

Thomas Carlsson

Jan Fransson

Dammutsläpp vid dammsugning

Abstract

According to the public opinion in Sweden vacuum cleaners can negatively influence the indoor environment. The main problem is particles generated from the vacuum cleaners. An allergic person in Sweden can get a certificate from a medical adviser, where it says that the person needs a central vacuum cleaner. The certificate gives the allergic person right to an allowance for the costs related to installing a central vacuum cleaner.

The objective with this project has been to evaluate particle levels for different vacuum cleaning system.

Measurements have been made in the laboratory and in dwellings. The following results were achieved.

- There is an agreement between the test results from laboratory tests and the tests in the dwellings.
- The conventional (not HEPA) filtersystem in the vacuum cleaners had a great influence on particles less than 0,5 μm .
- The contribution of particles from a good portable vacuum cleaner with HEPA-filter is similar to the one from a central vacuum cleaner.
- The technical documentation regarding particle emission is poor from manufacturers of vacuum cleaners.

SP

SP AR 1994:38
ISBN 91-7848-497-9
ISSN 0284-5172
Borås 1994

Swedish National Testing and Research Institute

SP AR 1994:38

Postal address:

Box 857, S-501 15 BORÅS,
Sweden
Telephone +46 33 16 50 00
Telex 36252 Testing S
Telefax +46 33 13 55 02

Innehållsförteckning

Abstract

Innehållsförteckning

Förord

Sammanfattning

1 Inledning

- 1.1 Bakgrund
- 1.2 Målsättning
- 1.3 Genomförande
- 1.4 Vad är damm och hur påverkas vi av det

2 Metoder

- 2.1 Partikelutsläpp från dammsugare (labprov)
- 2.2 Dammsugare som luftrenare
- 2.3 Mätning av partikelnivåer i samband med städning (fältprov)
- 2.4 Luftprovsmätning på mätstubbar
- 2.5 Kontroll av vattenmedryckning i utblåsluften från dammsugare med vattenfilter

3 Testade dammsugare

4 Testlägenhet för provning av dammsugare

5 Resultat

- 5.1 Partikelutsläpp från dammsugare (labprov)
- 5.2 Dammsugare som luftrenare
- 5.3 Bakgrundsvariationer av partikelhalten i testlägenhet (fältprov)
- 5.4 Ventilationens inverkan på partikelnivån
- 5.5 Ökning av partikelhalten i rum vid dammsugning (fältprov)
- 5.6 Resultat från stubbmätningar
- 5.7 Tidskonstanter för olika partikelfraktioner efter dammsugning (fältprov)
- 5.8 Inköp- och driftskostnad för de testade dammsugarna
- 5.9 Resultat från prov av vattenmedryckning i utblåsluften från dammsugare med vattenfilter

6 Diskussion

- 6.1 Deklarera partikelemissionen från dammsugarna enhetligt
- 6.2 Dammsugningssystem och ventilationssystem
- 6.3 Varför ser vi ingen skillnad mellan dammsugarna för större partiklar
- 6.4 Resultaten från testerna entydiga
- 6.5 Viktigt med bra filter i ventilationssystemet

7 Slutsatser

8 Vad behöver utredas ytterligare

9 Referenser

Bilaga

Förord

Riksförbundet mot Allergi och Astma har finansierat denna undersökning om olika dammsugningssystem. Vi (SP) uppskattar det samarbete som vi haft med RmA när det gäller att genomföra projektet.

Till projektet knöts en styrgrupp. Gruppen har haft följande sammansättning

- Marianne Jarl, RmA
- Kristina Hirsch, Borås Lasarett
- Ulla Dahlqvist, Borås Lasarett
- Gunbritt Sandström, Konsumentverket
- Stefan Björestam, Konsumentverket
- Annika Ekstrand-Tobin, SP
- Jan Fransson, SP
- Thomas Carlsson, SP

Vi ber att få tacka styrgruppens medlemmar för de synpunkter som man bidragit med, vilket har medverkat till att få ett bra resultat från undersökningen.

För utvärdering av rumsluftens innehåll har Camfil bistått med partikelanalys av luftprover. Den som var involverad från Camfils sida var Lars Westlund

Förtjänstfulla insatser för labprovningdelen har Per Jacobsson stått för.

Undertecknade vill härmed ta tillfället i akt och tacka alla inblandade som har medverkat till denna rapport.

Sammanfattning

Allergiutredningen samt ett flertal artiklar beskriver konventionella dammsugare som dammspridare där dammsugare återför en stor del av dammet till rummet. Genom intyg från läkare har allergiker i vissa fall kunnat erhålla bostadsanpassningsbidrag för installation av centraldammsugare.

Målsättningen med detta projekt har varit att utvärdera dammutsläpp vid olika system för dammsugning.

Mätningar av dammutsläpp på ett antal dammsugare har utförts i laboratorium och i bostäder.

Följande resultat erhöles

- Resultaten från labprov överensstämmer med resultaten från mätning i bostad
- För små partiklar mindre än $0.5 \mu\text{m}$ erhålls en tydlig skillnad mellan dammsugarna.
- För större partiklar $0.5 \mu\text{m}$, uppmättes ingen skillnad mellan dammsugarna
- Partikeltillskottet är likvärdigt från bra portabla dammsugare och centraldammsugare
- Det saknas enhetlig teknisk dokumentation av dammsugarna

I detta projekt har studerats partikelhalter vid olika dammsugningssystem. Ett fortsatt arbete borde utreda skillnader mellan partikeltyper från de olika dammsugningssystemen.

Dammutsläpp vid dammsugning

Inledning

1.1 Bakgrund

I sitt slutbetänkande framhåller allergiutredningen vikten av god inomhusmiljö. En rad åtgärder rekommenderas för att försöka bryta den trend av successiv ökning av de allergiska sjukdomarna, som föreligger sedan en följd av år.

Bland de åtgärder som rekommenderas kan nämnas förbättrad städning i såväl offentlig- som hem miljö och förberedelse av installation av centraldammsugare vid nybyggnad.

Allergiutredningen samt ett flertal artiklar har beskrivit konventionella dammsugare som dammspridare där dammsugare återför en stor del av dammet till rummet. Detta har resulterat i att genom intyg från läkare har allergiker i vissa fall kunnat erhålla bostadsanpassningsbidrag för installation av centraldammsugare.

Ett antal undersökningar har försökt visa på respektive dammsugartyps fördelar. Resultaten är dock motsägelsefulla vilket bl a lett till att ett antal läkare har ifrågasatt om det går att utfärda en rekommendation om val av dammsugare.

SP har sedan 1991 utfört prov av dammutsläpp från dammsugare. Resultatet visar på stora skillnader mellan olika dammsugare och man kan därför inte tala om konventionella dammsugare som en homogen grupp. Jämförelser mellan centraldammsugare och portabla konventionella dammsugare blir därför helt olika beroende på vilken dammsugare man jämför mot.

Det är viktigt att dessa frågor kartläggs då stora kostnader kan besparas både den enskilde och samhället om tillräcklig kunskap förvärvas. En fortlöpande provning av dammsugares egenskaper i dessa avseenden tjänar också syftet att förbättra konstruktionen av dammsugare och därmed förbättra inomhusmiljön.

1.2 Målsättning

Projektets målsättning är att utvärdera dammutsläpp vid olika system för dammsugning.

1.3 Genomförande

Projektet har indelats i fyra olika faser

- Inledande problemanalys.
- Mätning av dammutsläpp i laboratorium.
- Fältmätning av dammutsläpp och partikeluppvirvling.
- Avslutande analys av resultat.

Ett mindre antal portabla dammsugare (4 st) valdes ut för mätning av dammutsläpp. Mätningarna gjordes på följande typer av dammsugare: utan speciell reningsteknik, med vattenavskiljning och med mer avancerad reningsteknik Hepa filter.

Ytterligare en dammsugarfabrikant (AEG) bekostade med egna medel sin medverkan i projektet. Denne tillverkare bidrog med två dammsugare.

Avsikten var att särskilja dammsugare med olika effektiv rening. För att underlätta jämförelserna i fältförsök gjordes även mätningar på rumsluft för att erhålla en avskiljningsgrad baserad på partikelkoncentration före och efter dammsugaren.

1.4 Vad är damm och hur påverkas vi av det?

Inomhusdamm är en sammansättning som varierar beroende på om man befinner sig i stadsmiljö, glesbygd eller inom ett industriområde. Dammet kan indelas i två huvudtyper: Lätt damm utgör små partiklar vilka hålls svävande under lång tid innan det deponeras på fria ytor. Detta damm består av lerpartiklar, bakterier, hudepitel och vissa mögelsvampar. Tyngre damm antar mer form av ulliga dammråttor som man finner i hörn och under sängar. Det består av större jordpartiklar, textilfibrer, små djur som kvalster, svampsporer, pollen och hår.

Dammet kan beskrivas som en mycket komplex biotop med ett ingående samspel mellan dess olika beståndsdelar. Exempelvis så spelar några mögelarter en viktig roll för nedbrytningen av textila fibrer och döda kvalster varefter bakterier kan ta vid.

Partiklar anses allmänt ha en storlek av 0,01-1000 μm (1 μm = 1/1000 mm).

Enskilda partiklar med en storlek av $> 10 \mu\text{m}$ kan man se då det råder goda ljusförhållanden [8]. Partiklar $< 10 \mu\text{m}$ kan man enbart se då det finns högre koncentration (typ tobaksrök, 0,01-1 μm).

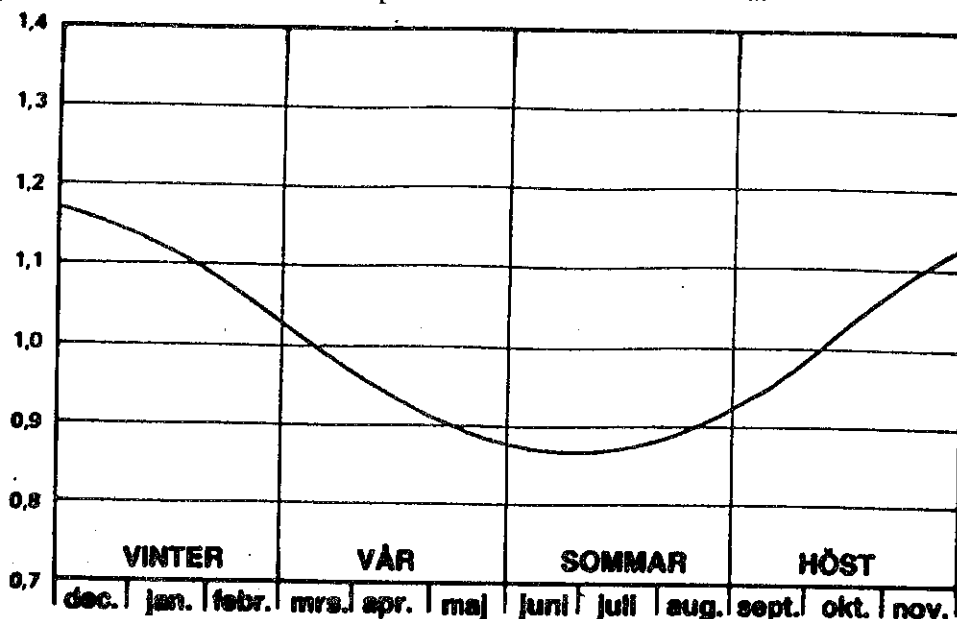
Partiklar som är $> 10 \mu\text{m}$ faller snabbt ned, (fallhastighet $\approx 0,3 \text{ m/min}$ [2]). Partiklar med en storlek av 1-10 μm kan däremot hålla sig svävande längre perioder beroende på hur kraftiga luft rörelserna är.

I rum med människor och där det finns kontinuerlig luftväxling förblir partiklar, med en storlek av 2 μm och mindre, svävande (inandningsbara) [2].

Trots att partiklar, $< 1 \mu\text{m}$, utgör ca 99,9 % av det totala antalet partiklar så utgör dessa bara ca 30 % av alla partiklars massa. Vid viktbestämning av partiklar så kommer man därför att få ett stort inflytande från ett fåtal stora jämfört med de många små partiklarna. För att minimera denna risk så kan man storlekssortera partiklarna innan man gör viktbestämningen. Ofta används då ett 2,5 μm filter för att t ex studera den respirabla fraktionen av ett allergen.

En partikel kan i sig själv vara en förorenare eller en bärare av en förorening. Ett exempel på där partikeln är en förorenare är asbetsfibrer. Exempel på föroreningar som kan bäras med av partiklar är allergener från katt, hund eller råttor. Cancerogena ämnen (tobaksrök), gaser (radon, formaldehyd) eller metaller är andra exempel på föroreningar som kan bäras med partiklar.

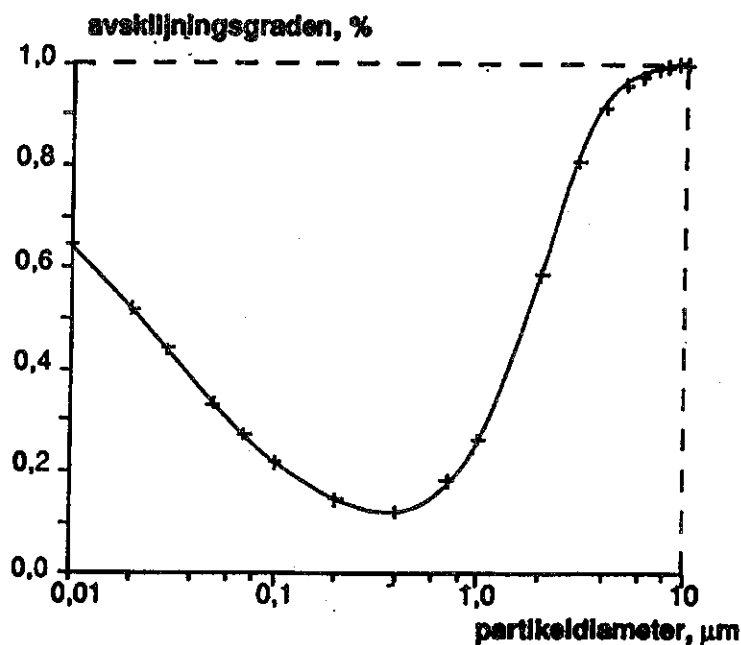
Den största enskilda partikelkällan utomhus kommer från förbränning (biltrafik samt uppvärmning). Naturligt förekommande partiklar i uteluften kommer från sand och jord samt från växtriket. Halten partiklar varierar med årstiderna.



Figur 1.4 Variation av stofthalten ($<100 \mu m$) utomhus över ett år, [8].

Exempel på källor till partiklar inomhus är textilier, städning, djur och människor, motorer, byggnadsmaterial, matlagning och förbränning. Partikelhalten i inomhusluften ($<1 \mu m$) är fyra gånger större i tätorter jämfört med annan omgivning [9]. Partiklar som är $>2 \mu m$ alstras huvudsakligen inomhus där aktiviteten är avgörande [10].

Partikelavskiljningen i andningsapparaten vid andning genom näsan fördelar sig enligt diagrammet nedan.



Figur 1.5 Avskiljningsgraden i andningsapparaten som funktion av partikelstorleken. Källa KTH Stoftanalys nr 1-2:1992

Som framgår av bilden så är avskiljningen sämst för partiklar med en storlek av 0,3 μm . Skadligheten hos partikeln kan till viss del bero på storleken. Många små partiklar ger en stor yta. I de fall föroreningen sitter på ytan av partikeln medför en stor yta en högre exponering av föroreningen. De mindre partiklarna kommer dessutom längst ner i andningsapparaten där borttransporteringstiden är som längst.

Källor till allergiska reaktioner bärs ofta med partiklar. I tabell 1.4 nedan ges en sammanställning på de mest kända.

Tabell 1.4. Källa till allergi - riskfaktorer.

Källa till allergi - riskfaktorer
Pollen
Bakterier
Sporer (mögel)
Katt (<i>Fed dI</i>)
Hund (<i>Can fI</i>)
Kvalster (<i>Der pI, Der fI, Der mI</i>)
Kvalsterexkrementer
Tobaksrök

Den högsta koncentrationen av kattallergen återfinns på mjäll och hår [5] vilka båda är större än ca 200 μm .

Pollen är normalt stora partiklar. Vissa undersökningar har dock visat att dessa kan sönderdelas i partiklar mindre än 1 μm , [1]. Kvalster är normalt stora partiklar som ej är luftburna. Den återfinns företrädesvis på partiklar större än 10 μm [5].

För att hålla en låg föroreningsnivå så är första steget att försöka reducera källan. I hem med hund och katt uppmäts höga koncentrationer allergen på 1 000 - 1 000 000 ng/g damm. Det sprids dessutom genom att det lätt deponeras i kläder och möbler. Allergen kvarstår därför en lång tid trots det att källan tagits bort. Direkta eller indirekta kontakter med djurägare har därför ofta större betydelse än städning för exponeringen för djurallergiker [3]. Höga koncentrationer återfinns inom offentlig miljö. Nivåer av allergen på 1 000 ng/g damm eller mer har här visat sig vara normala [2].

Kattallergen är ett protein och storleken för ett enskilt kattallergen bestäms av proteinets storlek. Men allergenet fäster ofta på en partikel. Detta medför att kattallergen kan ha en minsta storlek från en molekyl men att det inte finns någon övre gräns.

Ett björkpollen (storlek \approx 25 μm) är bärare av ett allergen. Men trots att så stora partiklar avskiljs i näsan (se figur 1.5) av vår andningsapparat medföra de stora problem för en allergiker.

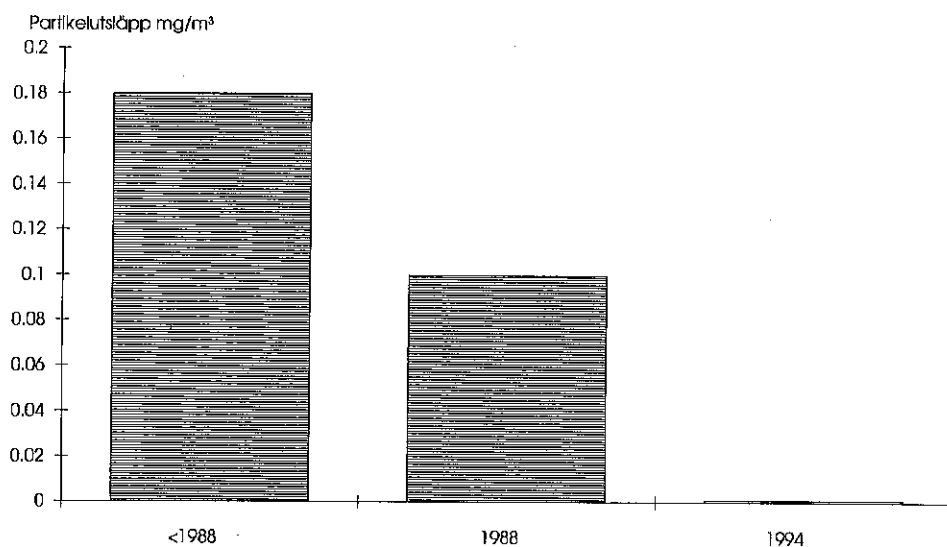
Man kan därför inte påstå att ett allergen har en bestämd storlek. Men för att minska problemet med allergen i luften borde ett rimligt sätt vara att eliminera så många partiklar (bärare) som möjligt i luften. Färre partiklar i luften medför färre allergener i luften.

Det finns flera sätt att reducera antalet partiklar i luften. Exempel på utrustning för att reducera partikelinnehållet är filter (på tilluft och cirkulationsluft), rumsluftrenare och bra dammsugare. Effekterna m.a.p allergen vid bruk av rumsluftrenare och avancerade filter i ventilationssystemen är hittills ej utrett då mätmetoder för bestämning av allergen i luften saknas.

Dammsugarens främsta uppgift är att reducera deponerat damm på golvet. Dammupptagningsförmågan är därför traditionellt den egenskap som tidigare studerats mest. De senaste åren har dammsugarens förorenings-spridning allt mer aktualiserats. Följande frågeställning om partikelspridning är aktuell.

- Uppvirvling från dammsugarmunstycke.
- Uppvirvling från person som dammsuger.
- Uppvirvling från liggande slang.
- Uppvirvling från utblås.
- Utsläpp från dammsugare.

Portabla dammsugare får allt bättre täthet och filter. Vad som är konventionellt idag får i morgon en bättre prestanda. Vid olika konsumenttester så har dammutsläppet mellan olika dammsugare jämförts. Från dessa tester kan man se att partikelutsläppet minskat under de senaste åren. En tysk konsumenttidning gjorde en klassindelning av dammsugare under mitten av 80-talet. Den högsta klassen (minst utsläpp) fick dammsugare som släppte ut $< 0,18 \text{ mg damm/m}^3$ luft. Under 1988 sänkte man värdet för den högsta klassen till $< 0,10 \text{ mg/m}^3$. I denna undersökning som presenteras i denna rapport ligger den högsta klassen på ett utsläpp av $< 0,001 \text{ mg/m}^3$.

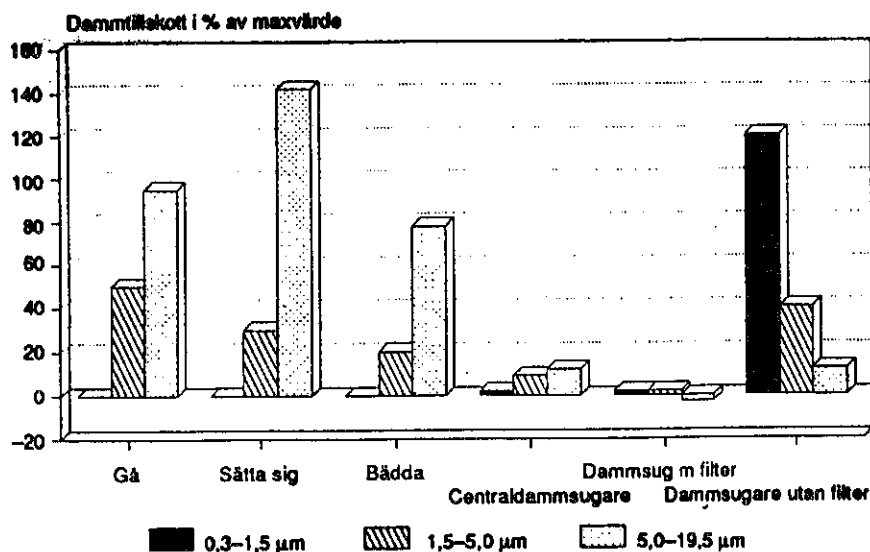


Figur 1.6. Klassindelning för partikelutsläpp under tre olika tidsperioder.

Men en bibehållen funktion kräver underhåll i form av påsbyte, filterbyte och att täthetsegenskaperna ej försämras. Dammsugare med avancerade filter har ofta en högre driftkostnad.

Genom effektiva filtersystem tas partiklarna större än $1\mu\text{m}$ nästan helt om hand. Studier av damm i Norska skolor har visat att 99 % av totala mängden damm uppsamlades i dammsugarpåsen, mindre än 1 % i efterföljande filter och en mycket liten del i mikrofilter. Det allergena innehållet fångades uteslutande upp i dammsugarpåsen. För damm i mikrofilter uppmättes däremot ingen allergen aktivitet [2].

Ett flertal undersökningar har visat på höga koncentrationer av partiklar vid andra aktiviteter som gå, eller bädda.



Figur 1.7 Dammängden i luft. Jämförelse mellan effekten av olika dammsugare och olika aktiviteter. [13]

Det är främst stora partiklar som då rörs upp [13]. Högsta koncentrationen uppmäts i anslutning till källan men en vanligt god approximation är att partiklarna sprids genom fullständig omblandning i rummet.

Tidigare studier av allergenspridning visar att kattallergen är en betydande faktor för allergiker. Denna allergen används därför ofta vid studier av dammsugare.

En undersökning finns presenterad i [5]. Damm från katter samlades in och sällades genom ett nät med 0,3 mm maskstorlek. Olika typer av dammsugare testades genom att sedan tillföra 15-20 g av dammet. Detta motsvarar ca 40-50 mg *Fel d I*. Läckaget mättes under 30 min i en provkammare (volymen=18 m³), med dammsugaren i drift under 15 min. Redovisat läckage genom dammsugaren av *Fel d I* var 0,2 - ca 100 ng/m³, median ca 10 ng/m³.

Ett av de viktigaste resultaten med en undersökning [5] är att den visar på den upplösning av allergen som äger rum i vattendammsugaren. Till skillnad från övriga dammsugarna uppmättes över 80 % av allergen i form av en aerosol av partiklar mindre än 2,5 µm. För övriga dammsugare dominerar partikelstorleken 2- 20 µm.

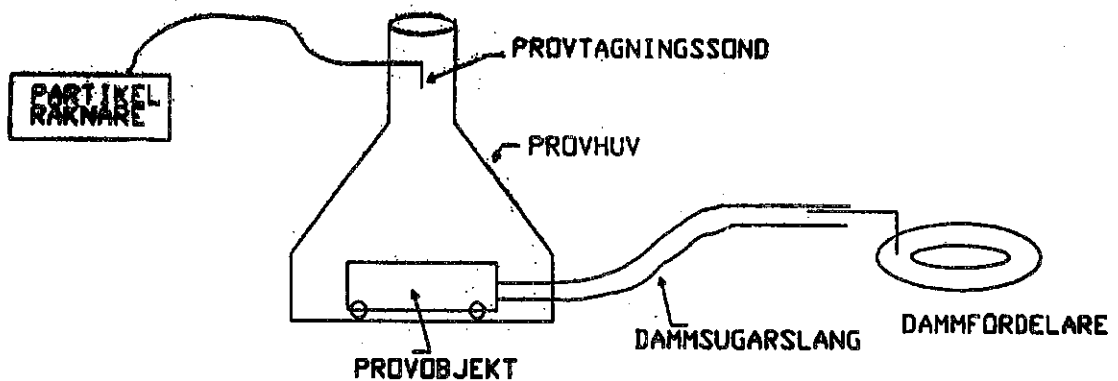
Tidigare studier av partikelspridning bekräftar denna undersöknings resultat, [7]. Partikelkoncentrationen under dammsugning var betydligt högre för en konventionell dammsugare utan avancerad filterteknik jämfört med centraldammsugare. Största skillnaden ca 230 % inträffade för partiklar mellan 0,27-1,17 µm. För partiklar 0,12-0,27 samt 1,17-3,42 µm var skillnaden dock mindre än 30 %.

2 Metoder

2.1 Partikelutsläpp från dammsugare (labprov)

Provningsförfarandet finns beskrivet i "Amendment to clause 17 of IEC 312 published on February 1993". Mätningen syftar till att fastställa hur mycket damm som avges per m^3 luft från en dammsugare. Dammsugaren kördes på sitt maxflöde och fick under en 2-minutersperiod suga upp damm. Dammets är av sand och av typen "Arizona fine dust". Mängden damm (normalt 2 g) som tillfördes dammsugaren bestämdes av hur stort flöde dammsugaren hade.

Under provet placerades dammsugaren i en liten provkammare med en utblåskanal. Dammets tillfördes genom sugslangen till dammsugaren. Antalet partiklar mättes med en partikelräknare i utblåskanalen.



Provuppställning vid labtest av dammsugare.

Mätningen påbörjades med en period av tio minuter där dammsugaren fick stå och konditioneras i provkammaren utan någon tillförsel av damm. Därefter tillfördes testdammets under en 2-minutersperiod utan att någon registrering av antalet partiklar gjordes. Detta syftar till att kontaminera dammsugaren inuti med testdammets. Alla prov gjordes med nya dammsugarpåsar eller nytt vatten i de fall detta var aktuellt. Efter det att dammsugaren hade kontaminerats med testdammets upprepades provet fem gånger. Under varje prov registrerades antalet partiklar för de olika fraktionerna i storleksintervallet $0,3 \mu m$ till $> 10 \mu m$.

Med kännedom om dammets densitet och partiklarnas storlek och antal, beräknades vikten av det utsläppta dammet. Resultatet presenterades som ett medelvärde från de fem mätningarna (mg/m^3).

För att jämföra dammsugarna inbördes användes en betygskala (likartad utformning som i Råd och Rön 5/94). Skalan har följande indelning

Tabell 2.1. Skala för klassning av partikelutsläpp från dammsugare

Betyg	Partikelutsläpp mg/m ³
+++	< 0,001
++	>0,001-0,010
+	>0,010-0,100
-	>0,100-0,200
--	>0,200-0,300
---	>0,300

2.2 Dammsugare som luftrenare

Dammsugarens partikelutsläpp med rumsluft utan dammtillförsel undersöktes. Mätningen syftar till att undersöka om dammsugaren gav ett tillskott av partiklar till inomhusluften eller om den reducerade partikelhalten. Dammsugaren placerades i samma provkammare som beskrivits i 2.1. Dammsugaren varmkördes i tio minuter utan att någon registrering av partiklar gjordes. Under tiden gjordes tre provtagningar av partikelinnehållet i rumsluften före dammsugaren. Varje provtagning pågick under ett 2-minutersintervall. Därefter gjordes tre mätningar av partikelnivån i utblåskanalen. Provet avslutades med tre provtagningar av rumsluften före dammsugaren.

Rumsluftens partikelinnehåll (bakgrundsnivån) anges som medelvärdet av de sex mätningar som gjordes. Dammsugarens utsläpp anges som ett medelvärde av de tre mätningarna i utblåskanalen.

Mätningen resulterar i en indikerad avskiljningsgrad. Rumsluftens partikelsammansättning kan variera mycket i tiden mellan proven. Detta medför att resultatet ej kan generaliseras i någon större utsträckning. I resultaten anges därför ett "indikerat värde". Den indikerade avskiljningsgraden beräknades enligt

$$I=B-U/B$$

där

I = Indikerad avskiljningsgrad, (%)

B = Medelvärdet på partiklar i rumsluften från sex mätningar, (antal)

U = Medelvärdet från tre mätningar på partiklar i utblåsluften från dammsugaren, (antal)

Den indikerade avskiljningsgraden varierar beroende på vilken partikelfraktion man undersöker. I resultaten redovisas den indikerade avskiljningsgraden för olika fraktioner.

2.3 Mätning av partikelnivåer i samband med städning, (fältprov)

Partikelhalten mättes kontinuerligt i tilluften och på en central plats i ett rum under en tre-veckorsperiod. Provtagningen gjordes med en slang som var placerad i rät vinkel mot golv och tak. Mätningen i tilluften gjordes i tilluftsventilen och rumsmätningen gjordes på en höjd av 1,1 m. och 1 m ut från väggen. Partikelhalten registrerades 5 gånger per timma i rummet och en gång per timma i tilluften. Under varje registrering räknades antal partiklar under en 2-minutersperiod. Provtagningsvolymen vid varje tillfälle var 50 l luft. Testen omfattade prov med fyra olika fabrikat av dammsugare (se tabell 2.3). Samtliga dammsugare testades tre gånger. Vid varje tillfälle gjordes dammsugning under en period av tio minuter. Under dammsugningen flyttades ett soffbord och stolar samt fätöljer för att mattor under bord skulle kunna dammsugas. Innan dammsugningen påbörjades så kontrollerades att bakgrunds-nivån av partiklar i rummet var stabil. Mätningen genomfördes ej om förhållandena var instabila. Detta medförde att periodiciteten mellan dammsugningen ej alltid blev ett dygn.

För att förhindra att mätresultatet påverkades av de olika dammsugarna varierades ordningen mellan provningen av dammsugarna. Provningsordningen skedde enligt följande schema

Tabell 2.3. Testerna med inbördes ordning mellan de olika fabrikaten, * markerar varje provtillfälle.

	Hugin	Nilfisk	Rainbow	Central-dammsugare
Provdag 1	*			
Provdag 2	*			
Provdag 3		*		
Provdag 4				
Provdag 5		*		
Provdag 6			**	
Provdag 7				*
Provdag 8				**
Provdag 9			*	
Provdag 10		*		
Provdag 11	*			

Efter varje dammsugning lämnades rummet och fick stå ostört tills dess att partikelhalten hade avklingat till samma nivå som gällde vid starten av provet.

De portabla dammsugarna som är utrustade med papperspåsar (Nilfisk, Hugin) hade damm i påsarna under provet. Dammet härrörde från damm som sugits upp i huset under en två-veckorsperiod. Dammet flyttades mellan dammsugarpåsarna vid de olika provtillfällena.

Dammsugaren med vattenfilter (Rainbow) rengjordes enligt tillverkarens anvisningar efter varje dammsugning.

Parallellt mättes under perioden temperatur, koldioxidhalt och relativ fukthalt (mät-punkternas placering finns beskrivna i kap 4). Mätningen gjordes var 10 sekund och lagrades som 15 minuters medelvärde.

2.4 Luftprovsmätningar på mätstubbar

För att få en visuell bild av hur luften ser ut före/under/ respektive efter dammsugning gjordes provtagning på luften. Provtagningen gick till så att ett luftflöde fick passera ett membranfilter där partiklar med en storlek $> 0,1 \mu\text{m}$ avsattes. Luftflödet över membranet varierade mellan 16-63 l/h. Membranets provtagningsyta bildade rät vinkel med golvet.

För att eliminera skillnader i resultatet beroende på ett varierat flöde togs alltid dubbelprover vid varje provtillfälle. Provet togs på samma ställe som provtagningen av partiklar gjordes och pågick under 40 minuter.

Proverna analyserades i ett svepelektronmikroskop (SEM). Vid analysen kan man se ytstrukturer på partiklar som är $> 1,0 \mu\text{m}$. Vidare så kan man artbestämma vissa pollen arter typ björk, tall och gran. En del bakterier i storleksområdet 1-2 μm kunde även detekteras.

2.5 Kontroll av vattenmedryckning i utblåsluften från dammsugare med vattenfilter

För att kontrollera om vatten förs med utblåsningsluften från dammsugaren ut i rummet färgades vattnet i dammsugarens behållare. Därefter fick dammsugaren gå kontinuerligt under tre timmar. Efter provperioden kontrollerades om det blivit någon färgning av filter.

Om filtret fått samma kulör som vattnet i behållaren tydde detta på att vatten och ej fukt från behållaren tillförs HEPA filtret. Om dammsugaren ej är försedd med filter kommer vattendropparna ut i rumsluften.

3 Testade dammsugare

Undersökningen omfattade testning av sex portabla dammsugare och en centraldammsugare. Valet av fabrikat och modeller har gjorts i samråd med RmA och SP. Samtliga portabla dammsugare har hämtats på respektive företag av en person som ej har någon koppling till företaget.

Av de portabla dammsugarna var det fyra som var försedda med finfilter (HEPA). De två andra dammsugarna representerar en billigare modell som har en betydande marknadsandel men saknar avancerad reningsteknik. Följande fabrikat och modeller har testats:

Hugin Modell 948 Electronic

Motoreffekt 1100 W

Luftflödesschema genom dammsugaren



Nilfisk GM 90

Motoreffekt 1100 W

Luftflödesschema genom dammsugaren



Lux Royal modell D790

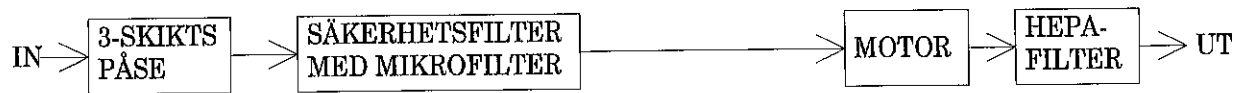
Motoreffekt 1150 W

Luftflödesschema genom dammsugaren

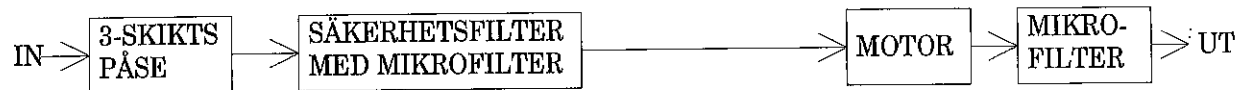


AEG modell ÖKO-Vampyr 7450

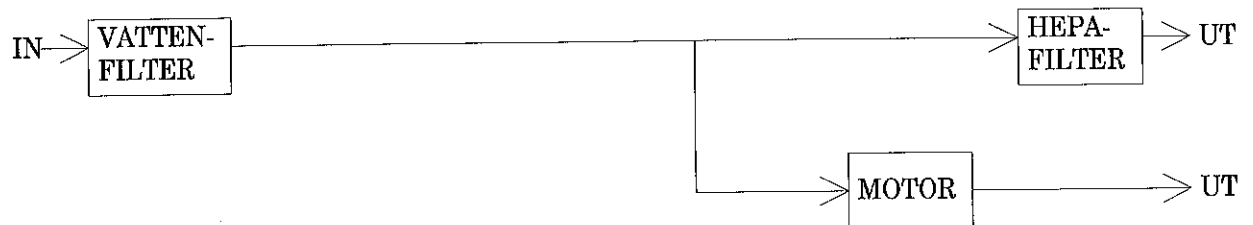
Motoreffekt 750 W

Luftflödesschema genom dammsugaren**AEG modell Vampyr 7205**

Motoreffekt 750 W

Luftflödesschema genom dammsugaren**Rainbow modell SE D4G**

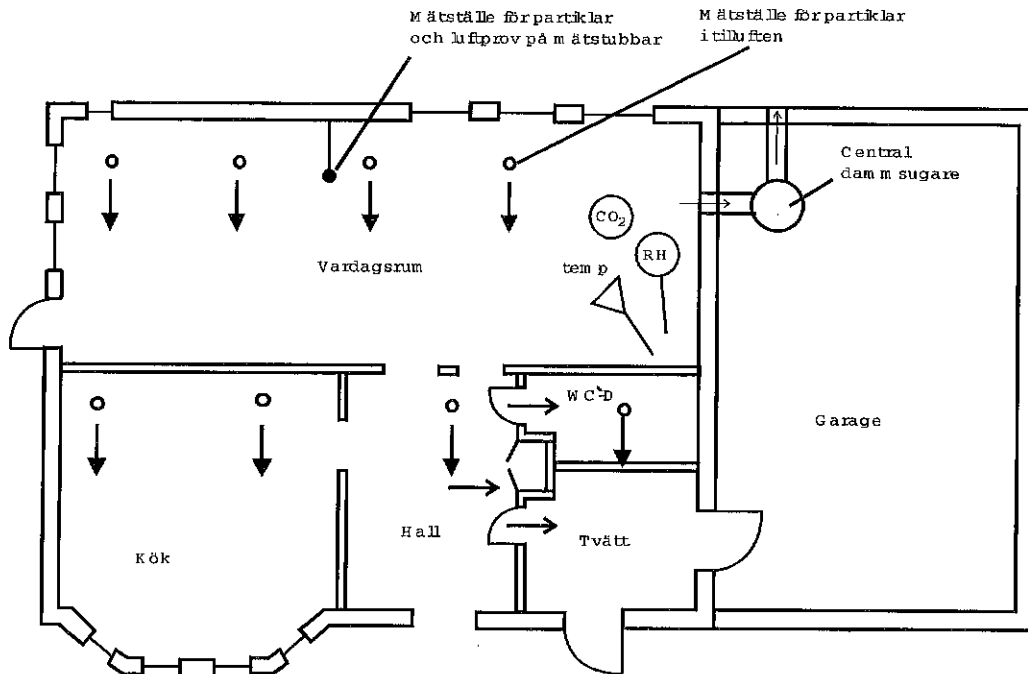
Motoreffekt 750 W

Luftflödesschema genom dammsugaren**Centralsugare Allaway modell CV 1350 BV**

Motoreffekt 1250 W

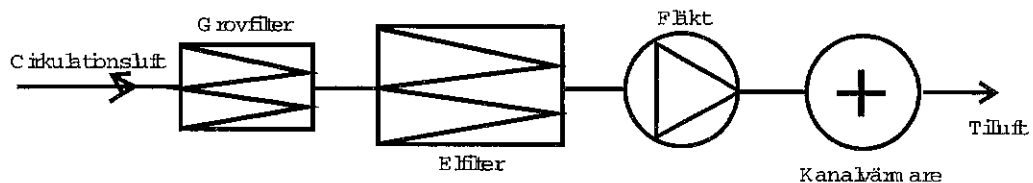
4 Testlägenhet för provning av dammsugare

I fältförsöken gjordes samtliga mätningar i ett rum (vardagsrummet). I rummet finns två textila mattor med en yta av vardera $2,2 \text{ m}^2$. Övriga textila material i rummet är gardiner och en soffa samt sex dynor på stolar. Det finns tio krukväxter i rummet. Golvet är av parkett och på väggar finns en papperstapet. Taket har målade akustikplattor.



Figur 4.1. Provrummets utseende och mätpunkternas placering.

Värme och ventilationssystemets principiella uppbyggnad framgår av nedanstående figur. Anledningen till att undersökningen valdes att göra i ett ventilationssystem med detta utseende är att vi var angelägna om att få en så låg bakgrunds nivå av partiklar i rummet som möjligt. Därför var det angeläget att rena luften från partiklar innan man släppte in den. En låg bakgrunds nivå är en förutsättning för att kunna detektera små partikelbidrag. Nivån säkerställs av filteruppsättningen (grovfilter + elektrofilter). Antalet luftomsättningar för rummet var 1,3 per timma. För bostadsventilation är det normalt med en halv luftomsättning per timma.



Figur 4.2. Principskiss för ventilationssystemet. Den filtrerade tilluften tillfördes vardagsrummet.

5 Resultat

5.1 Partikelutsläpp från dammsugare (labprov)

Resultaten från mätning av partikelemissioner från dammsugarna enligt "Amendment to clause 17 of IEC 312 published on February 1993" visas i tabell 5.1

Tabell 5.1. Resultat från mätning av partikelutsläpp

Provobjekt	Dammsugar- flöde l/s	Tillförd mängd g	Betyg enligt kapitel 2.1
¹ Nilfisk GM 90	39,9	2,6	+++
¹ AEG ÖKO- Vampyr 7450	30,3	2,0	++
AEG Vampyr 7205	31,2	2,1	++
¹ Lux D790	35,4	2,3	++
¹ Rainbow D4G	20,6	1,4	+
Hugin 948	35,8	2,4	-

Det blir skillnader mellan partikelutsläppen från dammsugarna trots att fyra av dem är försedda med HEPA filter.

¹Dammsugare med HEPA filter

5.2 Dammsugare som luftrenare

Resultat från mätningar av dammsugarens funktion som luftrenare (se tabell 5.2.1) blev följande. Mätmetod enligt kapitel 2.2.

Tabell 5.2.1. Avskiljningsgrad för rumsluft för de dammsugare som ingick i fältprovet.

Partikelstorlek (μm)	Avskilj- ningsgrad % Nilfisk GM 90	Avskilj- ningsgrad % Rainbow D4G	Avskilj- ningsgrad % Hugin 948
>10	72	89	67
5,0-10,0	74	90	95
1,0-5,0	90	39	96
0,7-1,0	98	4	78
0,5-0,7	99	33	36
0,3-0,5	98	67	² -4
Totalt > 0,3 μm	98	58	15

² Minustecknet indikerar att dammsugaren ger ett nettotillskott av partiklar till rumsluften

5.3 Bakgrundsvariationer av partikelhalten i testlägenhet (fältprov)

För att få en uppfattning om variationerna av partikelhalten i bakgrunds-nivån registrerades denna under en två-veckorsperiod. Under denna period dammsögs hela huset med dammsugaren av typ Hugin. Mätningarna gjordes under mars månad. Under perioden har inte någon vädring av rummet genom öppna fönster eller dörrar skett. För att illustrera skillnaderna i partikelnivåer redovisas mätningar från en period av 48 timmar. För perioden redovisas två olika partikelfraktioner 0,3-0,5 μm respektive 0,7-1,0 μm .

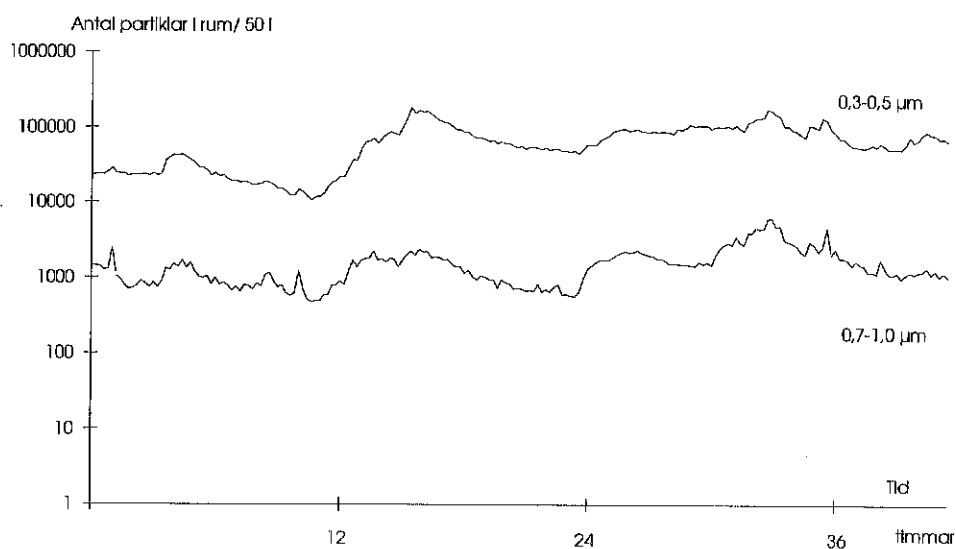
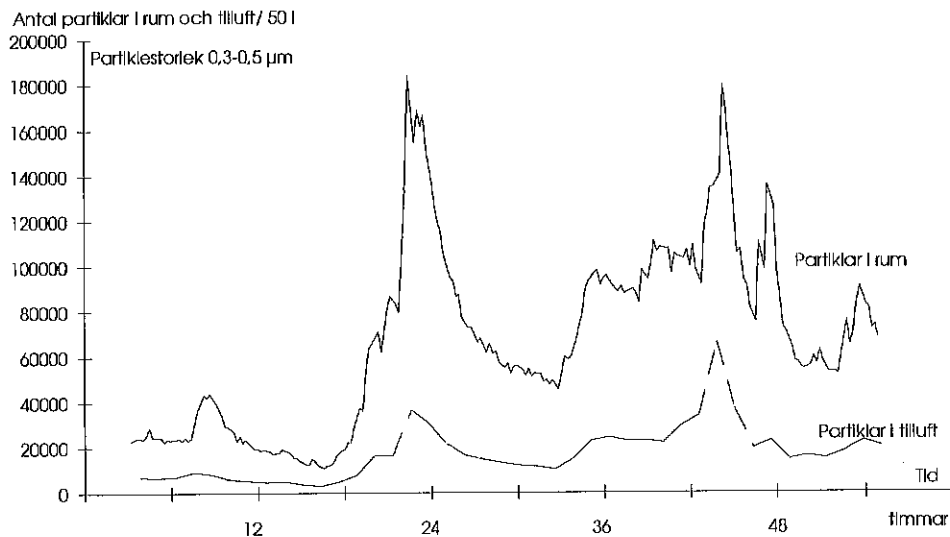


Diagram 5.3.1. Variation av antal partiklar med fraktionen 0,3-0,5 μm och 0,7-1,0 μm under 48 timmar.

5.4 Ventilationens inverkan på partikelnivån

Tilluften till rummet där provningen gjordes filtreras via ett grovfilter och ett finfilter (se figur 4.2). Partikelavskiljningen i filtret är skillnaden mellan nivån i rummet och nivån i tilluften. För den period som redovisades i 5.3 var skillnaden i partikelnivå mellan tilluft och rumsluft följande.

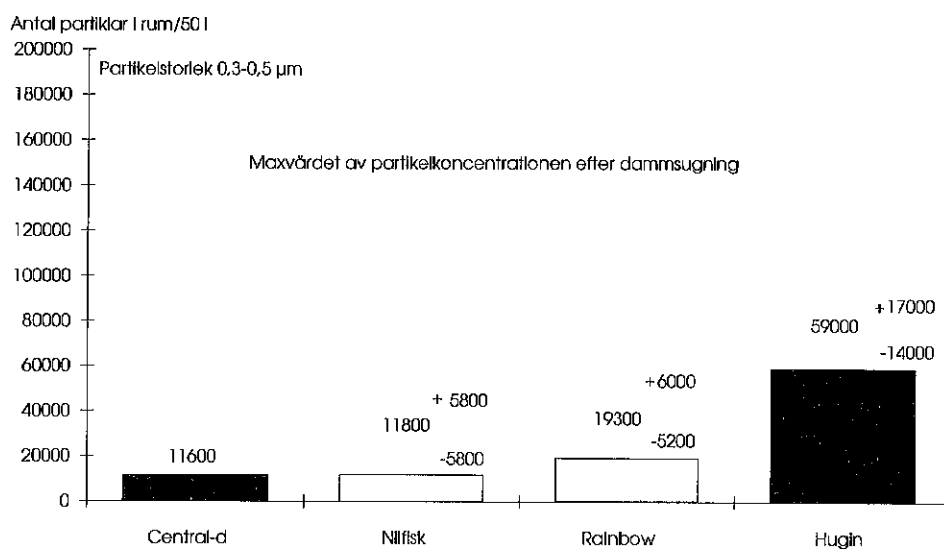


Figur 5.4. Skillnad i partikelhalt mellan rum och tilluft under 48 timmar.

Skillnaden i partikelhalt mellan rum och tilluft utgör avskiljning i luftfiltren i ventilationssystemet. Under den redovisade perioden var partikelavskiljningen 75 % i filtren för fraktionen 0,3-0,5µm. En ökning av partikelhalten i rummet medför att man får en ökning i tilluften beroende på att det är ett cirkulationsluftsystem (se figur 4.2).

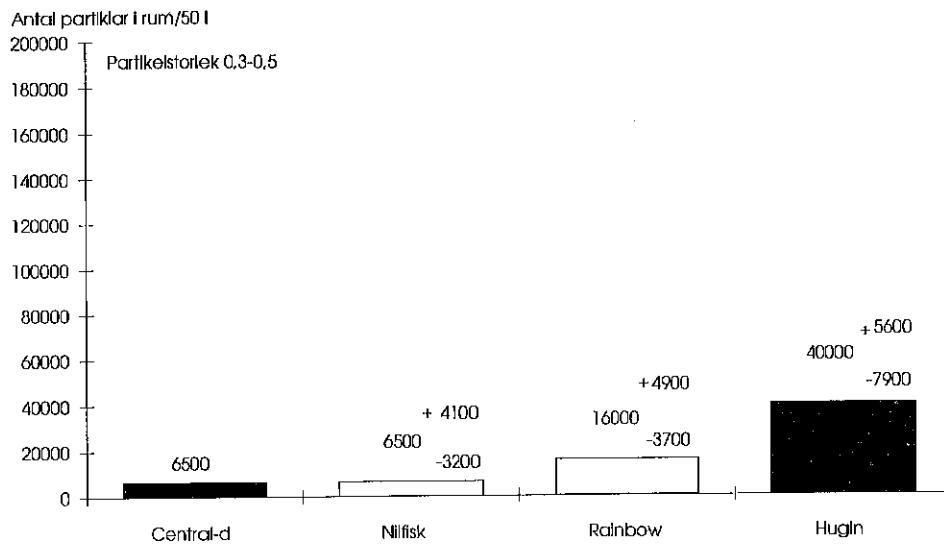
5.5 Ökning av partikelhalten i rum vid dammsugning

De redovisade partikelnivåerna är den ökning av antal partiklar i rumsluften det blev efter dammsugningen. Resultaten är ett aritmetiskt medelvärde från de dammsugningar som gjordes med respektive maskin.

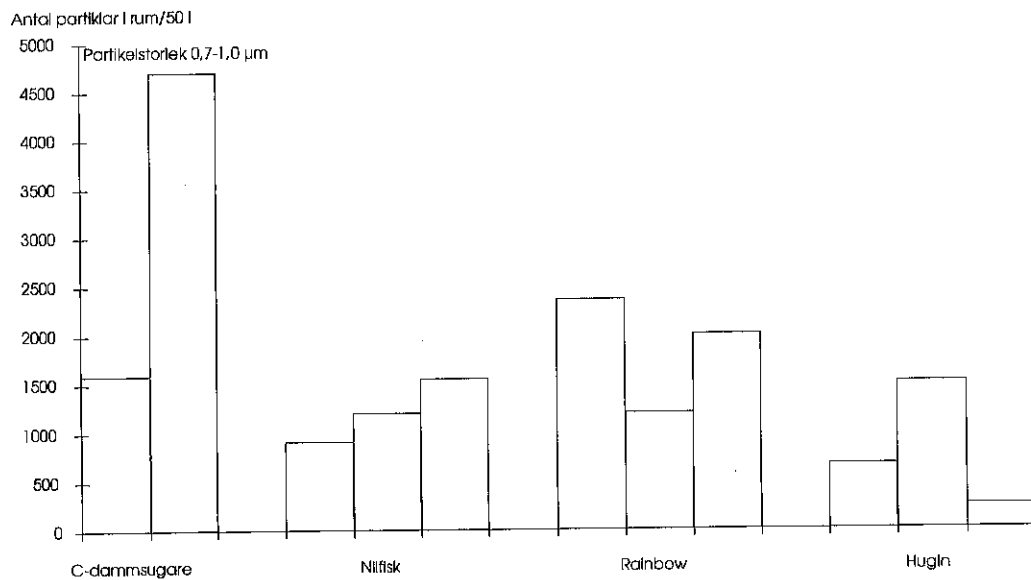


Figur 5.5.1. Maxvärdet³ av partikelhalten som erhöles efter dammsugning, fraktion 0,3-0,5 μm .

³Siffrorna med + och - visar spridningen mellan mätningarna. Spridningen för centraldammsugaren kunde ej detekteras.

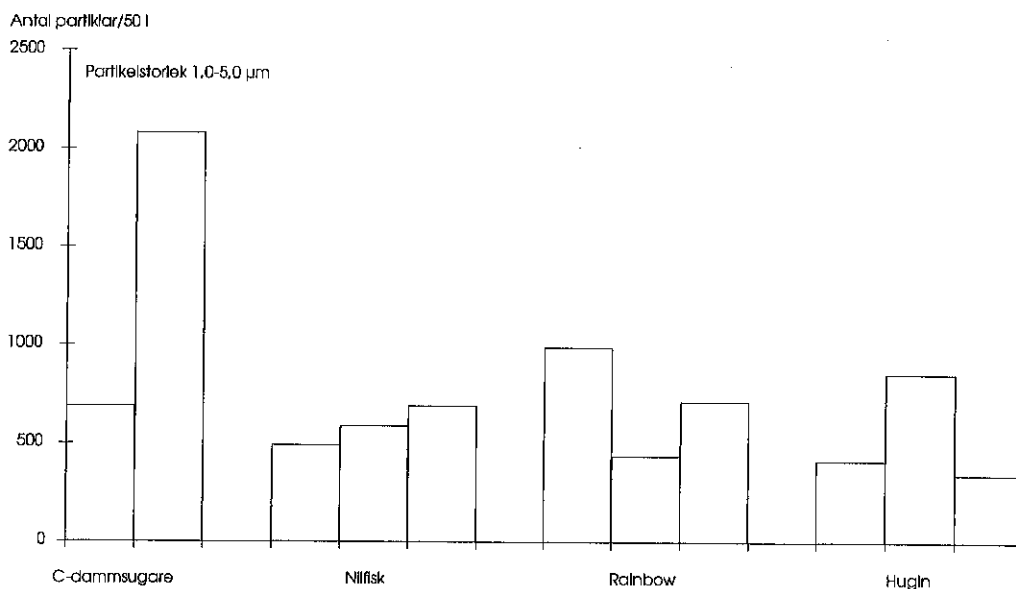


Figur 5.5.2. Aritmetiskt timmedelvärde⁴ av ökningen av antal partiklar efter dammsugning, fraktion 0,3-0,5 μ m.



Figur 5.5.3. Maxvärde av ökningen av antal partiklar efter dammsugning, fraktion 0,7-1,0 μ m. Varje stapel är resultat från en mätning.

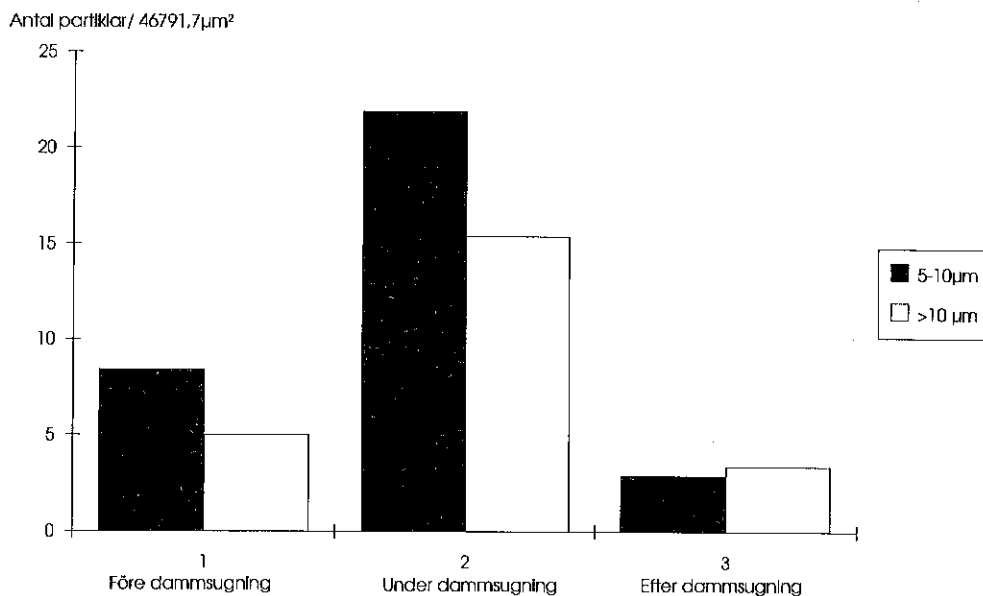
⁴Siffrorna med + och - visar spridningen mellan mätningarna. Spridningen för centraldammsugaren kunde ej detekteras.



Figur 5.5.4. Maxvärde av ökningen av antal partiklar efter dammsugning, fraktion 1-5µm. Varje stapel är resultat från en mätning.

5.6 Resultat från stubbmätningar

Resultaten från stubbmätningarna är absolutnivåer av partiklar i rummet före/under/efter dammsugning. Provet togs vid *ett* dammsugartillfälle för varje dammsugare.

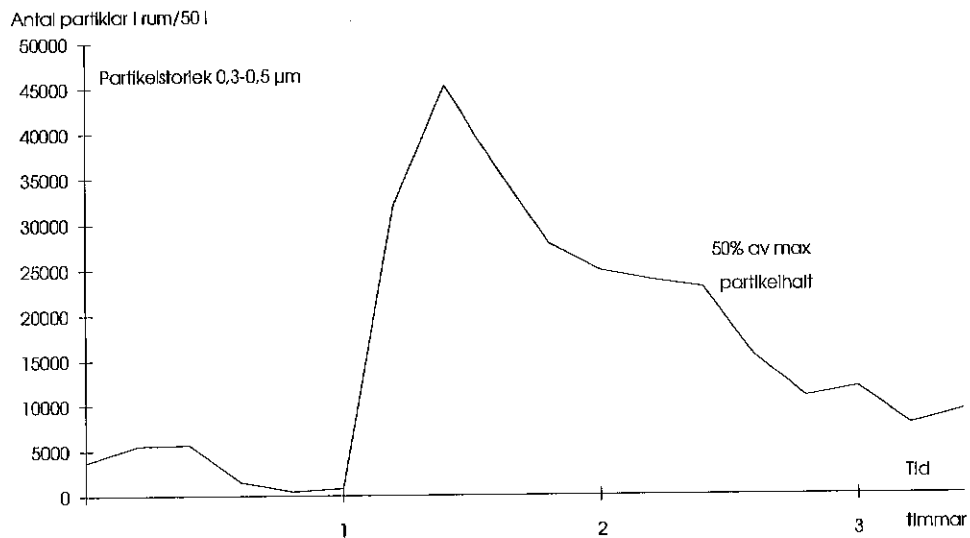


Figur 5.7.1. Exempel på antal partiklar (> 5µm) i rumsluften före/under/efter dammsugning, provtagning på membran.

Alla prover innehåller mycket låga halter av partiklar, mindre än 5 μm . Från proverna finns inga för rumsluft onormala partiklar. Inga mikrobiologiska partiklar, som mögelsporer eller bakterier, har noterats på något av proven. Det man finner på proverna och har lyckats identifiera är textila fibrer och hudflagor.

5.7 Tidskonstanter för olika partikelfraktioner efter dammsugning (fältprov)

Vid dammsugningen ökar antalet partiklar i luften (se kapitel 5.5). Registrering av partikelhalten i rummet gjordes fem ggr/timma. Från mätningarna kan man se hur länge en förhöjd partikelnivå varar i rummet. De framgår även av mätningarna skillnader i tidskonstanter för olika partikelkoncentrationer.



Figur 5.7.1. Partikeltillskott (≈ 45000) efter en dammsugning (med dammsugare klass -).

En dammsugare av klass (+++) ger samma principiella utseende men ger ett maximalt tillskott av ≈ 12000 partiklar efter städning (se figur 5.5.1).

Ett medelvärde från sex mätningar vid städning av en bostad visade att det tog 60-90 minuter innan antal partiklar minskat med 50 % för partikelstorleken 0,3-0,5 μm . Uppskattningsvis tar det tre timmar innan halten av partiklar återgått till startvärdet. Desto större partiklar desto snabbare minskar antalet partiklar i luften.

5.8 Inköp och driftkostnad för de testade dammsugarna

Fabrikat	*5)Inköpspris, kr	*6)Driftskostnad/år, kr
Rainbow	14 870	490
Nilfisk	3400	750
Allaway, Centralsugare	9800*7)	-
AEG 7205	1500	240
AEG 7450	1900	430
Lux Royal D790	4890	670
Hugin 948	1400	100

5.9 Resultat från prov av vattenmedryckning i utblåsluften från dammsugare med vattenfilter

Kontrollen av vattenmedryckning skedde enligt metod beskriven i kap 2.5. Av resultatet framgår att HEPA filtret blev missfärgat. Detta visar att vattendroppar förs med luftströmmen från dammsugaren ut till rumsluften då Hepa filter saknas. Resultatet bekräftas av andra undersökningar [11].

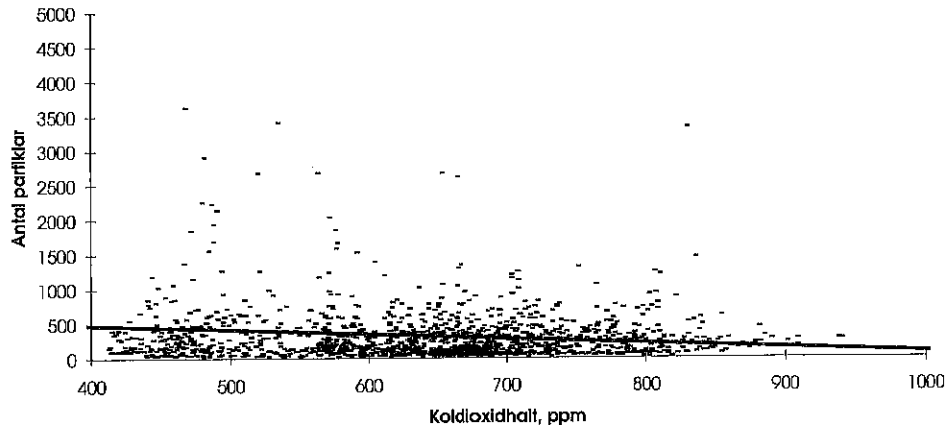
5.10 Mänskliga aktivitetens inverkan på partikelhalten

Parallellt med mätning av partiklar gjordes mätning av koldioxidhalten. Halten koldioxid användes som indikator på när det var folk i rummet. Partikelhalten som funktion av koldioxidhalten under en vecka redovisas i diagram 5.10.1.

⁵För de dammsugare som har HEPA filter ingår filterkassett i priset.

⁶Driftskostnaderna omfattar byte av HEPA filter (enligt tillverkarens rekommendation) och dammsugarpåsar 20 st /år

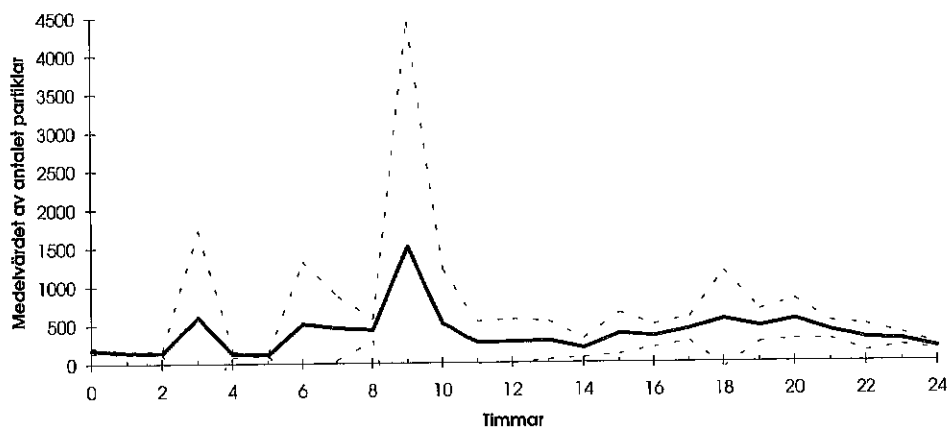
⁷I priset för centralsugaren ingår ej kostnaderna för installation

Samband mellan koldioxidhalt och partiklar av storlek 1-5 μm 

Figur 5.10.1. Antal partiklar som funktion av koldioxidhalten.

I diagrammet har en linjär regression för sambandet mellan koldioxidhalten och antal partiklar lagts in. Som framgår av regressionskurvan visar mätningarna ej på att en ökad koldioxidhalt medför att partikelhalten ökar i rummet. Analyser gjordes även för mindre partikelfraktioner. Resultatet blev det samma.

Däremot ser vi att vi får en topp av antalet partiklar mellan kl 8-10 (se figur 5.10.2). De redovisade resultaten härrör från sex dagars mätningar.

Medelvärde av antalet partiklar med storlek 1-5 μm under dygnet

Figur 5.10.2. Antalet partiklar som funktion av tiden över dygnet (heldragen linje). De streckade linjerna är standardavvikelsen.

Ökningen av antalet partiklar härstammar troligtvis från uteluften eftersom huset var tomt fyra av sex dagar mellan kl 8-10.

6 Diskussion

6.1 Deklarera partikelemissionen från dammsugarna enhetligt

I de fall konsumenten får någon teknisk dokumentation om dammsugarens filtrering är den ofta svår att tolka. Att göra en jämförelse mellan olika fabrikat av partikelavskiljning är oftast omöjligt då tillverkaren hänvisar till olika mätmetoder och använder olika begrepp. En del fabrikanter redovisar enbart partikelavskiljning över det filter som de använder i dammsugaren. Resultatet från detta kan vara missvisande då dammsugaren ofta läcker förorenad luft genom otätheter och därmed försämrar reningen.

En ytterligare omständighet är att de mätresultat som fabrikanter redovisar oftast är resultat från en mätning vid ett tillfälle. Både kvalitet på filter och dammsugarens täthet kan variera mellan olika exemplar vilket påverkar mätresultatet.

För att konsumenten skall kunna jämföra olika fabrikat av dammsugare och olika typer borde testning och redovisning av resultat ske på ett enhetligt sätt. Utöver testningen av produkten bör det finnas en tillverkningskontroll. Denna kontroll skall ske löpande under tillverkningen. Kontrollen kan exempelvis omfatta mätning av täthet, filterkvalité och sugkapacitet.

6.2 Dammsugningssystem och ventilationssystem

I denna undersökning har två olika dammsugningssystem undersökts, portabla dammsugare som cirkulerar luften i rummet och centraldammsugare som blåser ut luften utanför huset. Om man väljer att installera en centraldammsugare skall man vara medveten om var luften till dammsugaren kommer in.

I ett hus med *självdragssystem* (S-system) kommer luften att tillföras via otätheter i huset, imkanaler, ventilationskanaler samt från eventuella friskluftsventiler. Om centraldammsugaren installeras i ett hus med *mekanisk frånluft* (F-system) kommer luften att tillföras via otätheter och friskluftsdon. I hus med *mekanisk till och frånluft* (FT-system) tillförs luften främst genom otätheter i byggnadsskalet. Om man lider av pollenallergi kan det vara olämpligt att använda en centraldammsugare under pollenperioden.

6.3 Varför ser vi ingen skillnad mellan dammsugarna för större partiklar?

Av diagram 5.5.3 och 5.5.4 kan man inte se att dammsugare med HEPA filter eller centraldammsugare skulle medföra att man får lägre partikelhalter vid dammsugning med dessa maskiner. Däremot framgår det att spridningen av resultaten mellan mätningarna är stor. Skillnader på 200 % mellan mätningarna förekommer. Detta tyder på att partikelmätningen som vi mäter upp inte kommer från dammsugningsmaskinen utan från aktiviteten att städa. Partiklar > 0,5 µm kommer från den som gör städningen (kläder) och det man rör upp från mattor då man dammsuger.

Fraktioner > 0,5 µm kan vi ej påverka med filter i dammsugaren eller genom att använda centraldammsugare.

6.4 Resultaten från testerna entydiga

Dammsugarna testades på tre av varandra oberoende sätt och med olika belastning,

- Partikelutsläpp från dammsugare, (mineraldamm), se 2.1
- Dammsugare som luftrenare, (rumsluft), se 2.2
- Partikelnivåer i samband med städning, (husdamm), se 2.3

Den inbördes ordningen mellan dammsugarna avseende partikelutsläpp och halter i rumsluften blev den samma. Detta tyder på att labtestet speglar det resultat som man får då man dammsuger i rum. Ett litet dammutsläpp vid test i laboratoriet ger låga partikelhalter i rum vid dammsugning.

6.5 Viktigt med bra filter i ventilationssystemet

Om man har ambitionen att minska antalet partiklar i inomhusluften är det effektivaste sättet ett bra ventilationsfilter. Den avskiljningsgrad (98%-(4%)), se 5.2) för partiklar som vi mätte upp för dammsugarna med rumsluft skall jämföras med den avskiljningsgrad som mättes upp för ventilationsfiltret (75 %) (se 5.2).

Ett ventilationsfilter renar inomhusluften från partiklar så länge fläktsystemet är i drift, (i regel kontinuerligt). En dammsugare däremot renar luften endast under den period som den är igång.

Att rening av partiklar i inomhusluften kan ha en positiv inverkan visas bl a av försök på Wallenberglaboratoriet [12].

6.6 Hepafilter ingen garanti för ett lågt partikelutsläpp

I denna undersökning var fyra av de sex testade portabla dammsugarna försedda med HEPA filter. Som framgår av labproven (se kap 5.1) innebär inte ett HEPA filter någon garanti för ett lågt partikelutsläpp. Dammsugaren AEG 7205 saknar HEPA filter men har ändå lågt partikelutsläpp jämfört med vissa dammsugare med HEPA filter. Läckage i dammsugare bidrar även till skillnader mellan dammsugarna.

Om HEPA filtret sitter före motorn (se kap 3, Lux Royal), kommer partiklarna från motorn ut till omgivningen. Om däremot filtret sitter efter motorn slipper man partikelbidraget från motorn.

7 Slutsatser

Resultaten från labprov överensstämmer med resultaten från mätning i bostad

Sammanlagt testades dammsugarna på tre olika sätt (med olika dammbelastning). Oberoende av testmetod visade det sig att den inbördes ordningen mellan dammsugarna avseende utsläpp blev den samma i samtliga tester (se kapitel 6.4).

För små partiklar < 0.5 µm erhålls en tydlig skillnad mellan dammsugarna.

Centralsdammsugare och en bra portabel dammsugare ger båda partikeltilskott i samma storleksordning medan en konventionell dammsugare ger ca 6 ggr högre tillskott (se figur 5.5.1 respektive 5.5.2)!

För större partiklar (> 0.5 µm) uppmättes ingen skillnad mellan dammsugarna

På partikelnivåer > 0,5 µm är partikelkoncentrationerna oberoende av dammsugartypen (se figur 5.5.3 respektive 5.5.4).

Partikeltilskottet likvärdigt från bra portabla dammsugare och centraldammsugare

Det partikeltilskott som vi mätte upp för centralsdammsugaren och för dammsugaren klass +++ (se figur 5.5.1) blev i samma storleksordning.

Bakgrundsvärdet av partikelhalten varierar

Partikelhalten varierar inomhus beroende på inomhusaktiviteter och olika halter i utomhusluften. Variationerna i inomhusluften av partikelhalten (med storleken 0,3-0,5 µm) uppgick i denna undersökning till 10.000 -200.000/ 50 liter luft (se figur 5.3.1).

Viktigare med bra filter i ventilationssystemet än i dammsugaren

För att reducera partikelhalten inomhus är det mer verksamt att göra detta via ventilationssystemet. Ett ventilationssystem med bra filterkvalité har en bättre avskiljningsgrad än de undersökta dammsugarna (se figur 5.4).

Installation av centraldammsugare i självdragsventilerade hus

Den luft som går ut från huset vid dammsugning med centraldammsugare (≈ 33 l/s, muntlig uppgift Arne Börjesson SP) ersätts med luft som kommer utifrån. I hus med självdragsventilation finns det risk att tilluften kommer in via imkanalen eller kanaler från badrum och toaletter vid dammsugning med centraldammsugare. Friskluft som tillförs huset via dessa typer av kanaler kan bli starkt förorenad (se kapitel 6.2).

Kräv enhetlig teknisk dokumentation av dammsugarna

Den tekniska dokumentation från de flesta tillverkarna gör det omöjligt för den enskilde konsumenten att veta hur mycket partiklar de olika dammsugarna släpper ifrån sig. För att konsumentens skall ha en möjlighet att bilda sig en uppfattning om hur mycket dammsugaren släpper ut borde det finnas jämförbar teknisk information (se kapitel 6.1).

8 Vad behöver utredas ytterligare

I samband med arbetet av detta projekt har vi ställts inför ett antal frågeställningar som det saknas tillräcklig kunskap av. Här följer en lista på förslag till undersökningar som skulle vara intressant att gå vidare med.

- Sönderdelning av damm i dammsugarpåsar (allergen i rumsluft).
- Beständighet på äldre dammsugare (täthet).
- Värdering av städmetoder för allergisanering.
- Reduktion av allergen med hjälp av luftrenare.
- Kvalitetssäkring av bostäder avseende allergimiljö.
- Dammsugarens livslängd.
- Filtrens livslängd.

9 Referenser

- [1] Gunnar Bylin, Carl-Elis Boström, "Luften vi andas utomhus", Folkhälsoinstitutet.
- [2] Jan Sundell, Max Kjellman, "Luften vi andas inomhus", Folkhälsoinstitutet.
- [3] A.K.M. Munir, "Exposure to Indoor Allergens and Relation to Sensitization and Asthma in Children", Linköping University Medical Dissertations No. 412.
- [4] Allergi, överkänslighet och kemiska ämnen, Sammanfattning och konklusioner, Nordiska kommittén för byggbestämmelser, NKB
- [5] Judit A, Woodfolk M.B, Ch.B., Christina M., Luczynska Ph.D., Frederic de Blay M.D., Martin D. Chapman Ph.D., and Thomas A.E. Platts-Mills M.D., Ph. D. "The effect of vacuum cleaners on the concentration and particle size distribution of airborne cat allergen.
- [6] "Stoftanalys nr 1-2:1992, Luftburna partiklar, betydelse för luftkvalitet och miljö". Arbetsmiljöinstitutet.
- [7] Tord Wallin, Jämförelse mellan konventionell dammsugning och centraldammsugning.
- [8] Camfil, Filtertechnik, 1989
- [9] Ekstrand Tobin, "Samband mellan astma och inomhusmiljö. Undersökning i 60 unga astmatikers bostäder". BFR-Rapport R35:1993
- [10] Christensson och Krantz 1992, Arbetsmiljöinstitutet
- [11] Judith A. Woodfolk, Christina M. Luczynska, Fredric de Blay, Martin D Chapman, Thomas A.E Platts-Mills, Vacuum cleaners and airborne cat allergen.
- [12] Ny teknik, 1994 nummer 20, "Fria Joner räddningen för allergiker".
- [13] Månsson, C et al Dammtillskott i luft, Stockholm, 1990.



1994-09-13

Mätosäkerhet

Partikelmätning

De fraktioner som registrerades var

- 0,3-0,5 μm
- 0,5-07 μm
- 0,7-1,0 μm
- 1,0-5,0 μm
- 5,0-10,0 μm
- > 10,0 μm

Maximalt antal detekterbara partiklar under två minuter är 3 200 000 st. Det använda instrumentet är kalibrerat för sfäriska partiklar. Eftersom den mätta partikelkoncentrationens utseende är okänd blir mätosäkerheten svårbedömd. Utöver problemet med partiklarnas utseende beror även mätresultatet på hur instrumentet analyserar antalet partiklar. Kritiska parametrar kan exempelvis vara ljuskällan.

En ytterligare felkälla är hur provtagningen sker och var den sker i rummet. Man kan ej förutsätta att partikelkoncentrationen är homogen. Under mätperioden användes samma provplats hela tiden.

Mätresultatet av antalet partiklar skall därför främst ses som en jämförelse mellan de gjorda dammsugarna och inte tolkas som ett absolutvärde.

CO₂

Koldioxidhalterna har mätts med Swemas Airstest. Instrumentet kalibrerades med kalibreringsgas före användandet. Mätvärdena samlades in var tionde sekund och lagrades som femton-minutersmedelvärden i ett datainsamlingssystem.

Teknisk specifikation för Swema Airstest

Temperaturberoende	Max 20 ppm mellan 0°C-50°C
Lufttrycksberoende	Max 5% mellan 977-1048 mbar
Fuktighetsberoende	Mindre än 10 ppm
Mätstabilitet	1 ppm/50 mättimmar
Mätosäkerhet på kalibreringsgas	±50 ppm
Mätområde	0-5000 ppm

Mätosäkerheten för CO₂-värdet bestäms utöver instrumentets fel även av mätpunkternas placering. Maxfelet understiger 150 ppm för det enskilda mättillfället.



1994-09-13

Temperatur

Temperaturerna mättes med termoelement typ kopparkonstantan. Mätvärdena samlades in var tionde sekund i ett datainsamlingssystem. Mätvärdena lagrades som 15-minuters medelvärden.

Mätosäkerheten för temperaturmätningen bestäms främst av den osäkerhet man har vid valt mätställe. För inomhusmätningarna användes endast en mätpunkt. Mätosäkerheten inklusive instrumentfel och val av representativ mätpunkt har bedömts till $\pm 1,5$ K.

Relativ fukthalt

Mätningen gjordes med en kapacitiv mätare av fabrikat Vaisala 20 UB ($d=0,1$ %). Mätvärdena samlades in var tionde sekund i ett datainsamlingssystem. Mätvärdena lagrades som 15 minuters medelvärden. Mätosäkerheten för den relativa fukthalten har bedömts till ± 3 %.

