstaat, waarbij het aantal liters lucht dat per seconde verplaatst wordt, past bij de grootte van de onderdruk in het mondstuk en de totale weerstand van de vloerbedekking, en alle stofzuigeronderdelen. (10) In figuur 3.1.1 is een voorbeeld gegeven van het verband dat men bij een stofzuiger tussen de luchtsnelheid en de onderdruk in het mondstuk kan vinden. De onderdruk, die aangegeven wordt in mm water kolom (mm WK), wordt ook wel de zuighoogte genoemd en aangegeven met de letter H. Het aantal liters verplaatste lucht per seconde wordt met Q aangegeven. Vandaar de naam Q-H karakteristiek voor de grafiek in figuur 3.1.1. De verschillende merken en typen stofzuigers hebben hun eigen Q-H karakteristiek. Zie figuur 3.1.2.

Op welk punt van de karakteristiek het evenwicht zich instelt, hangt af van de grootte van de stromingsweerstand in de luchtweg vanaf de vloer, ter plaatse van het mondstuk, tot aan het uitblaasrooster. Als het mondstuk geheel afgesloten wordt, dan is de onderdruk in de stofruimte maximaal, maar er wordt geen lucht verplaatst. De vuildeeltjes zullen dus niet van de vloer meegenomen kunnen worden. De zuigwerking is dus nul. (punt A in figuur 3.1.1.)

Als er in het geheel geen stromingsweerstand is, dan is de onderdruk nul. Er wordt wel per seconde een maximale hoeveelheid lucht verplaatst, maar de lichtsnelheid aan het te zuigen oppervlak is minimaal. In het algemeen losliggende vuildeeltjes ondervinden dan onvoldoende kracht om door de luchtstroom meegenomen te kunnen worden. Ook dan is de zuigwerking nul (punt B in figuur 3.1.1.). De grootte van de zuigwerking wordt aangegeven met de grootte zuigvermogen.

Onder het zuigvermogen  $P_z$  wordt verstaan het product van zuighoogte  $H$  en de aangezogen hoeveelheid lucht per seconde  $Q$ .

$$P_z = H \times Q.$$

Omdat  $H$  in mm WK en  $Q$  in liters per seconde wordt gemeten, zal de uitkomst (in W) rekenkundig niet kloppen. Daarvoor moet een omrekeningsfactor worden toegepast.

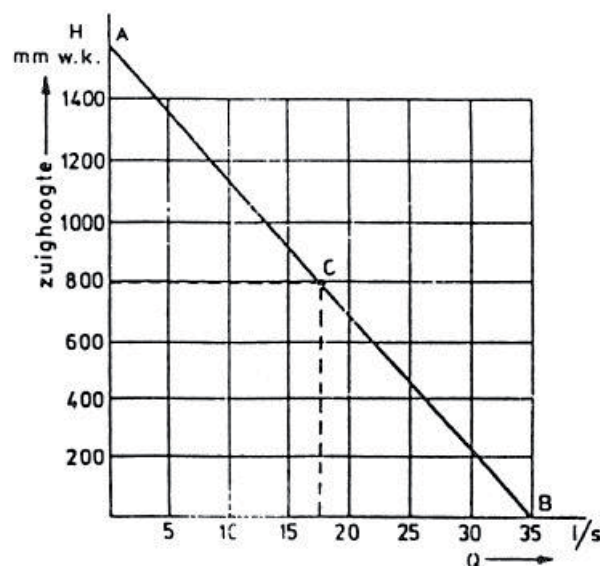
Omdat een druk van  $H$  mm WK =  $9,81H$  N/m<sup>2</sup> en een hoeveelheid lucht van  $Q$  liter per seconde =  $Q \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s wordt  $P_z$ :

$$P_z = 9,81 \times 10^{-3} \times H \times Q \text{ (Watt)} \approx 0,01 \times H \times Q \text{ (Watt)}.$$

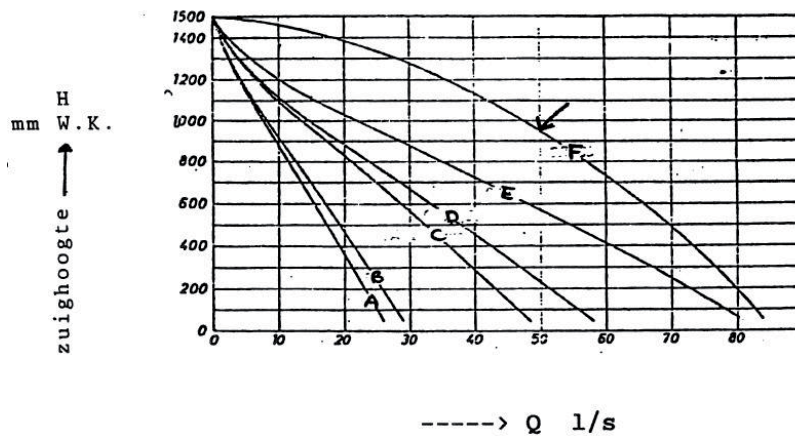
Voorbeeld. Uit de Q-H karakteristiek van figuur 3.1.1 lezen we af:  $Q = 17,5$  l/s bij een  $H$  van 800 mm WK. In dat punt van de karakteristiek is dus

$$P_z = 0,01 \times 17,5 \times 800 \text{ W} = 140 \text{ W. (Schimmel, 1981)}$$

figuur 3.1.1.: O-H karakteristiek

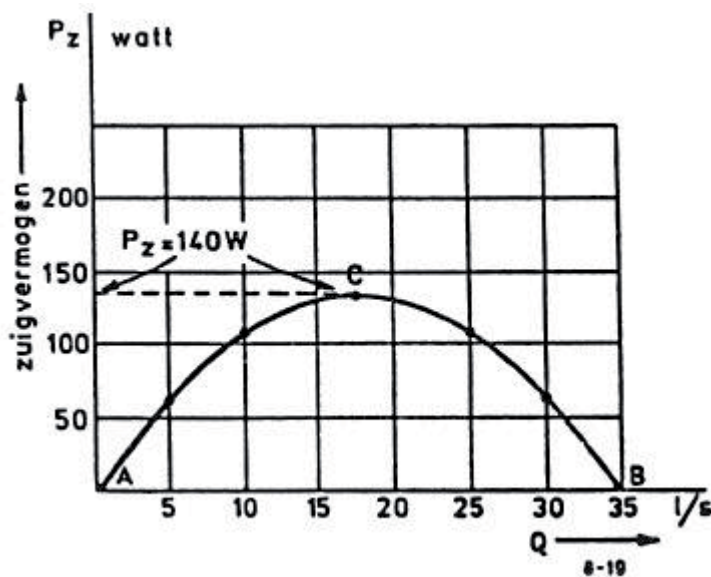


Figuur 3.1.2: diverse O-H-karakteristieken



Indien we dit zuigvermogen  $P_z$  voor alle bij elkaar behorende waarden van  $Q$  en  $H$  berekenen en de resultaten grafisch uitzetten als functie van  $Q$ , zien we dat het zuigvermogen met toenemende  $Q$  van nul door een maximum gaat en weer nul wordt (zie figuur 3.1.3.)

Figuur 3.1.3: het zuigvermogen



$P_z$  moet door metingen bepaald worden. Voor de meeste stofzuigers ligt het maximale zuigvermogen ongeveer bij het product van halve maximale onderdruk en halve maximale luchtverplaatsing. Het ideale werkpunt van de stofzuiger zou het punt van maximale  $P_z$  zijn. In de praktijk is dit bijna nooit het geval. (Schimmel, 1981)

Iedere stofzuiger heeft zijn eigen optimale onderdruk en zijn eigen optimale luchtstroom. De optima worden bereikt bij  $P_z$ -maximaal.

Gedurende dit verslag zal nog een aantal keren naar bovenstaande formule en bijbehorende grafieken verwezen worden.

In tabel 3.1.1 staat de uitslag van een proef waarbij de invloed van een aantal factoren op de effectiviteit van het stofzuigen zijn gemeten. De variabelen zijn hier: verschillende mondstukken, verschillende typen vloerbedekking, en verschillende typen te verwijderen vuil.

Wanneer men dezelfde metingen zou doen met ander materiaal dan zouden de absolute resultaten anders kunnen uitvallen. Toch kunnen uit deze resultaten een aantal algemeen geldende conclusies getrokken worden. Daartoe zal gedurende de rest van dit hoofdstuk in de betreffende paragrafen nog een aantal maal naar tabel 3.1.1 verwezen worden.

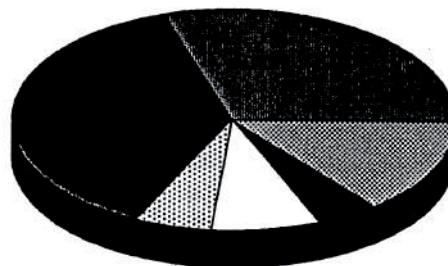
Tabel 3.1.1: De benodigde tijd voor het schoonzuigen s/m<sup>2</sup>

	vilt			velours			bouclé		
	zand		draad	zand		draad	zand		draad
	a	b		a	b		a	b	
1. combinatie-mondstuk	71	24	238	143	48	167	119	71	95
2. zuigende borstelwals	68	45	23	91	45	45	159	68	23
3. elektrisch aangedreven borstelwals	65	44	65	130	44	44	130	65	44
a = $\Phi$ van zand 125-250 $\mu\text{m}$ b van zand is 500 tot 1000 $\mu\text{m}$									
Afmetingen: 1 = 7.5 x 32.0, 2 = 15.0 x 31.0, 3 = 22.0 x 33.0 van de mondstukken.									
Dit zijn gangbare afmetingen voor ieder type mondstuk.									

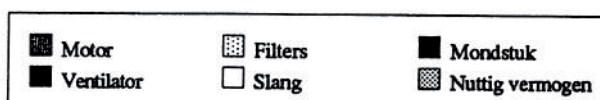
bron: Jokelainen et al., 1980.

### 3.2. DE INVLOED VAN HET MOTORVERMOGEN OP HET REINIGINGSEFFECT

Het rendement van het opgenomen vermogen, is bij stofzuigers erg laag. Met andere woorden het zuigvermogen (= nuttig vermogen in Watt) is laag in verhouding tot het motorvermogen (in Watt). Uit figuur 3.2.1 valt af te lezen waar de verliezen gemiddeld genomen blijven:

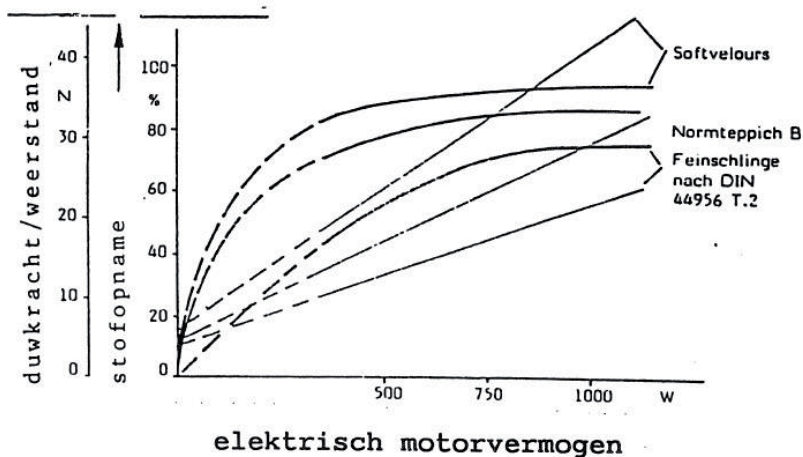


Figuur 3.2.1.



Tot 1985 was het motorvermogen van kleinere bedrijfsstofzuigers, die gebruikt werden voor het gewone schoonmaakonderhoud, maximaal 800 Watt; na 1985 steeg dit maximale motorvermogen tot 1100 Watt. Wat hiervan de gevolgen zijn geweest voor de effectiviteit van het stofzuigen staat in figuur 3.2.1 geïllustreerd. De kromme lijnen geven de stofopname weer en de rechte lijnen geven de weerstand weer.

figuur 3.2.2.



bron: Schetelig, 1988/90.

De grafiek toont dat bij een stijgend motorvermogen, de stofopname bij de verschillende tapijten eerst relatief steil omhoog loopt om vervolgens (als een exponentiële functie) asymptotisch een grenswaarde te naderen. In tegenstelling daarmee neemt de schuifkracht proportioneel toe. Reden hiervoor is dat met de verhoging van het motorvermogen de onderdruk onder het mondstuk quasi lineair meestijgt. Hierdoor wordt het mondstuk meer en meer op het tapijt geperst zodat grotere wrijvingskrachten ontstaat.

Gelijktijdig wordt door de sterkere bedekking van het mondstuk op het tapijt de luchtstroom naar het mondstuk verhinderd. Afname van de luchtstroom gaat gepaard met een verhoogd zuigvermogen, totdat de maximale waarde bereikt is. Hierbij stagneert het zuigvermogen. (9)

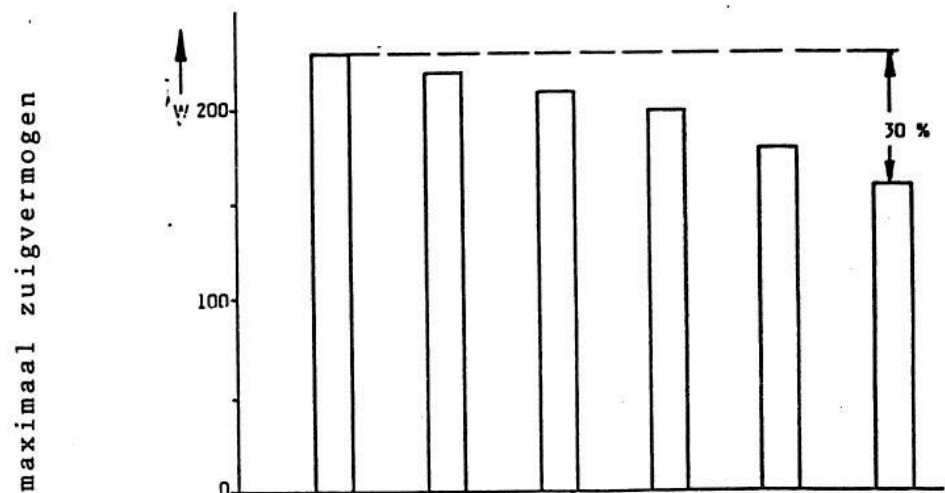
Natuurlijk hangt de absolute waarde van de schuifkracht van de gekozen geometrie van het mondstuk af (rollen of wieltjes). Maar over het algemeen kan gesteld worden dat de stofopname in de regel na het bereik van 800 watt nog slechts weinig toeneemt. Een verdere stijging van het elektrisch motorvermogen heeft geen belangrijke verbetering in effectiviteit tot gevolg.

Door enkele stofzuigerfabrikanten is een regelautomatiek ontwikkeld, welke bij een bepaald gebruik het best mogelijke compromis tussen goede stofopname, geringe duwkracht en gering energieverbruik zoekt. De regelautomatiek houdt er rekening mee dat bij fijnmazig tapijt het maximaal zuigvermogen bereikt wordt tussen 500 en 800 Watt motorvermogen, terwijl bij open vloerbedekking het maximaal zuigvermogen bereikt wordt rond 1000 Watt motorvermogen. Hierdoor kan de automatiek, met behulp van een druksensor in het apparaat voor de filter, een constant geringe schuifkracht rond 20 Newton met een goede stofopname bewerkstelligen. (9)

Bij verschillende typen stofzuigers waarvan het motorvermogen gelijk is, kan het zuigvermogen duidelijke verschillen vertonen. Figuur 3.2.3 op de volgende pagina laat zien dat bij gelijk motorvermogen de verschillen 30% kunnen zijn. Het verschil in zuigvermogen bij verschillende stofzuigers met gelijk motorvermogen kan voor een groot deel verklaard worden uit het verschil in constructie van de stofzuiger, het verschil in gebruikte hulpstukken, het verschil in de kwaliteit van de motor en anders gedimensioneerde waaiers.

Hoe groot de invloed van de factoren 'verschil in constructie' en 'verschil in gebruikte hulpstukken' is komt in de volgende paragrafen van dit hoofdstuk aan de orde. In de literatuur is geen informatie gevonden over de invloed van de factoren 'kwaliteit van de motor' en 'de dimensionering van de waaiers'.

figuur 3.2.3: Pz-maximaal bij verscheidene 1100 W-stofzuigers.



### 3.3. DE INVLOED VAN HET MONDSTUK OP HET REINIGINGSEFFECT

Bij bedrijfsstofzuigers wordt voor het mondstuk in 80% van de gevallen een combinatiemondstuk gebruikt (zie figuur 3.3.1). Dit mondstuk is te gebruiken als hard glad mondstuk voor het zuigen van vezelige zachte vloerbedekking. Anderzijds is het te gebruiken als een zacht, van borstelharen voorzien mondstuk voor het zuigen van gladde, harde vloerbedekking. Er zijn verschillende typen combinatiemondstukken te onderscheiden. Ook de reinigende werking die van de verschillende typen uit gaat kan grote verschillen vertonen.

Na het combinatiemondstuk zijn de meest gebruikte mondstukken de zuigende borstelwals en de elektrisch aangedreven zuigborstel. (zie figuur 3.3.2 en 3.3.3) De zuigende borstelwals is dusdanig geconstrueerd dat door een extra luchtstroom de borstelwals aangedreven wordt; zo ontstaat een roterende borstelwals. Bij de elektrisch aangedreven zuigborstel wordt de borstelwals om een horizontale as met een hoog toerental door een kleine elektromotor rondgedraaid. Met name bij het zuigen van textielfloerbedekking kan dit hulpstuk betere diensten bewijzen dan een combinatiemondstuk.



Door de borstelwerking wordt een deel van de wat dieper liggende vuildeeltjes omhoog geworpen, zodat ze met de andere vuildeeltjes door de luchtstroom meegenomen worden. Ook haren en pluizen blijken goed te worden verwijderd. Het uiterlijk van pooltapijten wordt door deze borstelbehandeling eveneens verbeterd, indien de bewerking tenminste in één richting in evenwijdige banen plaats vindt. Dan wordt de vleug in één richting gelegd, wat een rustig reflectiebeeld geeft van het tapijtoppervlak.

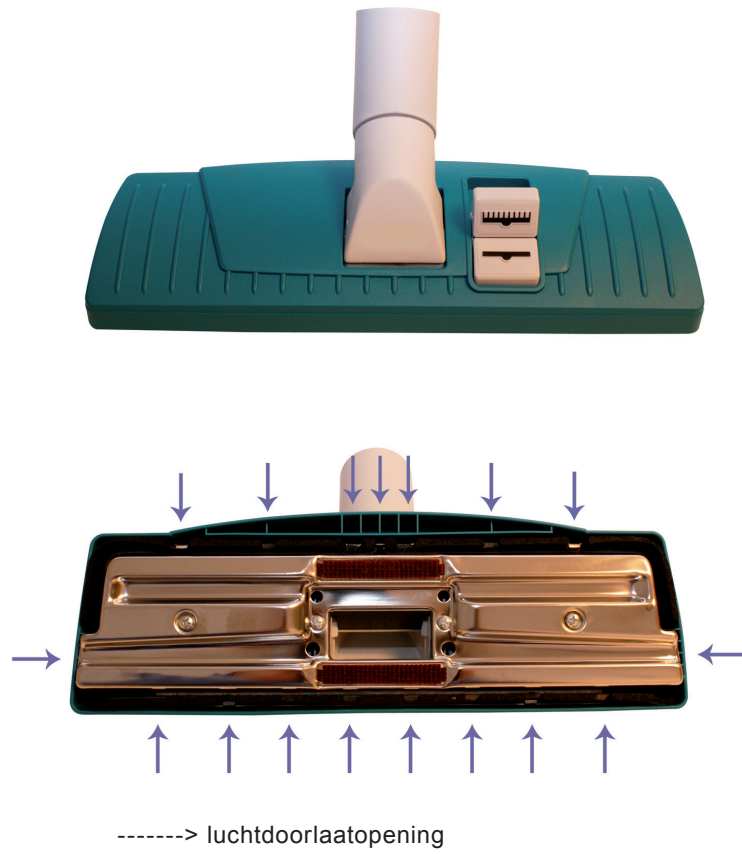
De voordelen van de elektrisch aangedreven zuigborstel boven een combinatiemondstuk gelden ook voor de zuigende borstelwals. Uit tabel 3.1.1 blijkt geen duidelijk verschil tussen het algemeen reinigend effect van de zuigende borstelwals en het algemeen reinigend effect van de elektrisch aangedreven mondstuk. Een uitgebreid vergelijkend onderzoek tussen beide mondstukken kan aantonen of er een verschil tussen het algemeen reinigend effect aanwezig is. In de literatuur zijn echter geen resultaten van een dergelijk onderzoek gevonden.

De nieuwste ontwikkelingen met betrekking tot mondstukken zijn mondstukken met speciale rollen en glijzolen. Deze rollen en/of glijzolen zijn toegevoegd met als doel dat de benodigde duwkracht bij onveranderd hoge stofopname in de regel gehalveerd wordt. In de praktijk wordt dit doel echter nog niet verwezenlijkt. De benodigde duwkracht wordt wel aanzienlijk minder, maar de mechanische werking en daarmee de stofopname wordt eveneens minder dan bij 'normale' zuigmonden. (13)

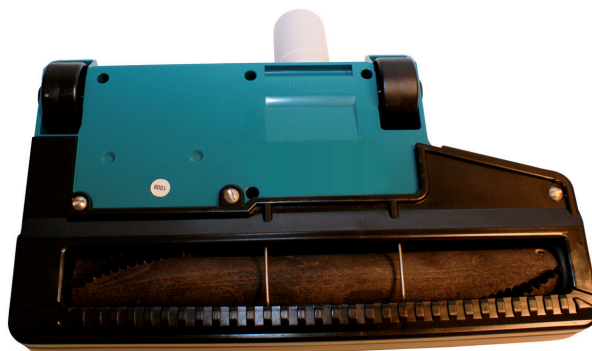
Een ouderwets type zuigmond die misschien in de praktijk nog wel gebruikt wordt is de (al of niet elektrisch aangedreven) klopborstel. Deze borstel heeft naast een borstelende werking ook een klopwerking. De klopwerking is alleen van nut voor het loskloppen van zand. In de praktijk blijkt de reinigende werking van een dergelijke zuigmond minder te zijn dan van een elektrisch aangedreven borstelzuigmond. (13)

Naast bovengenoemde mondstukken wordt voor bijzondere omstandigheden gebruik gemaakt van bijzondere mondstukken zoals een klein mondstuk (voor het zuigen van traptreden) en een spleetzuiger (voor het schoonzuigen van kieren en voegen). Bij beide mondstukken neemt het zuigvermogen meestal af omdat de stromingsweerstand groter is dan van 'normale' mondstukken. De onderdruk neemt toe en de kans op vastzuigen aan het te reinigen oppervlak wordt groter.

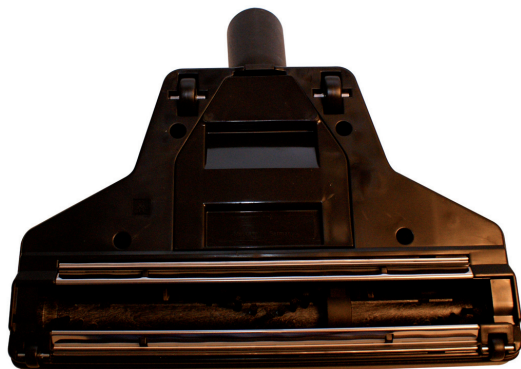
figuur 3.3.1: een combinatiemondstuk



figuur 3.3.2: onderzijde elektrisch aangedreven borstelmondstuk



figuur 3.3.3: onderzijde zuigende borstelwals



Bij de vervaardiging van een stofzuiger wordt over het algemeen een type mondstuk aangesloten dat afgestemd is op het apparaat. Tijdens gebruik van een stofzuiger met een nieuw mondstuk zal  $P_z$  in figuur 3.1.3 zich enigszins rechts van het maximale zuigvermogen bevinden.

Door het gebruik van het mondstuk treedt slijtage op. Vooral bij het combinatiemondstuk zullen de haren van de borstel slijten. Door deze slijtage wordt de effectieve opening (de totale luchtdoorlaat, zie figuur 3.3.1) van het mondstuk kleiner en wordt de weerstand groter. Door deze verkleining van de luchtdoorlaat en de vergroting van de weerstand verschuift  $P_z$  in figuur 3.1.3 naar links.  $P_z$  wordt groter en zal op een gegeven moment de maximale  $P_z$  bereiken: de stofzuiger heeft dan het grootste zuigvermogen. De slijtage van het mondstuk gaat echter door en  $P_z$  blijft zich daarom naar links verschuiven. Nadat  $P_z$ -maximaal gepasseerd is zal het zuigvermogen, door de slijtage van het mondstuk, blijvend afnemen.

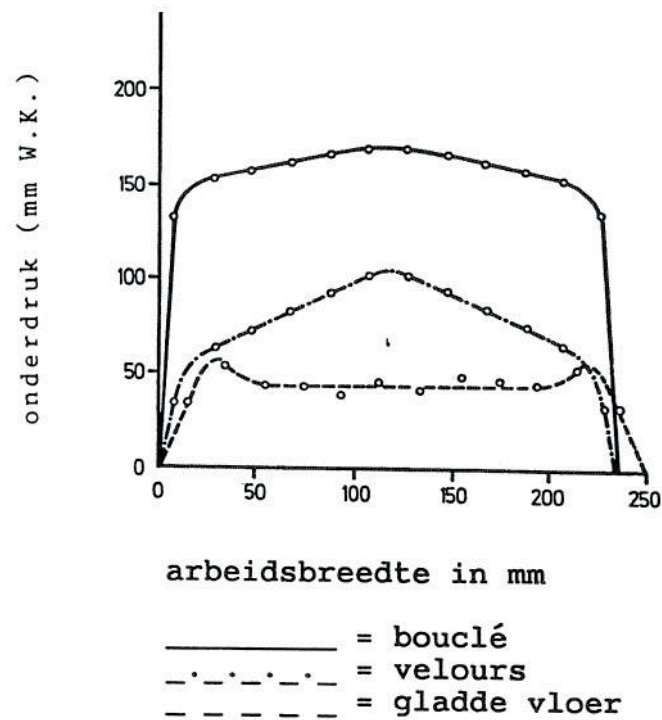
Het kan verstandig zijn om ten behoeve van het zuigvermogen eens in de zoveel tijd het mondstuk te vervangen. Na hoeveel tijd deze vervanging plaats moet vinden hangt onder andere af van de kwaliteit van de borstelharen. Nergens in de literatuur is beschreven hoe snel borstelharen slijten en wat hiervan de exacte gevolgen zijn voor het zuigvermogen.

Een relatie tussen de duwkracht en de effectiviteit van een stofzuiger is niet direct te leggen. Bij gelijke duwkracht kan het zuigvermogen nogal verschillend zijn. Reden hiervoor is dat de zuigende borstelwalsen en de elektrisch aangedreven borstelmondstukken breder zijn dan het combinatiemondstuk. In bepaalde situaties is de effectieve werking van de eerste twee genoemde mondstukken groter, terwijl de benodigde duwkracht hierbij kleiner is dan bij het combinatiemondstuk.

Onderzoeken door het REFA-Instituut (Duitsland, Berlijn) hebben getoond dat testpersonen bij het zuigen op verschillende tapijtsorten een duwkracht tussen 14 en 20 N als optimaal ervaren. (9) Dit feit heeft niet direct iets met de effectiviteit van het stofzuigen te maken. Indirect zou hier toch een relatie gezien kunnen worden: indien een schoonmaker kan stofzuigen met de voor hem/haar optimale duwkracht, dan kan het gevolg hiervan zijn dat het stofzuigen langer vol te houden is. Enige onderzoeksresultaten naar dit verband zijn niet bekend.

Een relatie tussen heersende onderdruk bij het mondstuk enerzijds en de verschillende typen vloerbedekking anderzijds is wel te leggen. Zie figuur 3.3.4.

Figuur 3.3.4: onderdrukverdeling in combinatiemondstuk bij verschillende typen vloerbedekking



Bij gebruik van hetzelfde mondstuk blijkt de onderdruk in het mondstuk het hoogst tijdens het zuigen van bouclétapijt en het minst hoog tijdens het zuigen van een gladde vloer. De onderdruk tijdens het zuigen van velourstapijt ligt tussen beide in. (zie figuur 3.3.4)

Uit paragraaf 1 van dit hoofdstuk bleek dat bij iedere stofzuiger een optimale onderdruk hoort. Bij verschillende typen vloerbedekking is dan het gebruik van verschillende typen mondstukken aan te raden, omdat dan steeds bij het maximale zuigvermogen kan worden gewerkt.

### 3.4. DE INVLOED VAN DE KETEL, DE STOFZAK EN DE FILTER OP HET REINIGINGSEFFECT

Aan filters worden twee tegenstrijdige eisen gesteld:

- 1) de filter reinigt de met stof en vuil aangezogen lucht.
- 2) de filter heeft een zo klein mogelijke luchtweerstand.

Dus een hoge zuigprestatie en een schone uitgeblazen lucht worden tegelijkertijd verlangd. Een compromis is te verkrijgen door:

- plaatsing van meerdere filters achter elkaar.
- toepassing van geschikt filtermateriaal.
- een goede aansluiting van de filters. (12)
- het filteroppervlak zo groot mogelijk te houden.
- een aerodynamische luchtstroom die het vuil voor het filter afscheidt.

#### Filtersysteem van 1-motorige bedrijfsstofzuigers

Het algemeen gangbare filtersysteem voor 1-motorige bedrijfsstofzuigers is als volgt.

De eerste filter bestaat uit de stofzak, de tweede uit een 'metaal'-filter (ook wel: textielfilter) en de derde uit een schuimrubber filter voor de motor. Wat betreft de stofzak, deze kan uit verschillende materialen bestaan en kan ook weggelaten worden. Hierop komen we later terug. Het 'metaal'-filter is een textiele filter waarin kleine deeltjes metaal verwerkt zijn. De schuimrubber hoes dient ter bescherming van de motor.

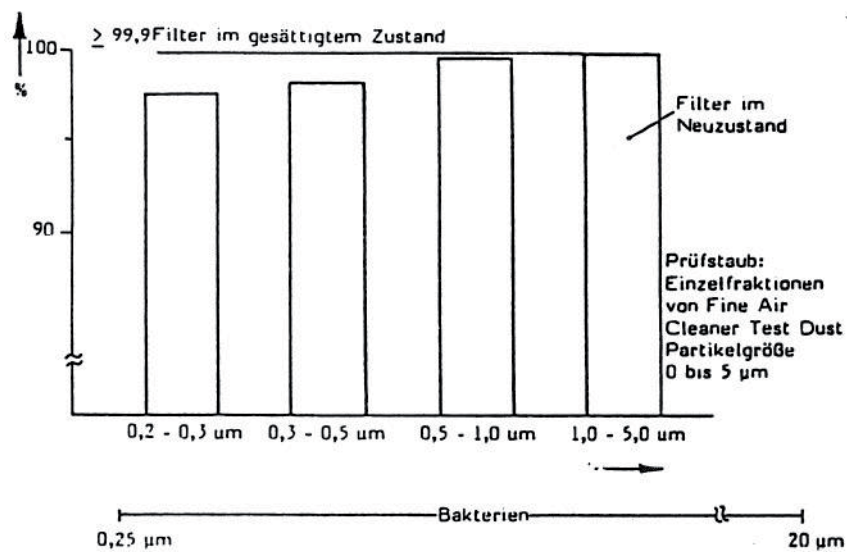
In een enkel geval wordt voor de metaalfilter in de plaats een zogenaamd elektreetfilter geplaatst. Gebruik van de elektreetfilter biedt voordelen boven het gangbare filtersysteem. Hierover later meer.

#### Filtersysteem andersoortige stofzuigers

Bij meer-motorige bedrijfsstofzuigers, of liever, industriële stofzuigers wordt veelvuldig gebruik gemaakt van de elektreetfilter. Verder wordt ook gebruik gemaakt van een filtersysteem welke uit vier verschillende onderdelen bestaat. Voor dit filtersysteem worden verschillende termen gebruikt, zoals onder ander 'de absoluut-filter' en 'de hygiëne-filter'. Voor het gemak wordt dit filter in dit rapport 'de vier-traps-filter'. Ondanks dat dit filtersysteem niet bij (1-motorige) bedrijfsstofzuigers wordt toegepast, willen we toch een paar woorden kwijt over dit systeem, omdat het mogelijk is dat in de toekomst wel voor dit systeem gekozen gaat worden.

#### Het vier-traps-filtersysteem

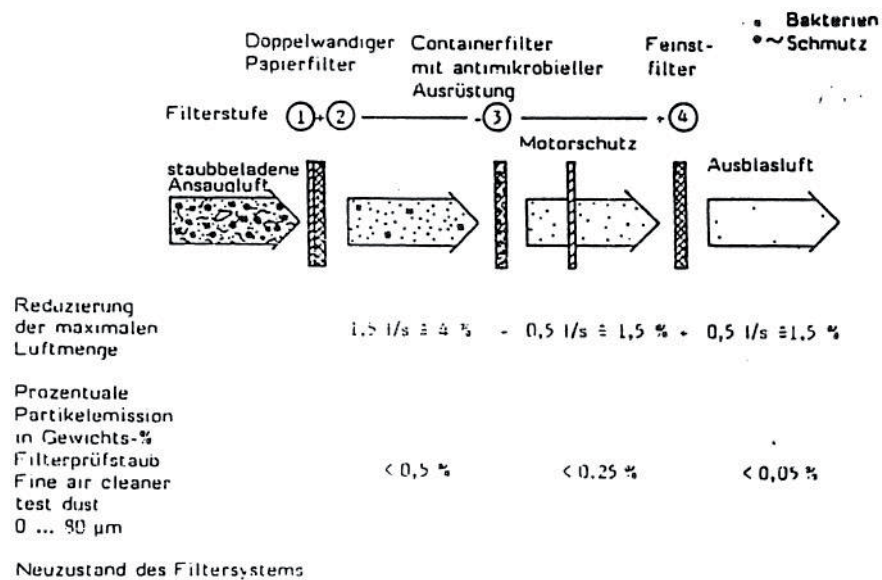
Figuur 3.4.1 laat zien wat de capaciteiten zijn van een bedrijfsstofzuiger met een vier-traps-filtersysteem. Als proefstof werd "fine-air cleaner test dust" gebruikt. Stof met een grootte van 1 tot 5  $\mu\text{m}$  werd met 99,8% uitgefilterd, stof met een grootte van 0,2 tot 0,3  $\mu\text{m}$  werd met 97,4% uitgefilterd. Daarmee kan gezegd worden dat bijna alle bacteriën uitgefilterd worden (8).



Figuur 3.4.1

De weergave op figuur 3.4.1 geldt voor stofzuigers met het vier-traps-filtersysteem in nieuwe toestand. Na wat langer stofzuigen worden de poriën van het filter deels afgesloten en de uitfilteringsgraad verhoogt zich diensgevolge. Stof van 0,3 µm wordt dan met 99,9% uitgefilterd.

Figuur 3.4.2.: Het vier-traps-filtersysteem

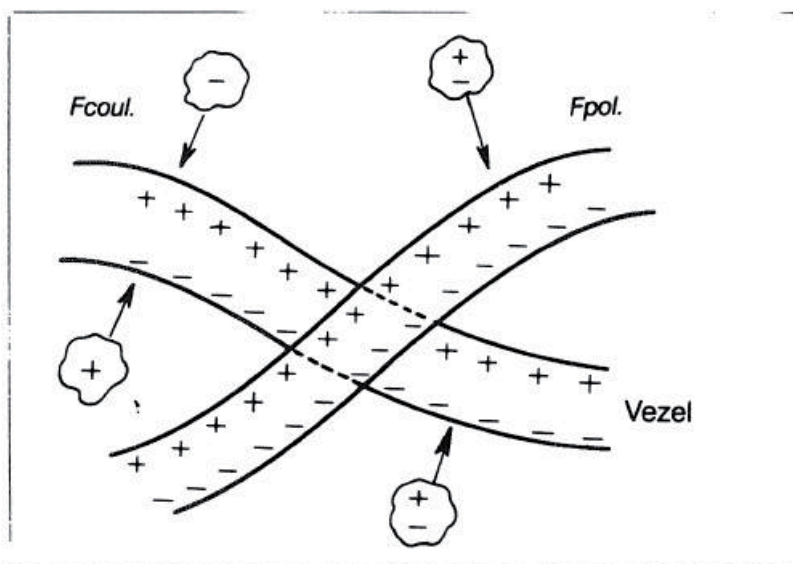


Met bovenstaand schets is het grondprincipe van een vier-traps-filtersysteem uitgelegd. Het verschil met het conventionele filtersysteem is dat een vierde filter is geplaatst. Deze vierde filter heeft een grotere filtercapaciteit dan de vorige drie filters. Echter door deze vierde filter te plaatsen, wordt de luchthoeveelheid in liters per seconde met 1,5% verminderd. Dit heeft tot gevolg dat het zuigvermogen afneemt. Echter ondanks dat het zuigvermogen afneemt blijft het reinigingseffect bij gebruik van de vierde filter groter dan zonder gebruik van de vierde filter.

### De elektreetfilter

De elektreetfilter is een nieuw type filter, samengesteld uit elektreetvezels. De elektreetvezels bevatten zowel negatieve als positieve ladingen.

Figuur 3.4.3 geeft de aantrekking van stofdeeltjes over grote afstand door de permanent geladen elektreetvezels weer. De twee geladen deeltjes aan de linkerkant worden door een coulomb-kracht aangetrokken, terwijl de twee ongeladen deeltjes rechts in dipolen worden omgezet en door een polarisatie worden aangetrokken.



Figuur 3.4.3.

De combinatie van de elektreten met de positieve én de negatieve ladingen in het filter brengt een elektrostatisch veld teweeg, dat een sterke diepte-filtratie tengevolge heeft. Daardoor is de werking van deze filter uniek, vergeleken bij conventionele vezelfilters die uitsluitend een mechanische vangst van deeltjes vertonen.

De elektrische filter heeft een lage luchtweerstand, door een open structuur. De open structuur van de filter wordt mogelijk gemaakt, doordat de elektrostatische krachten tot op grote afstand van de geladen vezels efficiënt deeltjes verwijderen uit de luchtstroom. Het zuigvermogen neemt bij gebruik van elektreetfilters dus niet af. (13)

Bij vergelijking tussen het elektreetfilter en het gebruik van het vier-traps-filter-systeem moet gesteld worden dat bij elektreetfilters de filtercapaciteit groter is en het zuigvermogen niet afneemt, zodat het reinigend effect groter is.

Deze vergroting van het reinigend effect is sterker bij de "lichte" elektreetfilters met een hogere lading en een lage vezeldichtheid, dan bij de "zware" elektreetvezels met een relatief lage elektrische lading en een hoge vezeldichtheid. De extreem hoge uitfilteringsgraad van het lichte elektreetfilter neemt echter sterk af na verloop van tijd. Namelijk, door de afzetting van stof tegen de vezels gaat de elektrische aantrekkingskracht verloren. De structuur van de vezels blijft echter open, zodat het mechanisch afvangen van stof matig resultaat heeft. De extreem hoge uitfilteringsgraad van 99,9% kan op deze manier dalen tot 30%. De functie van het filteren herstelt zich langzaam weer, omdat er steeds meer stof tussen de vezels blijft hangen. De uitfilteringsgraad wordt dan weer hoog, de exacte hoogte is ons niet bekend. Vanaf het moment dat het lichte elektreetfilter dit punt bereikt heeft, zal het langer duren voordat zij verstopt is dan bij het "gewone" textielfilter. Mits men de tijdelijke matige uitfiltering voor lief neemt, zal een elektreetfilter minder snel vervangen te hoeven worden dan een textiel(metaal)filter. (De Haan, CPM-TNO, 1990)

### De stofzak

De stofzak is tot nog toe genoemd als één van de filters. De grootste functie van een stofzak is echter het opvangen en verzamelen van stof en vuil.

Stofzakken kunnen van verschillend materiaal vervaardigd zijn:

Papier: Goede papieren stofzakken zijn duur. Zij hebben weliswaar het voordeel dat zij bij het legen geen probleem geven omdat zij met het stof worden weg-gegooid.

Katoen: Glad of licht geruwd heeft afhankelijk van de fijnheid van het weefsel nog een goed filtrerend vermogen waaraan het stof aan de buitenkant in verhouding goed hecht. Sterk geruwd katoen heeft een groter filtrerend vermogen dan glad of licht geruwd, maar is echter moeilijker te reinigen omdat het stof dieper in het katoen hecht.

Nylon: Nylon heeft een goed filtrerend vermogen, een goed oppervlak waaraan het stof slecht hecht en door licht schudden neervalt. Dit materiaal kan zonder meer worden gewassen en droogt zeer snel, zodat de zak direct weer gebruikt kan worden. (12)

Hoe groter het stofzuigapparaat, des te groter het volume van de stofzak. Voorwaarde voor de goede zuigwerking is dat de stofzak vrij van de ketelwand geplaatst wordt, zodat de lucht goed door de wand van de stofzak kan stromen. (9)

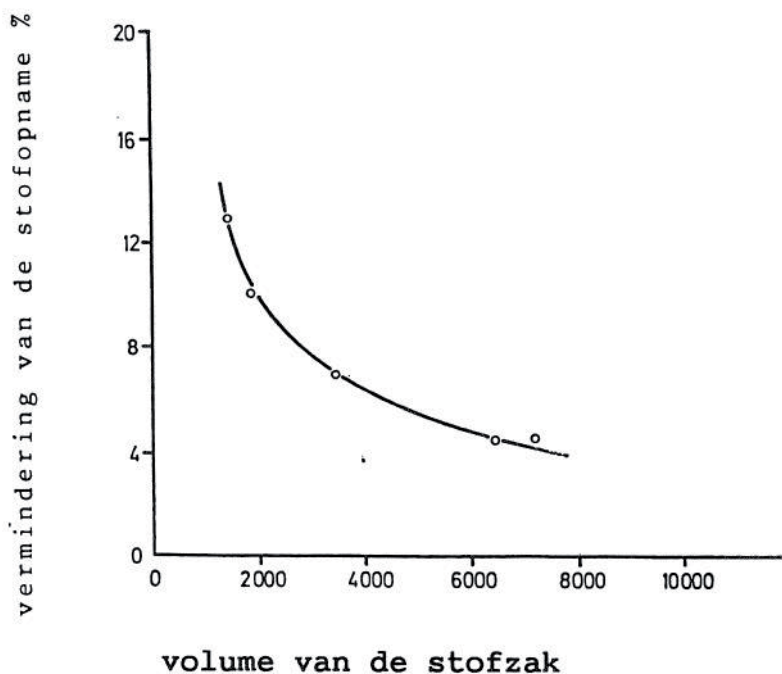
Figuur 3.4.4. laat zien wat de stofopname is bij apparaten met stofzakken van verschillend volume (Hoe meer volume des te groter het oppervlak van de stofzak). Bij alle apparaten werd hiertoe 300 gram proefstof gebruikt.

De functie van het opvangen en verzamelen van stof en vuil door de stofzak, kan bij bedrijfsstofzuigers overgenomen worden door de ketel. Aan het stofzuigen zonder stofzak zijn zowel voor- als nadelen verbonden. Een nadeel is dat de filterwerking van de stofzak vervalst. De filterwerking van de stofzak is echter vrij gering in vergelijking met de overige filters. Een ander nadeel is dat de overige filters sneller zullen vervuilen, zodat deze filters sneller gereinigd of vervangen moeten worden dan bij gebruik van een stofzak.



Het werken zonder stofzak wordt voordelig voor ketelstofzuigers waarbij de slangaansluiting bovenin de zijwand van de ketel en de waaier midden boven is geplaatst. De ketel is groot, waardoor de luchtsnelheid in de ketel veel kleiner is dan in de slang. Aanzuig- en afblaasrichting staan hier loodrecht op elkaar. Door de plaatsing van de luchttoevoer bovenin de ketel zal de lucht in de ketel gaan draaien. Deze cyclonische werking heeft tot gevolg dat het stof en vuil eerst tegen de zijkant vliegt om vervolgens op het midden van de bodem neer te vallen. Het voordeel van deze cyclonische werking (indien geen stofzak wordt gebruikt) is dat het zuigvermogen slechts in geringe mate door het vullen van de ketel beïnvloed wordt en daarbij heeft de stofzuiger zijn grootste stofcapaciteit, dat wil zeggen de ketel kan vrijwel volledig worden gevuld.

Bij het gebruik van een stofzak blijkt het zuigvermogen af te nemen met de vulingsgraad van de ketel; de totale vulcapaciteit is verminderd. De mate waarin hangt onder ander af van het soort vuil en het soort machine.



Figuur 3.4.4.

#### De technische aansluiting van filters

Van tijd tot tijd moet ieder type filter vervangen worden. Een stofzak moet daarbij het meest frequent vervangen worden. Door fabrikanten wordt aangeraden om bij iedere vijfde keer dat stofzak vervangen wordt, tevens het filter vervangen wordt. Of dit in alle gevallen ook daadwerkelijk nodig is, kan in discussie getrokken worden. Waar in ieder geval op gelet moet worden is dat ieder filter goed geplaatst wordt, zodat deze optimaal kan functioneren.

### 3.5. DE INVLOED VAN DE SLANG EN ZUIGBUIS OP HET REINIGINGSEFFECT

De voornaamste eigenschappen van de slang en zuigbuis die de effectiviteit van het stofzuigen beïnvloeden zijn: de grootte van de diameter, de lengte van de slang en zuigbuis, de gladheid van de binnenkant van de slang, de aanwezigheid van een zuigkrachtregelaar.

Indien de slang verlengd wordt, verandert de grootte van de luchtstroom, de onderdruk in de stofruimte blijft daarentegen vrijwel gelijk. Over het algemeen geldt hoe korter de slang, des te groter het zuigvermogen. Door ergonomische factoren zal iedere slang toch aan een minimum lengte moeten voldoen. De lengte van de zuigbuis is van weinig invloed op het zuigvermogen.

Hoe gladder de binnenzijde van de slang, des te minder snel zal de slang verstopt raken.

Met een zuigkrachtregelaar welke zich vaak op de slang bevindt kan men de onderdruk verminderen, door lucht de slang binnen te laten stromen via een andere opening dan het mondstuk. Het voortschuiven van het mondstuk kost dan minder energie. Het openzetten van de zuigkrachtregelaar kan zowel een positieve als een negatieve invloed hebben op het zuigvermogen. Indien bij een gesloten zuigkrachtregelaar het mondstuk zich "vastzuigt" aan de vloer dan is het openstellen van de zuigkrachtregelaar meestal positief voor het zuigvermogen.

### 3.6. DE INVLOED VAN HET STOFZUIGTEMPO OP HET REINIGINGSEFFECT

Bij stofzuigers bedoeld voor huishoudelijk gebruik geldt dat hoe sneller men zuigt, des te minder vuil opgezogen wordt. In tegenstelling tot huishoudstofzuigers is bij ketelstofzuigers de snelheid van het stofzuigen relatief van weinig invloed op de hoeveelheid stof dat van het tapijt opgezogen wordt. (Corfield, 1981)

Dientengevolge worden de kosten voor schoonmaakonderhoud geminimaliseerd bij het aanhouden van de hoogst mogelijke snelheid, waarbij effectief contact tussen mondstuk en tapijt nog gerealiseerd wordt. In praktijk is 1,5 m/sec de beste zuigsnelheid. (3) (zie tabel 3.6.1)

tabel 3.6.1: effect van de stofzuigsnelheid bedrijfsstofzuiger op hoogpolig Wilton tapijt:

zuigsnelheid m/s	stofopname g/m <sup>2</sup>	kostenfactor*
0.25	166.3	1.20
0.50	164.8	0.61
1.00	121.3	0.41
1.50	138.3	0.24

bron: "Economic cleaning of soft floorcoverings", M.C. Corfield, Camraso, Leeds, 1981.

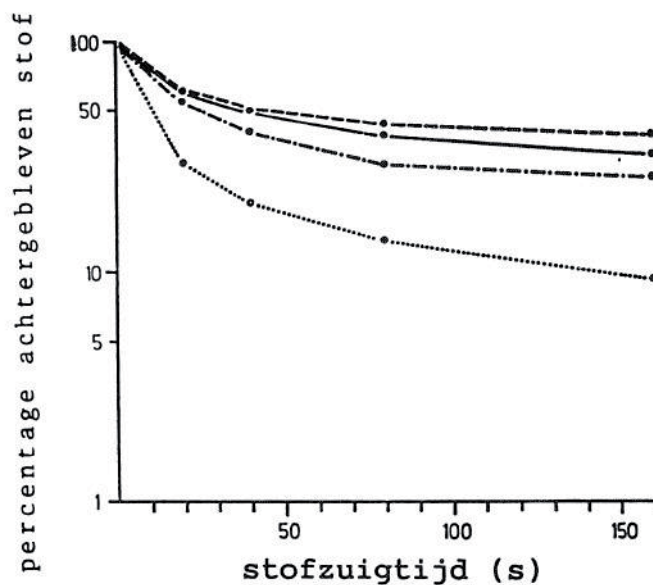
\* kostenfactor = tijd die benodigd is om het vuilniveau op het tapijt te verminderen met een constante hoeveelheid; i.e. 1 gr/m<sup>2</sup>.

Een optimale stof- en vuilverwijdering wordt echter bereikt bij 0,5 m/s. Bij een zuigsnelheid van 1,5 m/s wordt weliswaar meer stof per tijdseenheid wordt opgepikt, maar er blijft wel meer stof achter in het tapijt dan wanneer men meer tijd neemt voor het stofzuigen. (persoonlijk mededeling dr Foegt)

### 3.7. DE INVLOED VAN HET TE ZUGEN TYPE VLOERBEDEKKING OP HET REINIGINGSEFFECT

Het reinigingseffect van een stofzuiger is sterk afhankelijk van het te reinigen type vloerbedekking. In het algemeen geldt dat daar waar lucht door het tapijt kan stromen, ook een goed reinigingseffect bereikt kan worden. Dit geldt voor niet vastgenageld en luchtdoorlaatbaar tapijt zonder een dichte rugconstructie. Alle andere vormen van textiele vloerbedekking worden slechts in meer of mindere mate oppervlakkig gereinigd, waarbij de structuur van de pool en de natuur van de vezels van invloed is. Voor velourstapijt geldt dat borstelstofzuigen een beter reinigend effect heeft dan stofzuigen met een combinatiemondstuk. Het verschil in reinigingseffect tussen verschillende soorten bouclétapijt en verschillende soorten velourstapijt staat in figuur 3.7.1 duidelijk geïllustreerd.

figuur 3.7.1: Kinetiek van de opname van (gestandaardiseerd en ingewalst) stof door een stofzuiger na stofzuigen van verschillende vloerbedekkingen.



----- = wolvelours,      -.-.-.-.- = naald-bouclé  
 \_\_\_\_\_ = Perlonvelours,      ..... = bouclé

Bij bouclétapijt was het aandeel van het teruggewonnen stof in beide gevallen duidelijk groter dan bij beide velourstapijten. Niet alleen bij het terugwinnen van stof werkt het stofzuigen van bouclé effectiever. Uit tabel 3.7.1 blijkt dat hetzelfde geldt voor het opzuigen van draden.

Tabel 3.7.1.: "de van de zachte vloerbedekking per stofzuigbeurt verwijderde hoeveelheid draden in % van de aangebrachte totale hoeveelheid draden"

stofzuig- beurten	combinatie			zuigend borstel-			motorisch borstel-		
	mondstuk			walsmondstuk			mondstuk		
	N	V	B	N	V	B	N	V	B
1	40	41	84	100	97	100	89	87	91
2	44	50	96		100		97	100	100
3	46	55	96				100		
4	59	56	100						
5	60	57							
6	64	60							
7	66								
8	69								
9	69								
10	70								

N = naaldvilt    V = velours    B = bouclé

bron: Jokelainen et al, 1980

Tabel 3.7.2 toont dat de grondstof en de leeftijd van de te reinigen vloerbedekking invloed heeft op het reinigingseffect.

tabel 3.7.2.

Tapijtmateriaal		teruggewonnen deel van het aangebrachte proefstof	
		los bevuild	ingewalst
		(%)	(%)
nieuw	wol	60,60	47,32
	nylon	58,95	37,83
	dralon	58,15	38,84
	wol/kunststof	58,45	43,84
ingelopen	wol	72,00	46,40
	nylon	72,52	51,36

Bron: Rotter, 1975.

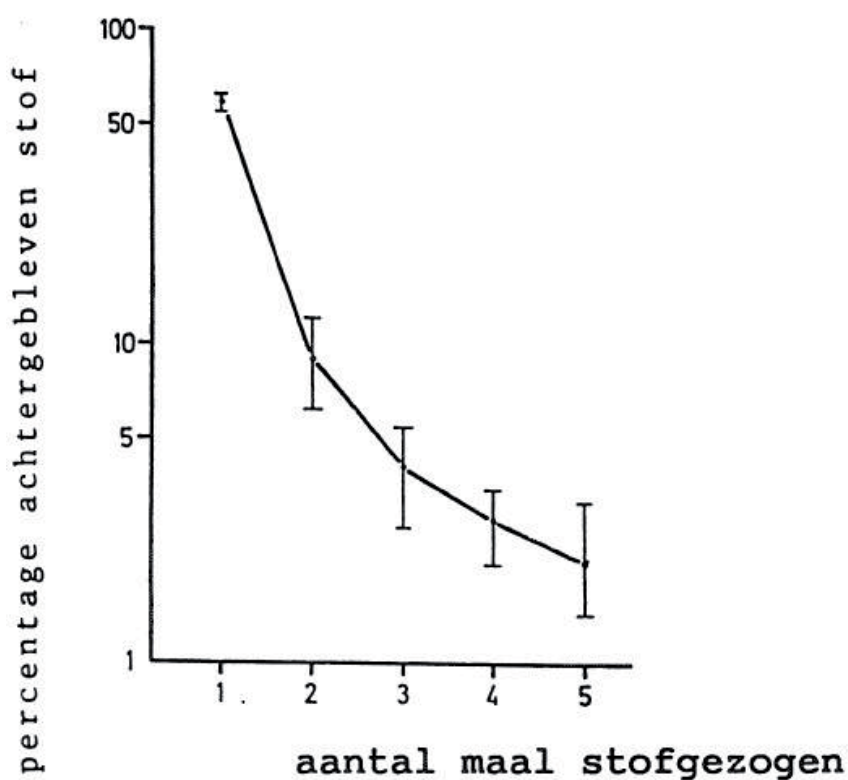
Ingelopen tapijt is minder "open" en werkt bij los opgebracht stof eerder als een gladde vloerbedekking, het stof is daarom makkelijker te verwijderen dan uit nieuw tapijt. Wordt het stof echter in de "gesloten" pool getrapt, dan laat het zich (in ieder geval bij wollen tapijt wegens zijn sterke vervilting) net zo moeilijk verwijderen als uit nieuw tapijt. De bevuilingsgraad van het tapijt in de zin van het stofgehalte verandert het terugwinningpercentage nauwelijks (Wiggert 1966a). Evenzo heeft de relatieve luchtvochtigheid (Friedrichs et al. 1970) geen duidelijke invloed op de reinigingswerking van de stofzuiger.

### 3.8. DE INVLOED VAN HET OP TE ZUIGEN TYPE VUIL OP HET REINIGINGSEFFECT

In deze paragraaf wordt de effectiviteit van het stofzuigen bij het opzuigen van stof, zand, draden en rafels beschreven.

Een vergelijking tussen figuur 3.7.1 en 3.8.1 doet vermoeden dat stof dat nog niet de pool ingetrapt is zich gemakkelijker laat verwijderen dan stof dat wel de pool ingetrapt is.

Figuur 3.8.1: kinetiek van de opname van los aangebracht stof door de stofzuiger na meerdere malen stofzuiden van één proefstuk tapijt.



Dit laat zich door de onderzoeksresultaten van Friedrichs die in tabel 3.7.1 staan ook nog eens bewijzen.

De snelheid waarmee draden opgezogen kunnen worden is enerzijds afhankelijk van het type stofzuiger, maar nog sterker afhankelijk van het soort tapijt (6) in combinatie met het type mondstuk dat gebruikt wordt. Uit tabel 3.1.1 blijkt dat bij een vilten tapijt welke gezogen wordt met een combinatiemondstuk (zie figuur 3.3.1) de draden relatief slecht verwijderd worden, dat wil zeggen dat er relatief veel tijd nodig is voor de verwijdering. Bij bouclé- of vilten tapijt welke gezogen worden met een zuigende borstelwals worden de draden relatief goed verwijderd.

Uit tabel 3.1.1 valt af te lezen dat het reinigingseffect van zand uit tapijt sterk beïnvloed wordt door de korrelgrootte van het zand. Daarnaast is het reinigingseffect van zand eveneens afhankelijk van het te zuigen tapijt in combinatie met het gebruikte mondstuk (zie tabel 3.1.1). Bij een vilten tapijt welke met een elektrisch borstelmondstuk gezogen wordt, zal zand relatief goed verwijderd worden, terwijl bij een bouclétapijt welke met een zuigende borstelwals behandeld wordt het zand relatief slecht verwijderd wordt.

Wat betreft rafels: deze laten zich slecht verwijderen door een stofzuiger. (6)

## 4. METEN VAN DE EFFECTIVITEIT

Aan de hand van de IEC (International electro technical commission) publication 312 "methods of measurement of performance of vacuum cleaners for household and similar use" kan voor alle ketelstofzuigers de effectiviteit van het stofzuigen bepaald worden. Hiertoe geeft IEC-312 een beschrijving van de volgende tests:

- stofverwijdering van tapijten;
- stofverwijdering van harde/gladde vloerbedekking;
- stofverwijdering van harde vloerbedekking met spleten en scheuren;
- schoonmaken onder meubels;
- stofverwijdering langs muren;
- draadverwijdering van tapijten;
- rafelverwijdering van tapijten;
- maximaal bruikbaar volume van de stofzak;
- stofverwijdering bij gedeeltelijk gevulde stofzak;
- stofafgifte door stofzuiger;
- bewegingsweerstand;
- maximum onderdruk;
- maximum luchtverplaatsing per tijdseenheid;
- maximaal zuigvermogen.

Naast tests voor de effectiviteitsbepaling van het stofzuigen worden ook tests beschreven voor het bepalen van het geluidsniveau, de duurzaamheid en het maximum werkbereik van de stofzuiger.

Het merendeel van de tests die in de norm IEC-312 staan beschreven zullen in een conditioneerruimte plaats moeten vinden (temperatuur 20 Graden Celsius, R.V. 65%). Daarnaast zal de te meten stofzuiger een tijd aan moeten staan alvorens met metingen begonnen kan worden.

Met behulp van bovengenoemde tests kan de doelmatigheid van stofzuigers gemeten worden en daarmee is deze norm ook geschikt voor vergelijkingen van de doelmatigheid tussen verschillende typen stofzuigers.

Naast het testen van de doelmatigheid kan deze norm ook waardevol zijn voor onderzoek aan stofzuigers, zoals bijvoorbeeld het VSR-onderzoek "effectiviteit van stofzuigen bij verschillende stofzuigfrequenties" juni 1990.





## 5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Het werkingsprincipe en de constructie van een stofzuiger is voor alle stofzuigers in grote lijnen gelijk. Een turbine zuigt lucht uit een vrijwel geheel gesloten ruimte (de stofruimte) waardoor daarin een onderdruk ontstaat. Via een luchtinlaat wordt lucht naar de stofruimte gezogen. In de verschillende onderdelen van een stofzuiger wordt luchtweerstand opgewekt, zodat de onderdruk in het mondstuk groter wordt. Er ontstaat een evenwichtstoestand, waarbij het aantal liters lucht dat per seconde verplaatst wordt, past bij de grootte van de onderdruk in het mondstuk. De ligging van het evenwicht bepaalt de grootte van het zuigvermogen. De grootte van het zuigvermogen is niet voor alle stofzuigers gelijk.

De effectiviteit van het stofzuigen (het reinigingseffect door het stofzuigen) wordt bepaald door het zuigvermogen en door andere factoren. Het zuigvermogen is direct afhankelijk van de constructie van de stofzuiger, dus van het motorvermogen, de waaiers, het mondstuk, de ketel, stofzak en filters, de stofzuigerslang en de zuigbuis. Andere factoren zijn voornamelijk: snelheid van het zuigen door persoon, type te zuigen vloerbedekking, type te zuigen vuil en mechanische werking van de zuigmond.

Wat betreft het motorvermogen geldt voor kleinere en middelgrote ketelstofzuigers dat de stofopname na het bereik van 800 Watt nog slechts weinig toeneemt. Er bestaan echter wel grote verschillen tussen verschillende stofzuigers met eenzelfde motorvermogen. Het verschil in zuigkracht tussen twee verschillende stofzuigers met een zelfde motorvermogen kan 30% zijn. De oorzaak van dit verschil moet gezocht worden in verschillen tussen mondstuk, ketel, stofzak, filters, stofzuigerslang en zuigbuis en waaiers. Over laatstgenoemde is geen relevante literatuur gevonden, zodat in dit rapport de waaiers buiten beschouwing zijn gelaten.

Er bestaat niet één mondstuk dat in alle omstandigheden het beste is voor de effectiviteit van het stofzuigen. De beste keuze is afhankelijk van de omstandigheden: het zuigvermogen ( $P$ ) gemeten aan het einde van de stofzuigerslang van een bepaalde stofzuiger en de te zuigen vloerbedekking.

Teneinde de effectiviteit van het stofzuigen zo optimaal mogelijk te houden kan het zinnig zijn om een mondstuk te vervangen alvorens de gehele stofzuiger te vervangen. Een relatie tussen de te leveren duwkracht enerzijds en de effectiviteit van het stofzuigen anderzijds is niet te leggen.

Aan een filter worden twee tegenstrijdige eisen gesteld. Enerzijds de met stof en vuil aangezogen lucht reinigen en anderzijds een zo klein mogelijke luchtweerstand bereiken.

Het gangbare filtersysteem voor bedrijfsstofzuigers bestaat uit een stofzak, een textiel(of metaal) filter en een schuimrubber filter voor de motor. In een enkel geval wordt het textielfilter vervangen voor het elektreetfilter. Het gebruik van een textielfilter kan zowel voor- als nadelen hebben boven het gebruik van een elektreetfilter.

Indien de technische aansluiting van de stofzak slecht is, kan dit nadelig zijn voor het zuigvermogen en daarmee voor de stofopname.

Over het algemeen geldt, hoe groter de stofzak (en daarmee het filteroppervlak) des te groter is de luchtsnelheid en des te beter wordt Pz-maximaal benaderd. Aan stofzuigen zonder stofzak zijn zowel voor- als nadelen verbonden. Kleine nadelen zijn: de filterwerking van de stofzak vervalt en de overige filters vervuilen sneller en moeten daarom sneller gereinigd of vervangen worden dan bij gebruik van een stofzak. Het voordeel van werken zonder stofzak is dat het zuigvermogen slechts in geringe mate door het vullen van de ketel beïnvloed wordt en daarbij heeft de stofzuiger zijn grootste stofcapaciteit. Voor ketelstofzuigers waarvan de inlaatopening recht tegenover de waaier (de uitblaasrichting) is geplaatst geldt dat het gebruik van een stofzak wordt afgeraden. De stofzak zal namelijk snel dichtslaan.

De voornaamste eigenschappen van de slang en zuigbuis die de effectiviteit van het stofzuigen beïnvloeden zijn: de grootte van de diameter, de lengte van de zuigbuis, de gladheid van de binnenkant van de slang, de aanwezigheid van een zuigkrachtregelaar.

Verlenging van de zuigbuis heeft een negatieve invloed op het zuigvermogen. Hoe gladder de binnenzijde des te minder snel zal de slang verstopt raken, en des te minder weerstand wordt opgewekt wat in dit geval beter is voor het zuigvermogen.

Voor wat betreft het reinigend effect staat 0.5 m/s bekend als de beste stofzuigsnelheid. Echter voor wat betreft de kostenfactor staat 1,5 meter per seconde bekend als de beste stofzuigsnelheid. Met andere woorden: indien men 1,5 meter per seconde zuigt wordt de meeste vuil per tijdseenheid verwijderd en indien men 0,5 m/s zuigt wordt de meeste vuil per oppervlakte-eenheid verwijderd.

De te zuigen ondergrond heeft grote invloed op de effectiviteit van het stofzuigen. Niet alleen de grondstof van de vloerbedekking is van belang, maar ook de constructie en de leeftijd van de vloerbedekking hebben invloed op de stof- en vuilopname. Wollen tapijt laat zich effectiever stofzuigen dan kunststof tapijt, bouclétapijt laat zich effectiever stofzuigen dan velourstapijt en ingelopen tapijt laat zich effectiever stofzuigen dan nieuw tapijt.

Stof dat nog niet de pool ingetrapt is laat zich gemakkelijker verwijderen dan stof dat al wel de pool ingetrapt is.

De snelheid waarmee zand verwijderd wordt is sterk afhankelijk van de korrelgrootte van het zand, het te zuigen type vloerbedekking en het gebruikte type mondstuk.

De snelheid waarmee draden verwijderd worden is eveneens afhankelijk van het te zuigen type vloerbedekking en het gebruikte type mondstuk. Rafels laten zich met een stofzuiger relatief slecht verwijderen.

Ter ondersteuning van bovenstaande conclusies zijn in hoofdstuk 3 meerdere kwantitatieve gegevens weergegeven in de vorm van figuren en tabellen.

Met behulp van de norm IEC-312 kan de doelmatigheid van stofzuigers gemeten worden en daarmee is deze norm ook geschikt voor vergelijkingen van de doelmatigheid tussen verschillende typen stofzuigers.

Naast het testen van de doelmatigheid kan deze norm ook waardevol zijn voor onderzoek aan stofzuigers, zoals bijvoorbeeld het VSR-onderzoek "effectiviteit van stofzuigen bij verschillende stofzuigfrequenties" juni 1990.



## 6. AANDACHTSPUNTEN VOOR AANKOOP EN ONDERHOUD BEDRIJFSSTOFZUIGERS

Dit afsluitende hoofdstuk dient als handleiding voor de aankoper en de gebruiker van bedrijfsstofzuigers.

Zoals uit de titel van dit hoofdstuk al blijkt zal alleen ingegaan worden op aankoop- en onderhoudspunten welke direct betrekking hebben op de effectiviteit van het stofzuigen.

### 6.1. AANKOPEN MET ALS DOEL: EFFECTIEF STOFZUIGEN

Tijdens het verloop van deze literatuurstudie hebben wij steeds meer sympathie gekregen voor de nu volgende uitspraak:

"The least important reason for selecting a particular vacuum cleaner is the cost of the machine. It can be shown that for any machine the cost of the equipment represents only a small percentage of the total cost of using the machine throughout its useful life. Labour is by far the biggest element" (E.M. Brown, Leeds, 1985).

Naast bovengenoemde 'aankooptip' volgen nu nog enkele punten welke in overweging genomen kunnen worden bij de aankoop van een bedrijfsstofzuiger.

Wat betreft de relatie reinigingswerking en 'het vermogen' wordt naar vermoeden te vaak gekeken naar het elektrisch vermogen van de motor. In plaats van naar het motorvermogen te kijken is het beter om direct te bekijken hoe groot het zuigvermogen (= het effectief vermogen) is, want daar gaat het tenslotte om. Het is mogelijk dat een stofzuiger met 1100 Watt motorvermogen een kleiner zuigvermogen heeft dan een stofzuiger met 1000 Watt motorvermogen.

Het eenvoudig mee kunnen nemen en verwisselen van de accessoires met de machine stimuleert het gebruik ervan. Bijvoorbeeld machines met een materiaalnek, die dan aan de machine bevestigd wordt. Hierdoor kan de machine op efficiënte wijze gebruikt worden.

Bij sommige typen stofzuigers zijn lampjes ingebouwd die gaan branden als de stofzak 3/4 vol is. Verder bestaan er ook stofzuigers met een beveiliging met een ventiel, dat wordt geopend als de stofzak vol is, waardoor de aangezogen lucht niet meer via zuigmond en stofzak loopt.

Voor ketelstofzuigers waarvan de inlaatopening recht tegenover de waaier (de uitblaasrichting) is geplaatst geldt dat het gebruik van een stofzak niet aan te raden is. De filter zal namelijk snel dichtslaan.

Ook bij meer professionele stofzuigers kunnen wegwerp stofzakken worden toegepast. Ze hebben echter nadelen: vermindering van de stofcapaciteit en verlaging van het zuigvermogen naarmate de filterzak meer gevuld wordt.

Indien de lengte van de zuigslang en zuigbuis in de praktijk een persoonlijke aanpassing behoeft, moet de volgende stelregel in acht genomen worden.

Verlenging of verkorting van de zuigbuis heeft geen invloed op het zuigvermogen van de stofzuiger. Verlenging van de slang heeft een geringe negatieve invloed en verkorting van de slang heeft een geringe positieve invloed op het zuigvermogen van de stofzuiger.

Een ketelstofzuiger die uitgerust is met het elektreetfilter heeft, in vergelijking met het gangbare filtersysteem (d.w.z. een metaalfilter i.p.v. elektreetfilter) een bijzonder schone uitgeblazen lucht. Daarnaast blijft gedurende de elektrostatische werking van het filter het zuigvermogen hoog. Met andere woorden: het elektreetfilter zorgt voor een betere reinigende werking dan het metaalfilter. Echter de elektrostatische werking van het elektreetfilter is relatief van korte duur.

## **6.2. ONDERHOUD EN DE EFFECTIVITEIT VAN HET STOFZUIGEN**

Hieronder volgt een bloemlezing over het onderhoud dat benodigd is voor het behoud van het maximaal mogelijk reinigingseffect van stofzuigers. Dit onderhoud bestaat uit het regelmatig controleren en reinigen van de zuigmond, de stofzak, de filters en de zuigslang en -buis.

Het onderhoud van zuigmonden bestaat uit regelmatig (dagelijks) reinigen en tijdig vervangen van de gebruikte zuigmond, zodoende kan een slecht reinigingseffect worden vermeden.

Filters moeten af en toe worden vervangen; elektreetfilters laten op den duur grotere stofdeeltjes door, terwijl gewone filters verstopt raken/dichtraken. Aangeraden wordt om elektreetfilters voor toepassing in andere ruimten dan medische ruimten iedere zes maanden te vervangen. Daarnaast wordt aangeraden om de filters regelmatig 'droog' te reinigen, bijv. door zuigen.

Stofzakken moeten tijdig worden vervangen. Dat mag niet later gebeuren dan het moment waarop de stofzak voor 3/4 is gevuld. Op dat moment is hij vol. Te volle stofzakken kunnen scheuren en veroorzaken daardoor in de zuigmotor een vervuiling die aan reinigingstijd veel meer kost dan het vervangen van een stofzak. Bij het verwisselen van de stofzak komt nogal wat stof vrij.

Daarom moet dit bij voorkeur in een daartoe geschikte ruimte worden uitgevoerd. Om te voorkomen dat een schoonmaker onder het werk de stofzak vol heeft, is het beter om een stofzak op vaste tijden te verwisselen. Bij een regelmatig zuigprogramma is dit goed mogelijk. Tevens voorkomt dit de noodzaak om steeds het apparaat te openen om de hoeveelheid stof te controleren. Want ook daarbij kan veel stof vrijkomen. Dit neemt niet weg dat het een goede zaak is wanneer altijd een reserve stofzak in de ketel aanwezig is.

Bij stofzuigers waarbij geen stofzak gebruikt wordt hoeft het verzamelde stof minder frequent verwijderd te worden, omdat de ketel een grotere stofcapaciteit heeft (bij onverminderd zuigvermogen) dan een willekeurige stofzak. De filters daarentegen zullen regelmatig gereinigd moeten worden.

De conditie van de slang moet regelmatig gecontroleerd worden. Een slechte conditie van de slang en slangaansluitingen, bijv. scheurtjes in de zuigslang, heeft een slechte prestatie van de machine tot gevolg. Evenals de slang dient ook de stang gecontroleerd te worden op aankoecken van vuil. (5)





# LITERATUUR

1. Brown, E.M., An introduction to carpet cleaning, WiraPRINT, Leeds, 1985.
2. Consumers Association, "Vacuum Cleaners", Which, mei 1990, p. 276-279.
3. Corfield, M.C., Economic cleaning in soft floorcoverings, Summary report, CAMRASO, Leeds, 1981.
4. Jokelainen, A., A. Kinnarinen, "Die Reinigung von textilen Bodenbelägen von Schmutzteilchen mit verschiedenen Staubsaugern", Reinigung, 1980, no. 7, p.19-26.
5. Liem, H., "Reinigingsmachines, Stofzuigers", in: Handboek Interne en Civiele Diensten, november 1984, p. B1522.1-15.
6. Rotter, M., Die hygiene des Teppichbodens, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1975.
7. Saelman, L.A., Reinigingstechnieken in de groothuishouding, Kluwer, Deventer, 1975.
8. Schwamborn, D., P. Esser, Abschlussbericht zum Untersuchungsvorhaben, A. Schwamborn kg, Wangen(Duitsland), Juni 1988.
9. Schetelig, dr ing H., Entwicklungstendenzen bei Bodenfleegeräten, Bosch-Siemens, Giengen/Brenz, 1988-1990.
10. Schimmel, drs F.M., Techniek in gezins- en groothuishouding, Kluwer, Deventer, 1981.
11. Statens Husholdningsråd, Råd & Resultater, Stovsugere, Kopenhagen, 1988.
12. Trainingscentrum voor Reiniging Gebouwen Bennekom, Bibliotheek Hogeschool Diedenoort, Wageningen.
13. Turnhout, Dd.Ir. J. van, "Ontwikkeling Elektreetstoffilters", documenta tieblad 564, CPM-TNO, Delft.

