

Jämförelse av två olika deplacerande tilluftsdon

-strömningsbild, drag och partikelhalter



Examensarbete vid Mälardalens Högskola

Utfört av Kristina Fredriksson

Västerås 2000-10-24

Löpnummer: 2000076

1 Förord

Detta examensarbete har varit intressant att göra och gett mig värdefull erfarenhet. Utan Kurt Belin hade jag inte kunnat genomföra det. Tack Kurt!

Vidare vill jag tacka Åke Holmqvist som bl.a. visat hur partikelmätaren fungerar. Även säljande företag Inventilation AB via Jan Lundewall har varit till hjälp, samt Crenna som sponsrat med komponenter.

2 Abstract

Two kinds of displacement system air distribution diffusers have been compared in two aspects; draught and trachea-health. One diffuser is, nowadays, the common kind. The other one, an alternative.

Velocity- and temperature measurements have been made (draught-aspect), as well as particle-amount measurements for different particle size-fractions (health-aspect).

The velocity measurements show a clear difference in behaviour for the airstreams generated by the two diffusers. The alternative diffuser generates an airstream with more vertically homogeneous velocity profile, which is good in the aspect of draught.

The particulate measurements indicate that the number of the important size fraction of 0,5-5,0 μm , is lower at floor-level with the alternative diffuser. It also shows that the biggest particles ($> 5,0 \mu\text{m}$) accumulates at floor-level with the alternative diffuser.

More measurements must be done and compared before any general conclusions can be made. What these measurements indicate is in favour for the alternative diffuser and hopefully, for people.

3 Sammanfattning

Två olika typer av deplacerande tilluftsdon har jämförts med avseende på lufttemperatur och lufthastighet på olika höjd och avstånd från don.

Vidare har partikelmätningar gjorts på bl.a. olika höjder.

Det ena donet är ett numera traditionellt deplacerande don med perforerad plåt längst fram. Det andra är ett don utan perforerad plåt. Längst fram är i stället en självbärande filtermatta som ger jämnare hastighetsprofil i höjddled.

Temperatur- och hastighetsmätningarna visar att strömningsbilden skiljer sig åt för de bägge donen. Donet med självbärande filtermatta gav jämnare hastighetsprofil i höjddled, från 10 cm ut från donet. Temperaturskillnaden mellan golv och donets höjd blir större för det traditionella donet, ännu på 1,5 m från don.

Mätningarna visar att de minsta partiklarnas antal ej varierar med höjddled och don. Partiklar i storleksintervallet 0,5-5,0 μm kommer upp i taknivå i större utsträckning med donet utan perforerad plåt. De största partiklarna blir fler i golvnivå med samma don.

Oberoende av dontyp och partikelstorlek, bortsett från de minsta partiklarna, visar gjorda mätningar att den största andelen partiklar befinner sig i rummets mellersta höjdsikt.

Mätningarna tyder på att det alternativa deplacerande donet är fördelaktigt för luftvägshälsa.

4 Innehållsförteckning

1 FÖRORD	0
2 ABSTRACT	1
3 SAMMANFATTNING	1
4 INNEHÅLLSFÖRTECKNING	2
5 INTRODUKTION	4
6 SYFTE	5
7 LITTERATURSTUDIE OCH TEORI	5
7.1 PARTIKLAR	5
8 MÄTMETODIK, MÄTNINGAR OCH MÄTRESULTAT	7
8.1 MÄTNINGAR	7
8.1.1 MÄTAPPARATUR	7
8.2 SYFTE	8
8.3 TEMPERATUR OCH HASTIGHET PÅ KONTOR	8
8.4 VARIATIONER I HASTIGHETSFLUKTUATIONER PÅ KONTOR	12
8.5 TEMPERATUR OCH HASTIGHET HOS REKLARMPRODUCENTERNA	14
8.6 VARIATIONER I HASTIGHETSFLUKTUATIONER HOS REKLAMPRODUCENTERNA	18
8.7 PARTIKELMÄTNINGAR	19
9 UTVÄRDERING OCH DISKUSSION	24
9.1 HASTIGHET / TEMPERATUR PÅ OLIKA AVSTÅND FRÅN DON	24
9.1.1 0-45 CM	24
9.1.2 0-180 CM	24
9.2 FLUKTUATIONER	24
9.3 PARTIKLAR	24
9.3.1 0,1 OCH 2,5 MÖG	25
9.3.2 0,1 OCH 1,1 OCH 2,5 MÖG	25
9.4 DISKUSSION	25

10 SLUTSATS	27
--------------------	-----------

11 SLUTORD	27
-------------------	-----------

12 FÖRKORTNINGS- OCH ORDLISTA MED KOMMENTARER	28
--	-----------

13 LITTERATURHÄNVISNING	30
--------------------------------	-----------

BILAGA	31
---------------	-----------

5 Introduktion

Deplacerande system* ger under rätt förutsättningar renare luft i vistelsezonen* än omblandande. Rätt förutsättningar är undertempererad tilluft och värmekällor i rummet. Aktivitetsnivån ska heller inte vara på exempelvis rund-pingis-nivå (Magnus Mattsson, BIM; KTH, har visat att den deplacerande effekten återkommer några minuter efter den omblandning som en rund-pingis-match ger.).

Ett traditionellt deplacerande don har formen av en halv sfär, (andra geometrier förekommer också, t.ex. kvarts sfär) med varierande höjder och diametrar. Inuti sitter en polyuretanstrumpa formad som en kon med spetsen nedåt för att minska det statiska trycket* längst ner i donet. Annars skulle luftens utgångshastighet bli för hög längst ner. Donfronten består av en polyuretanskum-matta och perforerad plåt.

Luftburna föroreningar är i gasform eller partikelform. Jag ifrågasätter inte huruvida partiklar är av betydelse för luftrörshälsa eller ej. Sunt förnuft säger att så är fallet; man hostar om man andas in för mycket partikulära föroreningar/damm.

Syftet med det deplacerande systemet är att den renare luften, som finns vid golvnivå, blir den luft vi andas in, eftersom luften börjar värmas upp av våra fötter och vader och därefter börjar röra sig uppåt, längs kroppen. Ovanför huvudet blir det en s.k. luftplym, en termisk luftström vars tvärsnittsarea ökar med höjd p.g.a. medejektering av omgivande luft. Hur stor andel av luften man andas in som består av ren golvluft respektive inblandad förorenad rumsluft är här av betydelse. Undersökningar om detta har jag inte sett.

Det deplacerande systemet ger som den hittills har utformats också önskade effekter. Beroende på temperatur, hastighet och hastighetsvariationer och avstånd till tilluftsdon erhålls drag*, vilket definieras som "lokal avkylning av kroppen". Det är t.ex. helt oacceptabelt att ha ont i "smalbenen" hela förmiddagen när man sitter på främre raden i ett klassrum där deplacerande tilluftsdon är placerade i rummets främre del.

Det som driver luften framåt när den har passerat den traditionella deplacerande donfronten är i princip bara temperaturskillnad mellan tilluftsström och omgivande luft, vilken minskar med avstånd från don. När det är ett rum med stor golvarea och många värmekällor (t.ex. ett fyllt klassrum) måste alltså tilluften vara rejält undertempererad för att temperaturskillnad ska finnas kvar tills dess att tilluftströmmen (s.k. täthetsström*) nått motsatt rumssida. Även om man sitter längre in i klassrummet, dvs längre ifrån tilluftsdonet, och det är färre personer än flödet och temperaturen är projekterat för, kan det kännas kallt och dragigt.

Kurt Belin har länge (ca 25 år) hävdad att tilluften ska ges andra strömningsegenskaper än de som erhålls med det som blivit ett traditionellt deplacerande don. Luften ska strömma ut med konstant hastighet och hastigheten ska vara jämt fördelad över donarean. Tilluftströmmen ska vara så lågturbulent så möjligt. Anledningen är att lägre turbulens ger mindre inblandning av förorenad rumsluft i tilluftströmmen samt att minskade hastighetsvariationer ger mindre dragupplevelse ($R1^*$). Man kan säga att den traditionella deplacerande tilluftströmmen har högre inre energi (pga att luftströmmens innehållande partiklar rör sig med egna hastigheter och riktningar i större utsträckning) än den Belin förespråkar. Den ska fortfarande vara några grader undertempererad.

Det belinska donet (som det i denna rapport vidare kallas) är utformad som en halv sfär och finns med varierande höjder och diametrar. Donfronten är en självbärande filtermatta som består av en styv rutnätsväv på vilken fibrer står parallellt med varandra, runt tråden i väven. Kortändan på varje fiber står alltså mot tråden i väven. För att luften och dess hastighet ska fördelas jämt över donarean finns en spalt innanför filtermattan, som luften måste passera. Spaltbredden är minst längst ner i donet. Spaltens funktion motsvarar funktionen för det traditionella donets polyuretanstrumpa. För spalten är ytterligare en styv väv placerad. Observera att ingen perforerad plåt sätts längst fram. Den skulle göra att de önskade strömningsegenskaperna ej kan erhållas.

I detta examensarbete förekommer tre olika deplacerande tilluftsdon. $D1^*$ är ett belinskt tilluftsdon. $D2$ och $D4$ är traditionella deplacerande don. $D2^*$ är något lägre än $D1$ och $D4^*$. Areor anges längre fram.

6 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att försöka påvisa skillnader mellan vanliga deplacerande don och ett belinskt. Skillnader som behöver bestämmas är strömningsprofil, dels ut genom donfront, dels på olika avstånd från donfront. Vidare är turbulensfaktorn av intresse i samband med drag och föroreningshalt. Begreppet turbulens behöver också utredas definitionsmässigt, vilka parametrar ska inkluderas? Reynold Tal* och/eller turbulensintensitet* och/eller hastighetsfluktuationernas* variationer i begrepp som frekvens*, amplitud* och energispektra* (uttryck som Fanger använder)?

Om möjligt, ville jag visa huruvida det blir skillnader på stora avstånd från don, dvs, för den enskilda individen som sitter t.ex. mitt i ett verkligt rum och andas in den luft vi tillför.

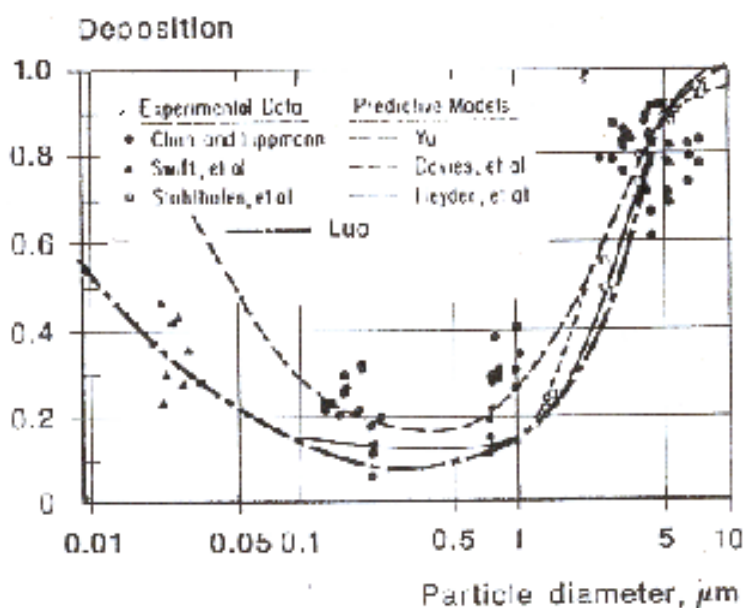
Av tidsbrist kan inte allt undersökas här. Jag har inriktat mig på att påvisa skillnader i strömningsprofil på olika avstånd från don. Dessutom har partikelmätningar gjorts, i syfte att se om partikelfördelningen blir olika i rummet med de olika dontyperna.

Detta examensarbete leder inte till några fantastiska slutsatser, men visar att området är komplext och att det finns mycket att studera.

7 Litteraturstudie och teori

7.1 Partiklar

- Ljungqvist skriver i "Spridning av luftburna föroreningar" om hur partiklar sprids olika mycket beroende på om vi har laminär* eller turbulent* strömning. Föroreningar (molekylära och partikulära) sprids vid konvektion*. Men även då luften står stilla sker spridning, genom diffusion*. Då man jämför molekylers diffusion i en laminär och turbulent strömning ses ingen eller liten skillnad. Då man jämför partiklars diffusion i en laminär och turbulent strömning kan en betydande skillnad observeras. I den laminära luftströmmen följer partiklarna snällt luftströmmen. I den turbulenta luftströmmen sprids de i hög grad ut ur och in i luftströmmen.
- SP* har (1999) testat och jämfört luftutbyteseffektiviteten* med tilluftsdonen D1 och D4. I stället för gas har partiklar använts som "spårgas". Fraktionerna 0,3-0,5 μm och 0,7-1,0 μm har mätts. Luftutbyteseffektiviteten för D1 blev 67 respektive 65 %. Luftutbyteseffektiviteten för D4 blev 59 respektive 57 %. Tänker man i intervallet 0-100 % är inte skillnaden så stor, men referensvärdet brukar sättas till den optimala omblandande ventilationens värde, dvs 50 %.
- Wen Lou har författat rapporten "Stoftanalys, Nr 2 1994". I diagrammet nedan kan ses vilka partikelstorlekar som deponeras i luftvägarna i varierande grad. Diametern* är s.k. fallhastighet-ekvivalent diameter, vilket gör att diagrammet gäller partiklar med densiteten 1000 kg/m^3 . Se figur nedan.



Diagrammet är hämtat från rapporten "Stoftanalys" av Wen Lou. Det visar hur stor andel inhaleda partiklar som deponerar i luftvägarna i relation till partikelstorlek.

Jag har förgäves försökt hitta någon som gjort eller sett någon undersökning på vilka partikeldensiteter som är representativa för inomhusmiljöer. De flesta som jag talat med tror dock att de ligger runt 1000 kg/m^3 . Är så fallet, är det inte uteslutet att det finns sanning i detta diagram.

Wen Lou anger också i sin rapport att partiklar i storleksområdet $0,1 \text{ } \mu\text{m}$ och mindre börjar uppföra sig som molekyler rörelsemässigt.

- Partiklar på $5 \text{ } \mu\text{m}$ och större, är svåra att ventileras ut med konventionell placering av frånluftsdon i taknivå. De samlas i rummets nedre zon. Emitteras partiklar i rummets nedre zon är det svårt att undvika att partiklarna sedan når andningszon. Vidare sägs att luftströmmen genom ett rum bör vara välorganiserad, välspredd och den inkommande luften bör vara lågturbulent. Termiska- och hastighetsgradienter i tilluften åstadkommer oönskade störningar. (Holmberg et al. 1999)
- I en rapport, sammanfattad i "Energi & Miljö", har Lehtimäki et al, undersökt huruvida det går att tillämpa på gas uppmätt ventilationseffektivitet*, även på partiklar. De kommer fram till att bortsett från partiklar större än $5 \text{ } \mu\text{m}$, beter sig gasformiga och partikelformiga föroreningar ganska lika både vid deplacerande och omblandande ventilation. Partiklar större än $5\text{-}10 \text{ } \mu\text{m}$ påverkas mer av tyngdkraften. Mätningarna gjordes i en testhall på $15 \times 15 \text{ m}$ och med varierande höjd upp till 9 m .
- Olika tilluftsdon har testats i en liten testkammare på $1*1*0,8 \text{ m}$. Man ville se vilket don som gav högst luftutbyteseffektivitet. Frånluften satt på motstående vägg. De olika tilluftsdonen var tallriksdon, perforerad cylinderformat plåtdon, perforerat tallriksdon samt ett don format som en halv (solid) parabol, med ett textilmaterial på ytan. Härvid erhöles med det senaste donet stabilast flöde, högst effektivitet och lägst hastighetsfluktuationer. Jämn hastighetsfördelning över ytan förhindrade återcirkulation och därmed störningar. Det anges att stora hastighetsfluktuationer måste undvikas vid regionen för lufttillförsel. När detta är ordnat kan acceptabla flödesmönster erhållas även vid verkliga situationer med väggfriktion och turbulens närvarande. (Holmberg et al. 1994)
- Luftflödet genom ett rum bör vara välorganiserad, välspredd och den inkommande hastigheten bör vara jämn och med låg turbulensintensitet, samt att ett ventilationsflöde med sådan struktur kommer också ventileras ut solida luftburna partiklar från vistelsezonen. (Holmberg. 1998)
- Det blir stora skillnader i halter (gasformiga och partikulära) beroende på om mätsonden sitter i en uppåtgående konvektionsplym eller ej. (Mundt)(Ljungqvist)

- Partikelstorlekar är högst betydelsefulla när man tillverkar medicinska inhalatorer. Generellt pratar man här om att optimal partikelstorlek är 1-5 μm , dvs då fastnar så mycket så möjligt (i kg) (Åke.Lindahl, BIOGLAN). Det är rimligt att anta att detta även gäller andra partiklar vi dagligen andas in i olika inomhusmiljöer. Det innebär att luftrörsbesvär skulle minska om vi kunde sänka halterna av denna partikelfraktion. Detta är dock ett mycket komplext område med många variabler. Densitet är en variabel som påverkar deponeringen. Lufthastighet en annan. Vilket diameterbegrepp man använder är högst relevant (se ordlista).
- Fanger har i sina många studier bl.a. visat att turbulensintensiteten har betydelse för människans dragupplevelse. Detta betyder att två luftströmmar med samma hastighet men med olika turbulensintensitet ger olika dragförnimmelser. Han har även kommit fram till att förutom turbulensintensiteten, spelar parametern frekvens (dvs hur fort hastigheten varierar) en roll. Maximal dragförnimmelse ges av en frekvens på 0,3-0,5 Hz.
- SP testade, förutom luftutbyteseffektiviteten också turbulensintensiteten på 25 respektive 100 mm från D1 och D4. På 25 mm blev medelturbulensintensiteten 12 respektive 16 % och på 100 mm 24 respektive 39 %. Samma mätning på 400 mm gav registrerade hastigheter i 5 av 25 mätpunkter och endast med D1; gav 38 %.
Svenska Inneklimatinstitutets anger i sina riktlinjer anger att en godtagbar lufthastighet vid turbulensintensiteter på 39 respektive 24 % är $\sim 0,13$ respektive $\sim 0,16$ m/s.
- Temperaturen på en plåt då den får stå i en luftström har mätts. Luftströmmens egenskaper alstrades av deplacerande tilluftsdon i tre varianter: med endast en matta, med endast perforerad plåt, samt med mattan placerad innanför plåten. På 25 mm uppmäts turbulensintensiteter på 3, 10 respektive 11 %. Plåten avkyls minst av luftströmmen med 3 %:s turbulensintensitet. Belin konstaterar att "inte bara turbulensgrad utan också skillnader i variationer i hastighetsförändringarnas snabbhet (acceleration), frekvens och acceleration, dvs energispektrat i strömningsfältet, bestämmer värmeöverföringen från ytan till omgivande luft." (Belin)
- Tyvärr har jag inte lyckats få tag på några oberoende mätningar på hastighetsfluktuationer på större avstånd än 4 dm (SP) från don. Detta hade var önskvärt eftersom större delen av vistelsezonen finns här.

8 Mätmetodik, mätningar och mätresultat

8.1 Mätningar

Mätningar har gjorts på två olika platser. Dels på Inventilations kontor, dels hos Reklamproducenterna, Enköpings centrum, som hyr lokaler med installerad kyla.

Temperatur, hastighet, hastighetsfluktuationer och partikelhalter har mätts enligt nedan:

- Mätning av temperatur och hastighet på olika höjder och avstånd från don D1 och D2 på Inventilations kontor.
- Mätning av hastighet på 50 cm från D1 respektive D2 i syfte att se variationer i hastighetsfluktuationer.
- Som 1 men hos Reklamproducenterna för att se om resultatet blir detsamma.
- Som 2 men på höjden 60 cm och avståndet ca 1,30 m från don. Detta för att komma lite närmre verkligheten. (Det är rimligt att någon skulle kunna sitta på detta avstånd från ett deplacerande don och besväras av drag .)
- Partikelmätningar hos Reklamproducenterna med D1 och D4.
- Partikelmätning vid hakan, dvs i min av kroppen alstrade uppåtriktade konvektionsström.

I samband med höjder används i rapporten ibland "mög". Detta är m (meter) över golv.

Mätresultaten presenteras i diagram under respektive rubrik.

8.1.1 Mätapparatur

Hastighet och temperatur: SWA300; Comfortgivare

Instrumentets möjliga mätfel: +/- 0,04 m/s el 3% av uppmätt värde beroende på vilket alternativ som ger störst avvikelse.

Rumstemperatur även: vanlig termometer med volymändrande vätska i rör.
 Frånluftsflöde: Termoanemometer GGA 23s Wallac
 Instrumentets möjliga mätfel: +/- 5 % på givaren Ni-125ANE
 Partikelräknare: Vercaport 10
 Information om mätosäkerhet har kunnat erhållas från säljande företag.



Till vänster ses ett det alternativa deplacerande tilluftsdonet (D1) som använts vid mätningarna, till höger det traditionella (D4), vilket användes vid partikelmätningarna.

8.2 Syfte

Syftet med hastighets- och temperaturmätningarna är att se om det blir någon skillnad då man tillför luften med D1 respektive D2, dvs om de olika donen ger luftströmmarna olika egenskaper.

Syftet med partikelmätningarna är att se om jag erhåller förhållandevis högre halter partiklar 0,5-5 μm i taknivå med D1, eftersom detta är vad tidigare mätningar visar (Belin, SP).

8.3 Temperatur och hastighet på kontor

På Inventilations kontor, Enköping, finns en liten demonstrationsanordning, iordningställd av Kurt Belin. En fläkt distribuerar luften till antingen D1 eller D2, vilken man nu väljer att ställa in. Före fläkten finns en låda i vilken en kassett (, en s.k. pad), passar. I kassetten finns material som drar åt sig fukt. Kassetten får vila i vatten ca två minuter och stoppas sedan ner i lådan. Luften kyls nu evaporativt*. En undertemperering erhålls på ca 2 °C. För att få så stor och jämn undertemperering så möjligt blötläggas kassetten mellan varje mätserie. Sedan tar det en stund innan kylan når sitt lägsta värde vilket märks då jag börjat mäta för tidigt och temperaturen går ner de första mätningarna. Det rör sig om tiondels grader.

D1 är ett belinskt don med arean 0,055 m². D2 är en Floormaster-kopia med fri area 0,06 m².

Tilluftsdonen står placerade bredvid varandra på ett bord, där jag mätt hastighet och temperatur med de två donen vid samma flöde.

Mätpunkterna är på 7 olika höjder (H/8, 2H/8, 3H/8...H) och avstånd (5, 10, 15 ... 45 cm). Sammanlagt blir det 63 mätpunkter för varje don.

Varje mätning fick måttiden 2 minuter under vilken instrumentet (SWA 300) registrerar hastigheten 4 ggr / sekund vilket blir 480 registrerade hastigheter varje mätning. Sedan noteras medelhastigheten och medeltemperaturen av dessa.

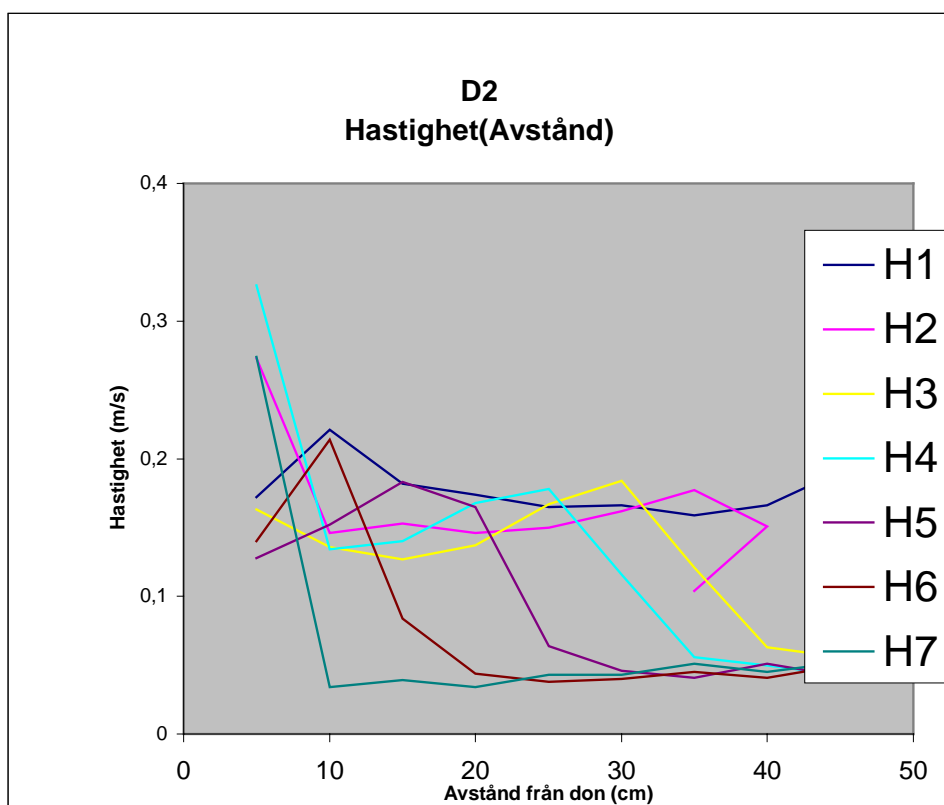
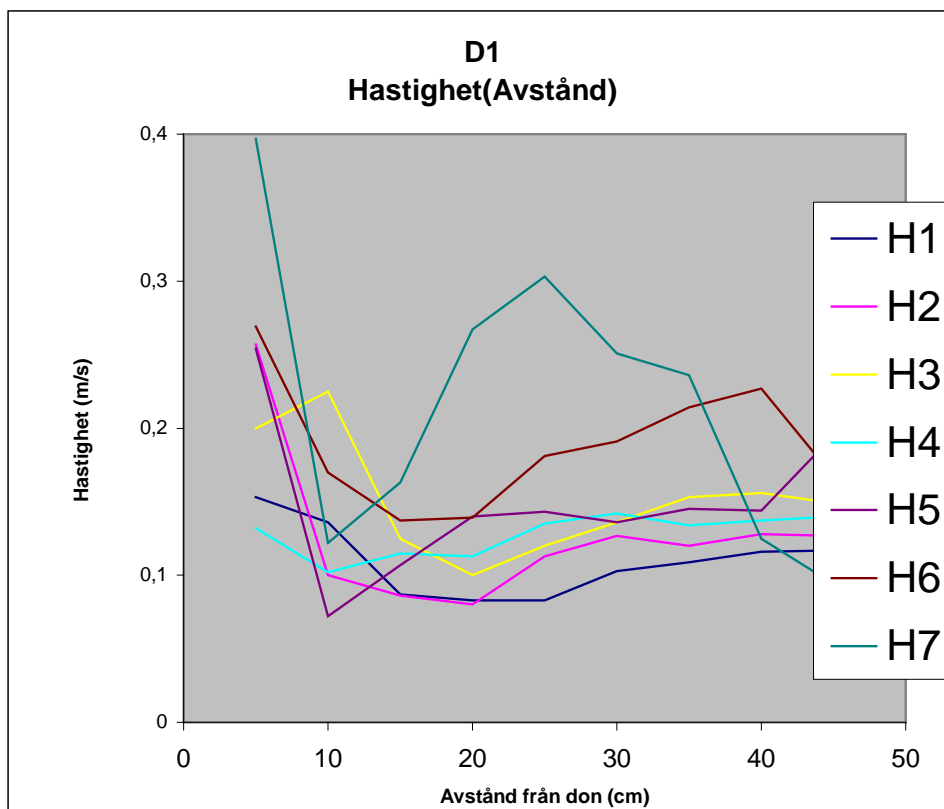
Comfortgivaren sitter under mätningens gång fast på stativ.

Flödet är ca 30 l/s och konstant vid de båda mätningarna. Skillnad i tryckfall mellan donen har bedömts försumbara för mina ändamål.

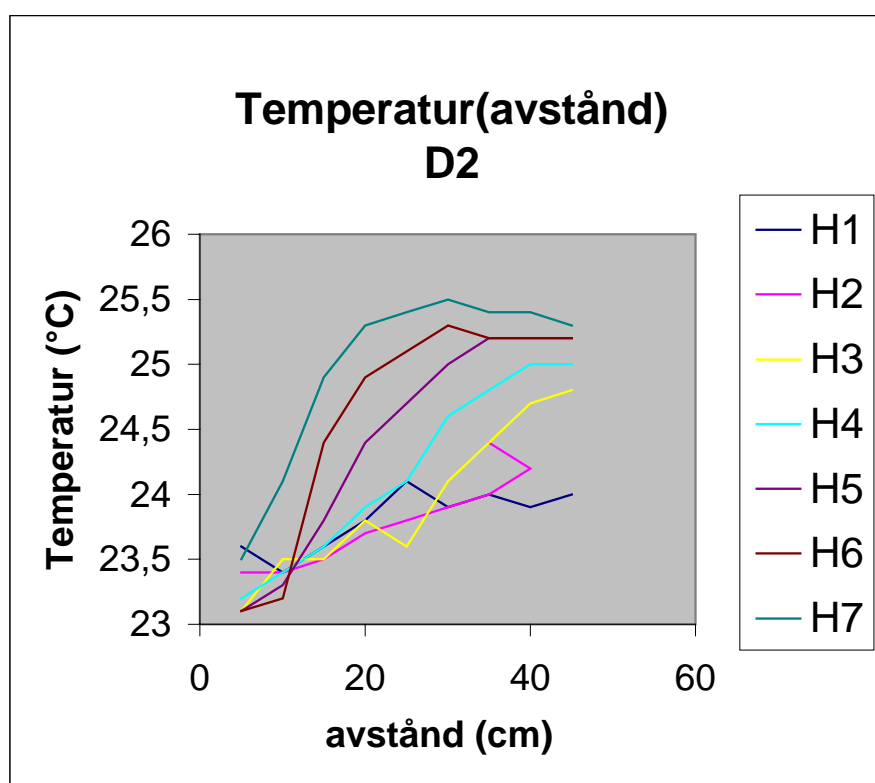
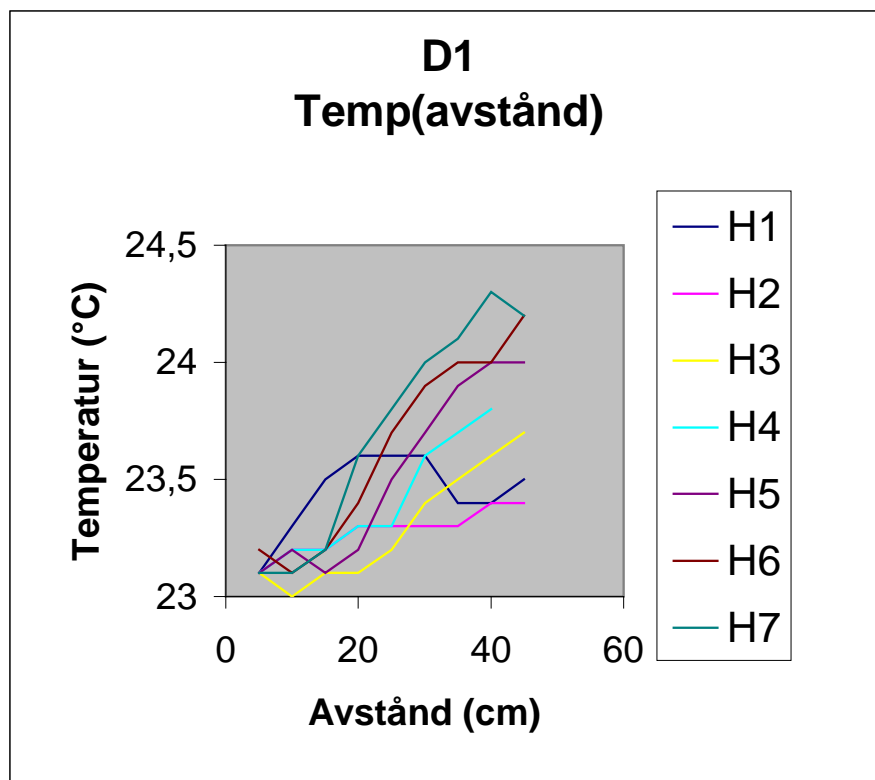
D1 och D2 är olika höga och de olika mät höjderna anges nedan:

Donhöjd	D1 cm	D2 cm
H1 H/8	7,3	5,7
H2 H/4	14,7	11,4
H3 3H/8	22	17,1
H4 H/2	29,4	22,8
H5 5H/8	36,7	28,5
H6 3H/4	44,0	34,2
H7 7H/8	51,4	39,9

Donareor:	
D1	0,055 m ²
D2	0,060 m ²
D4	0,048 m ²



Diagrammen visar hur hastigheten varierar med höjd och avstånd från ett traditionellt deplacerande tilluftsdon (D2) respektive ett alternativt tilluftsdon (D1). Man ser tydligt hur den kallare tilluften från D2 rasar ner till golvnivå på olika höjd och avstånd. D1:s hastighetsfördelning är jämnare men ändå oväntat ojämn.



Diagrammen visar temperaturen som varierar med avstånd och höjd i luftströmmen alstrad av dels ett traditionellt deplacerande tilluftsdon (D2), dels ett alternativt (D1). Vid D2 höjs temperaturen snabbast högst upp (H7) eftersom den undertempererade luften p.g.a dess högre densitet "rasar" ner mot golv.

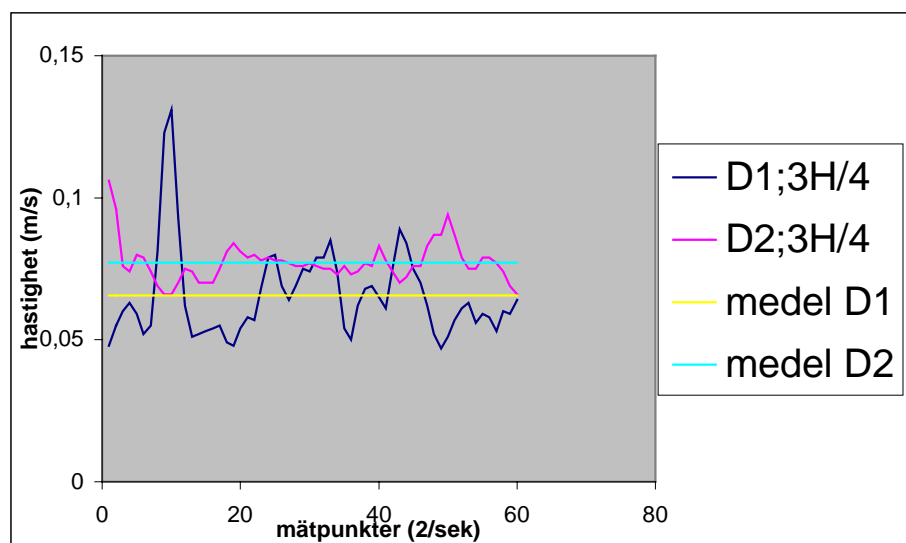
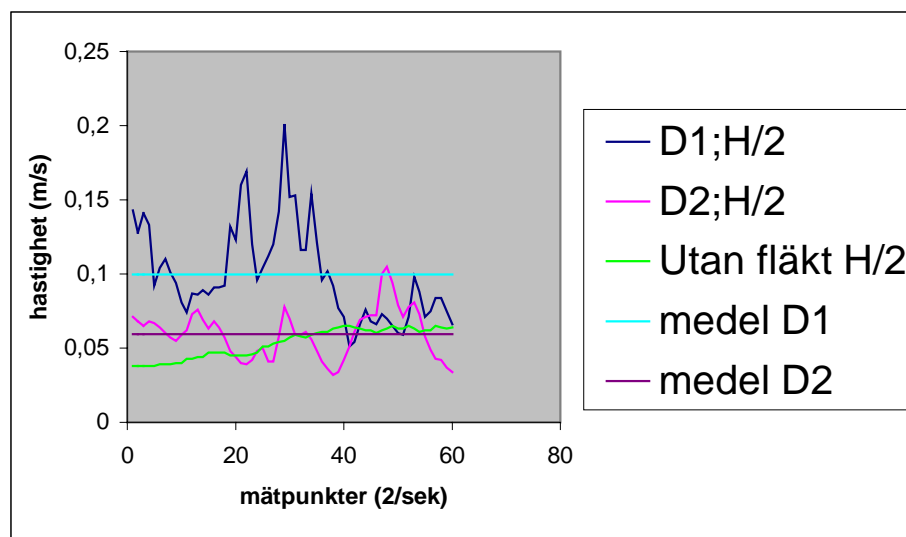
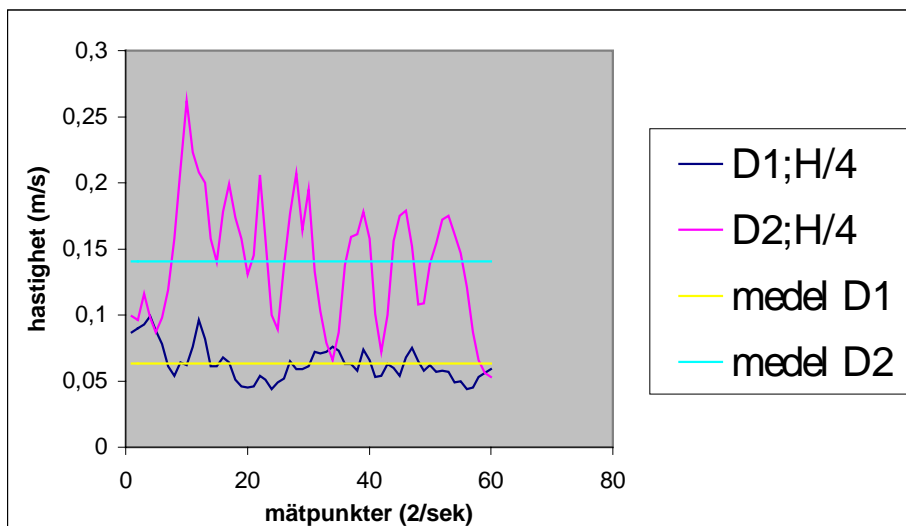
8.4 Variationer i hastighetsfluktuationer på kontor

Comfortgivaren på stativ används liksom vid föregående mätbeskrivning. Jag mäter på tre olika höjder, dvs på varje fjärdedels donhöjd.

Ingen baktanke finns med avståndet 50 cm. Avståndet är dock sådant att det inte är orealistiskt att någon kan sitta på detta avstånd från ett don i t.ex. ett klassrum.

Innan jag börjar mäta med fläkten igång görs en mätserie utan fläkt.

Instrumentet registrerar en hastighet 2 ggr / sekund (egentligen skulle jag ha 4 ggr / sekund men det fungerade inte mättekniskt i den mode jag ville göra mätningen i) och en mätning innehåller 60 registrerade hastigheter.



Diagrammen visar hur hastigheten fluktuerar runt medelhastigheten på tre olika höjder, 50 cm från dels ett traditionellt deplacerande don (D2), dels ett alternativt deplacerande don (D1). Två hastighetsvärden per sekund är registrerade.

8.5 Temperatur och hastighet hos Reklamproducenterna

Tillvägagångssättet är som beskrivet för motsvarande mätning på kontor med det undantaget att kylan nu ordnas centralt i ett aggregat.

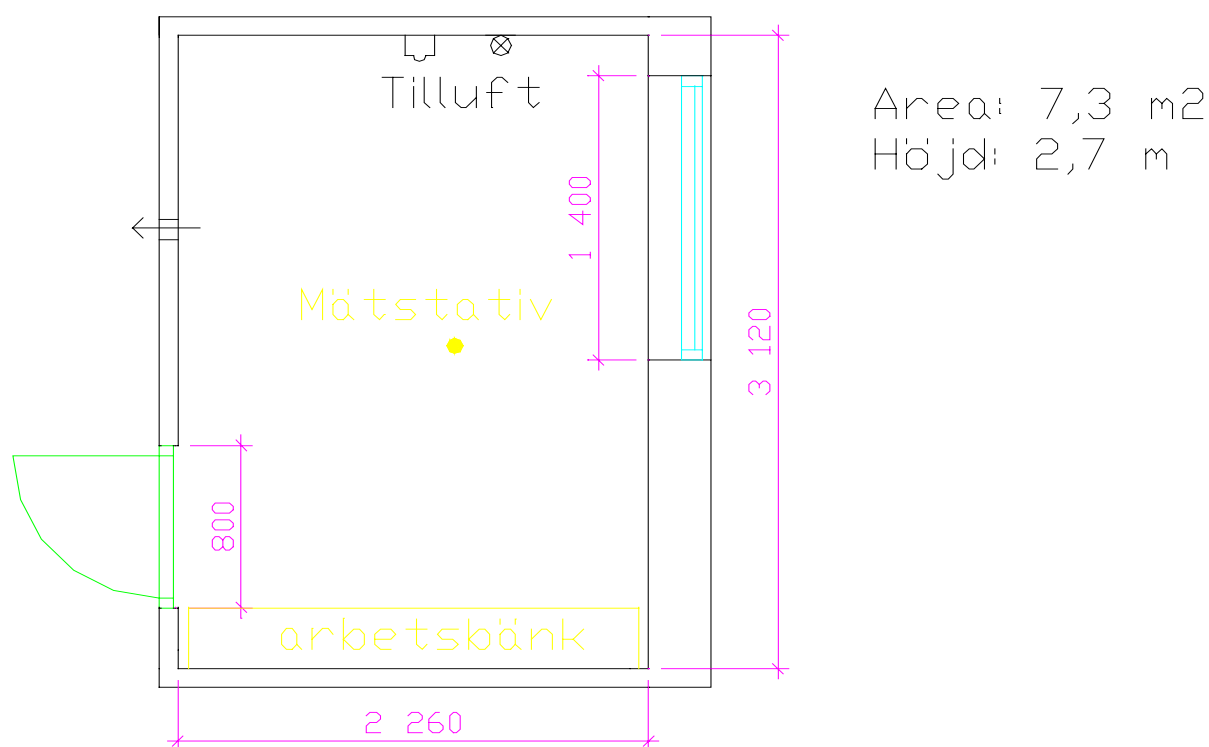
Av tidsbrist mättes nu endast på 4 höjder: H1 (H/8), H3 (3H/8), H5 (5H/8), H7 (7H/8).

Däremot mättes på längre avstånd från donet: på 5, 15, 30, 60, 90, 120, 150 och 180 cm.

Skillnaden mellan tilluftstemperatur och rumstemperatur (här vid innervägg ca 1 mög) varierar men ligger på ~2 °C.

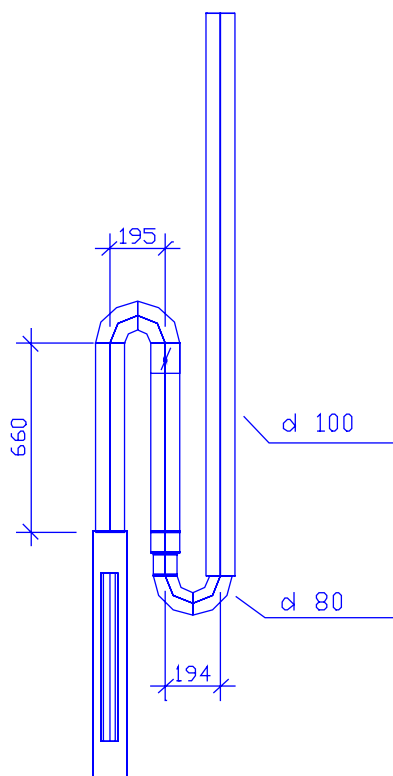
Tilluftsflödet bestäms till 30 l/s dels med tryckgivare, dels med hastighetsgivare. Detta ger teoretiska, utan hänsyn taget till tryckfall i den extra kanaldragning jag gjort, utgångshastigheterna $v_{0D1} = 0,54$ m/s och $v_{0D2} = 0,5$ m/s (!).

Frånluftsflödet bestäms till 33 l/s med termo-anemometer.

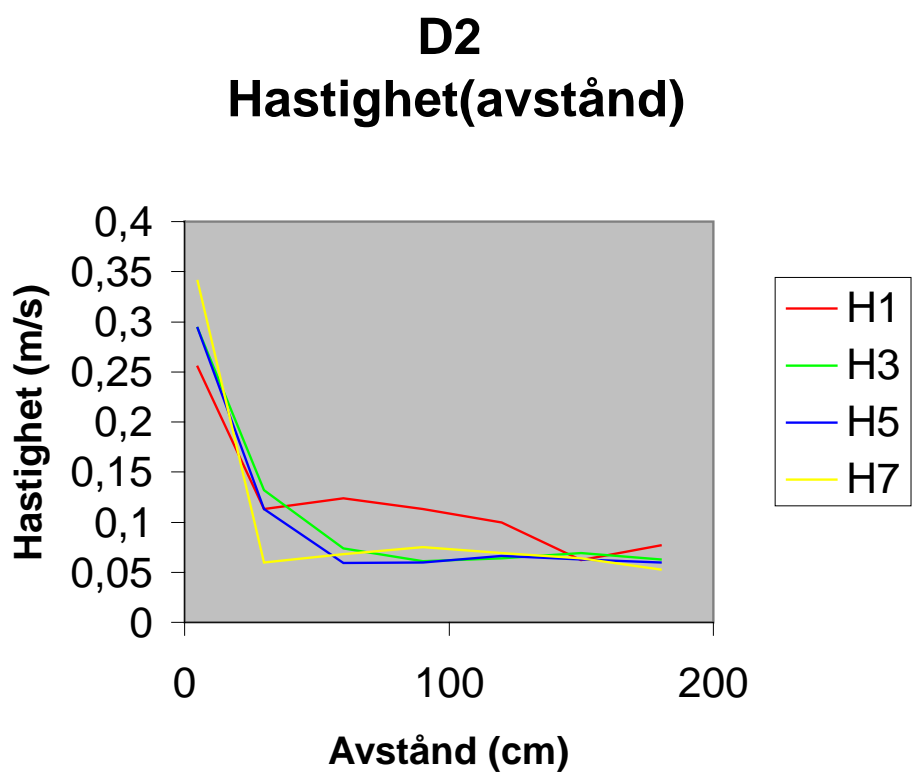
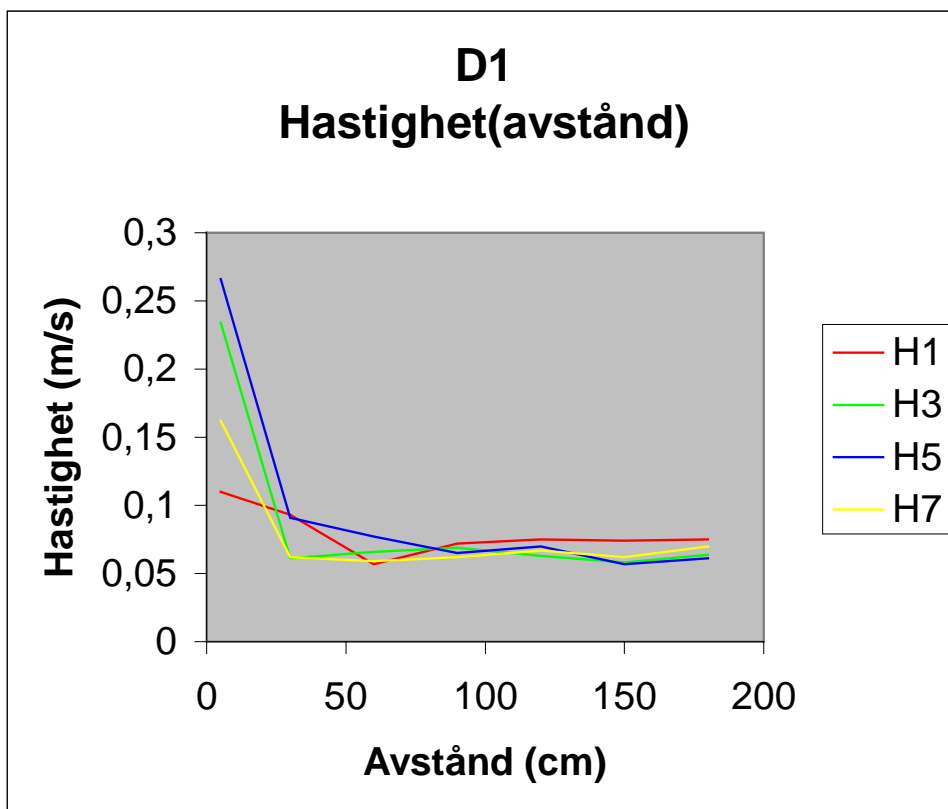


Vilrum hos Reklamproducenterna. Takhöjd: 2,7 m. Här inne gjordes hastighets- och temperaturmätningar samt partikelmätningar. Partikelmätaren var placerad på arbetsbänken vid väggen närmast denna text. Partikelgeneratorer var jag själv samt Kurt Belin. Vi satt på stolar utmed den vänstra väggen.

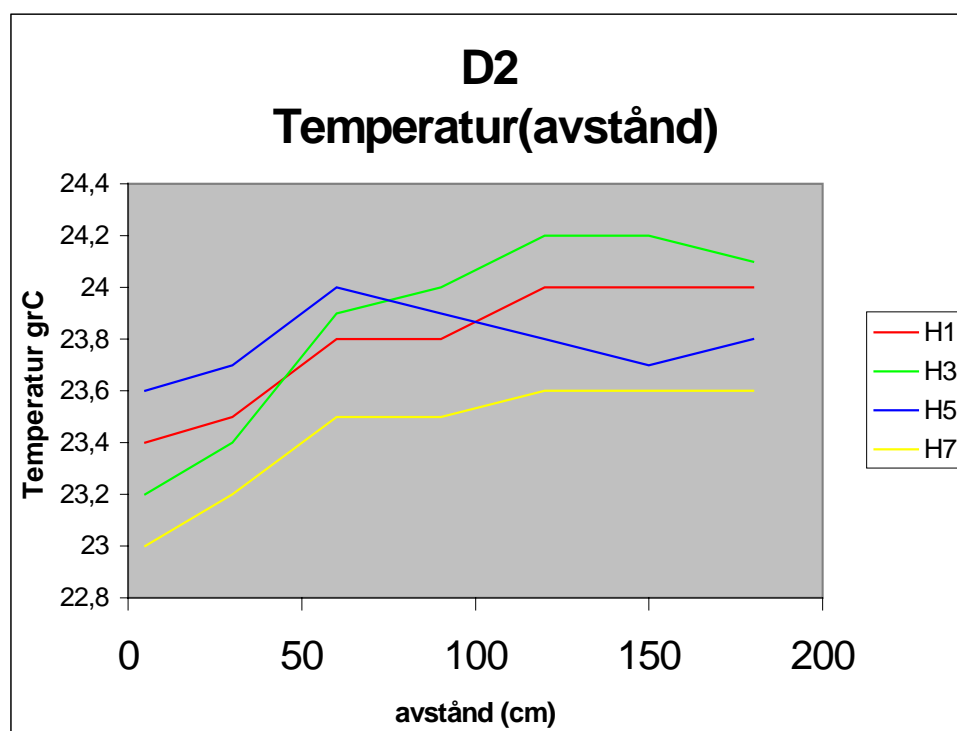
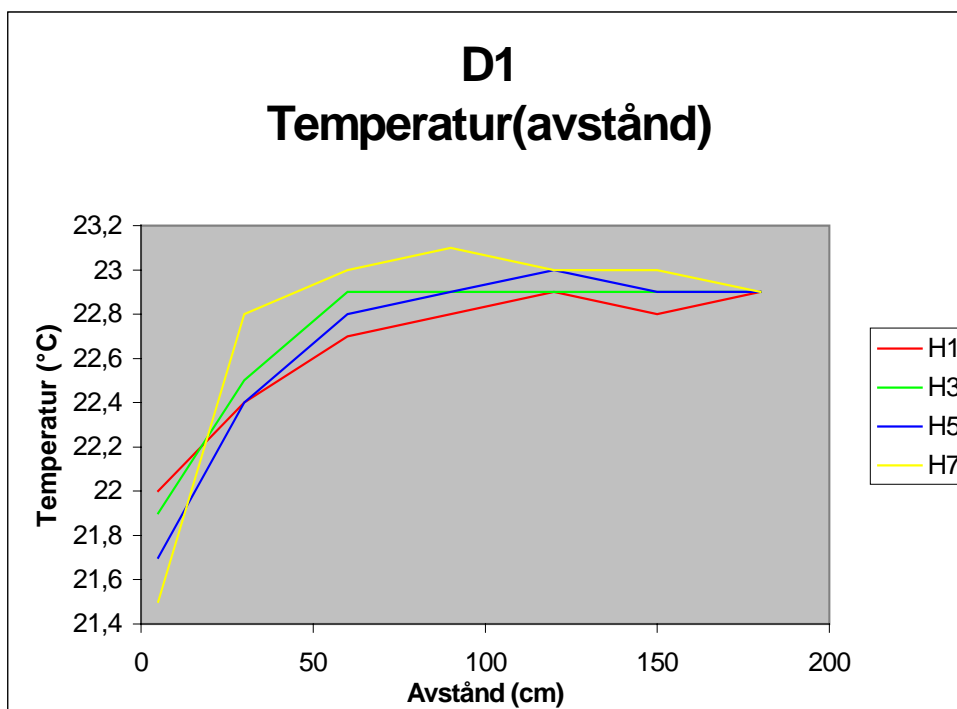
Det befintliga donet sitter (osynligt i bild) vid slutet på d 100 (diametern = 100 mm) kanalen som går ner från tak. För att kunna ansluta och även skifta don var jag tvungen att dra extra kanaler. Före donet är det drygt sex diametrar raksträcka.



Kanaldraging hos Reklamproducenterna. Den högra kanalen är befintlig. Pga att den gick så långt ner fick inte test-donen plats under varför den extra kanaldragingen gjordes.



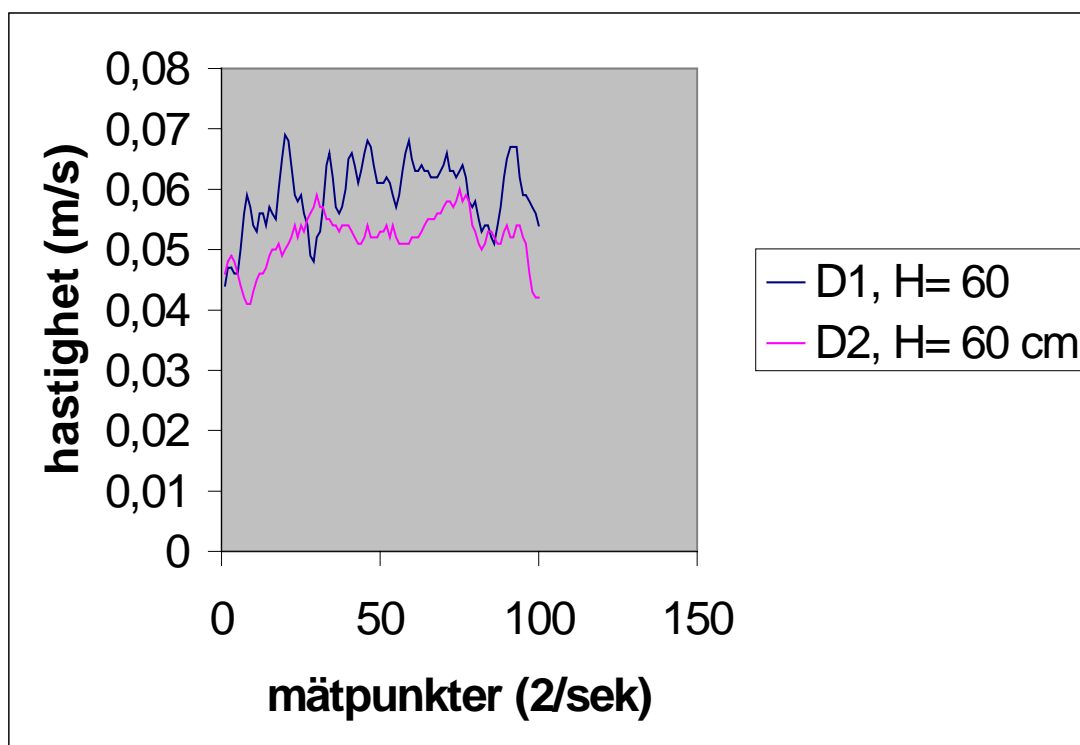
Diagrammen visar hastigheten på 7 avstånd fram till 180 cm. Hastigheten är högst längst ner (H1) för det traditionella deplacerande donet, D2, vilket är som väntat. Hastigheterna för D1 (övre diagrammet) är lite mer samlade; jämnare hastighetsprofil.



Diagrammen visar temperaturen på fyra olika höjder, 1-150 cm från två olika typer av deplacerande tilluftsdon. Tyvärr verkar denna mätning tveksam.

8.6 Variationer i hastighetsfluktuationer hos Reklamproducenterna

På avståndet 1,3 m och höjden 60 cm gjordes en mätserie på 100 registrerade hastigheter per don. Flöden och donareor enligt avsnitt "Temperatur och hastighet hos Reklamproducenterna" (kap 7.5).



Diagrammet visar hastighetsfluktuationer på höjden 60 cm och avståndet 1,3 m från ett traditionellt deplacerande don (D2) samt ett alternativt (D1). Hastigheten är högre för D1 eftersom hastighetsprofilen i höjddled är jämnare med detta don. Hastigheten för D2 finns i högre grad på lägre höjd.

8.7 Partikelmätningar

7 av partikelräknarens 10 portar ansluts till slangar med en längd av ca 4 m. Slangarna fästes vid mätthål i tilluftkanal, 5 cm från don, vid ställning på olika höjder och invid frånluften. Partikelräknaren mäter antalet partiklar i fyra olika fraktioner; 0.2-0.5, 0.5-1.0, 1.0-5.0 och > 5.0 μm .

För att få hastigheten 0,45 m/s genom tilluftsdonet, vilket anses vara en optimal hastighet för både det belinska (Belin) och det traditionella donet (Danielsson, ABB), används spjället. Tilluftsflödet bestäms genom mätning av tryckskillnad mellan totaltryck och statiskt tryck med tryckgivaren och SWA 300.

För att frånluften ska vara balanserad mot tilluften justeras tallriksdonets fria area med ”silver-tejp” tills rätt flöde erhålls (samma flöde som tilluften). Den primitiva strypmetoden med tejp används eftersom donets rörliga del inte enkelt går att skruva in och ut, utan är låst på tallriks baksida. Mätning av frånluft görs med Termo-Anemometer GGA 23s Wallac.

Areor

A_{D1} : 0,055 m²

A_{D4} : 0,048 m²

Don	Tilluftsflöde	Frånluftsflöde	ΔT (0,1-2,5 mög)	SLF ¹⁾
D1	25 l/s	25 l/s	~3°C	4,5
D4	22 l/s	24 l/s	~4°C	4,0

1) Specifikt luftflöde* (tidigare antal luftomsättningar/växlingar)

Eftersom det var omöjligt för mig att kontrollera antalet tillförda partiklar, utifrån och altrade inomhus, går det bara att jämföra fördelningen partiklar i rummet.

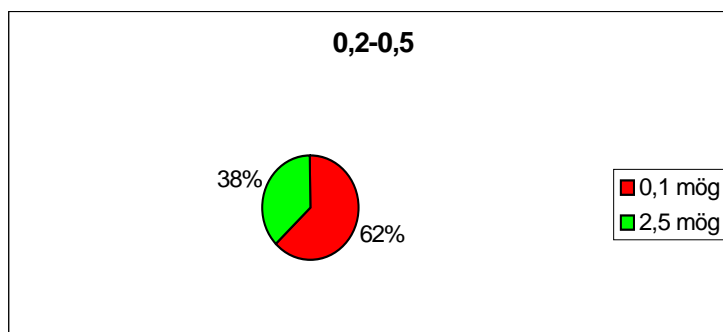
På följande fyra sidor visas den procentuella fördelningen partiklar med två respektive tre mätthöjder medtaget.

Mätresultat 00-08-07 D1

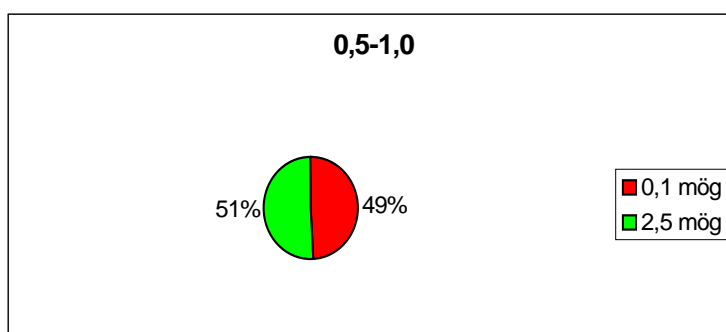
2 personer

 $\Delta T = 3 \text{ K}$

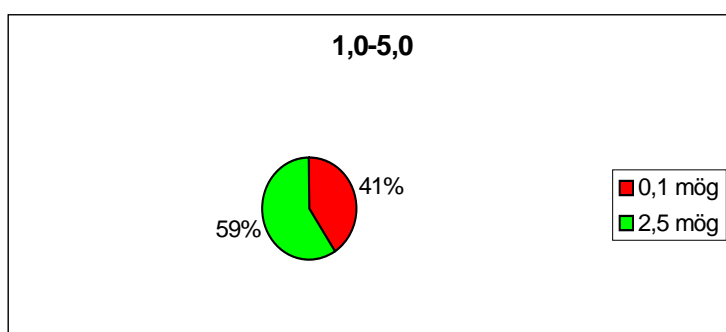
0,2-0,5	
0,1 mög	18 191 607
2,5 mög	10 941 220



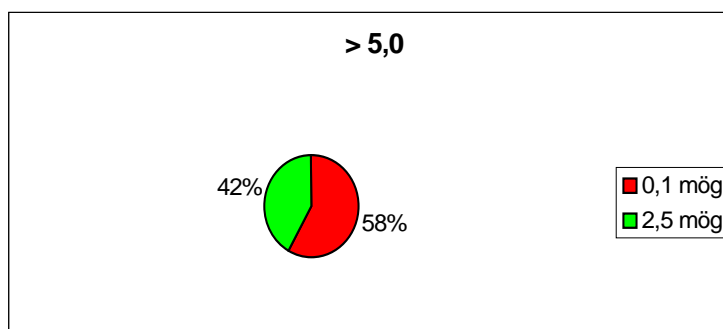
0,5-1,0	
0,1 mög	256 699
2,5 mög	269 039



1,0-5,0	
0,1 mög	170 750
2,5 mög	247 247



> 5,0	
0,1 mög	61 965
2,5 mög	45 160



Jämför med omblandande system; 50% / 50% !

Procentuell partikelfördelning mellan tak och golv i ett rum då tilluften distribueras av ett s.k. belinskt don, vilket är ett alternativt deplacerande tilluftsdon. Partikelfraktionerna är 0,2-0,5 μm, 0,5-1,0 μm, 1,0-5,0 μm och > 5,0 μm. Antalet per kubikmeter ses till vänster om respektive diagram.

Mätresultat 00-08-09 D4

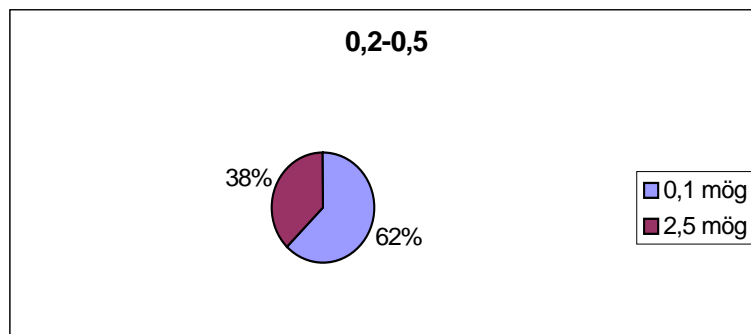
2 personer

 $\Delta T = 4 \text{ K}$

0,2-0,5

0,1 mög 65 065 684

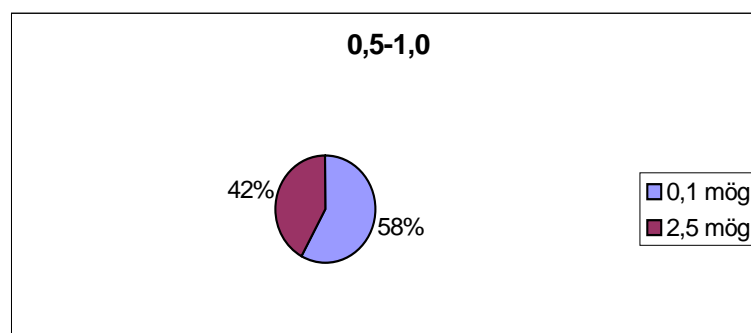
2,5 mög 39 723 692



0,5-1,0

0,1 mög 558 142

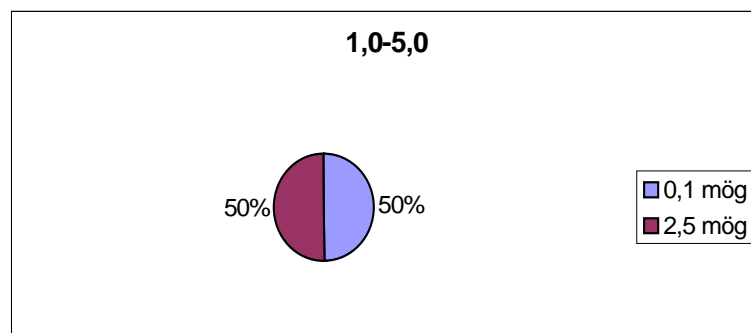
2,5 mög 409 277



1,0-5,0

0,1 mög 225 880

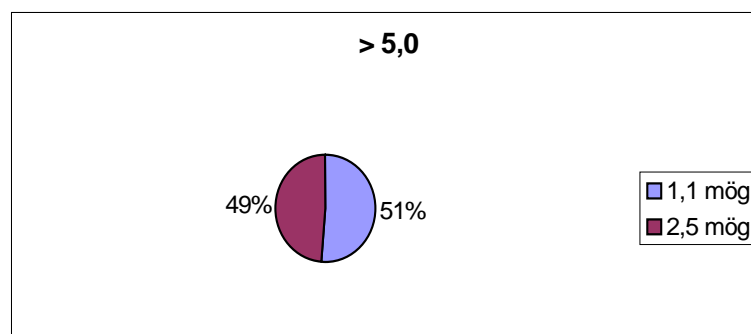
2,5 mög 229 248



> 5,0

1,1 mög 58 606

2,5 mög 55 957



Jämför med omblandande system; 50% / 50% !

Procentuell andel partiklar vid golv- respektive taknivå då luften tillförs rummet med ett traditionellt deplacerande don (D4).

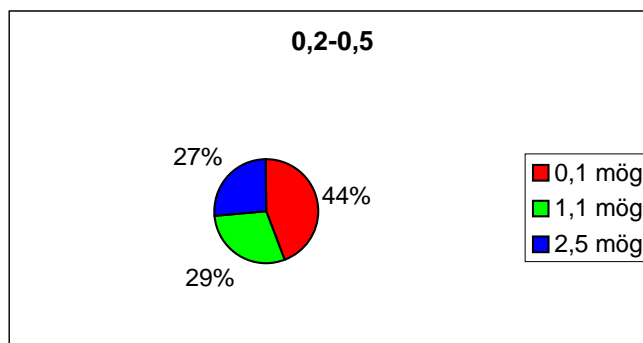
Mätresultat 00-08-07 D1

2 personer

 $\Delta T = 3 \text{ K}$

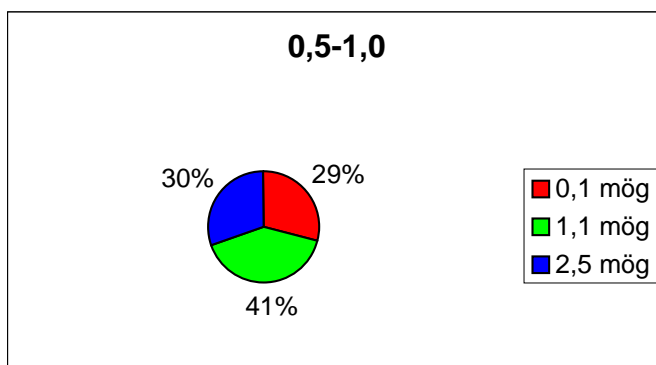
0,2-0,5

0,1 mög	18 191 607
1,1 mög	11 971 514
2,5 mög	10 941 220



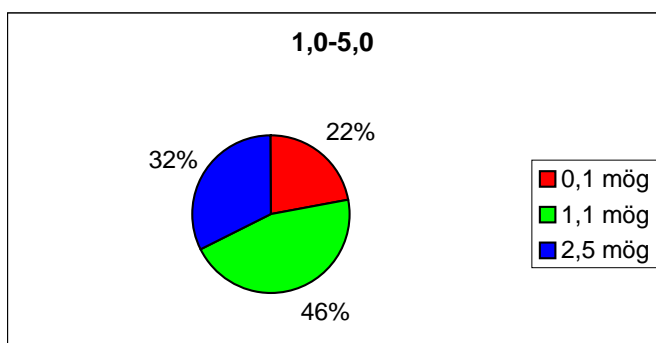
0,5-1,0

0,1 mög	256 699
1,1 mög	357 784
2,5 mög	269 039



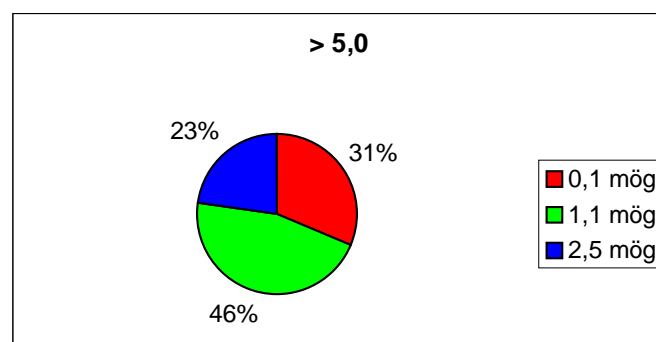
1,0-5,0

0,1 mög	170 750
1,1 mög	345 883
2,5 mög	247 247



> 5,0

0,1 mög	61 965
1,1 mög	90 148
2,5 mög	45 160



Procentuell andel partiklar på 0,1 , 1,1 , och 2,5 m över golv då luften tillförs med ett alternativt deplacerande tilluftsdon (D1).

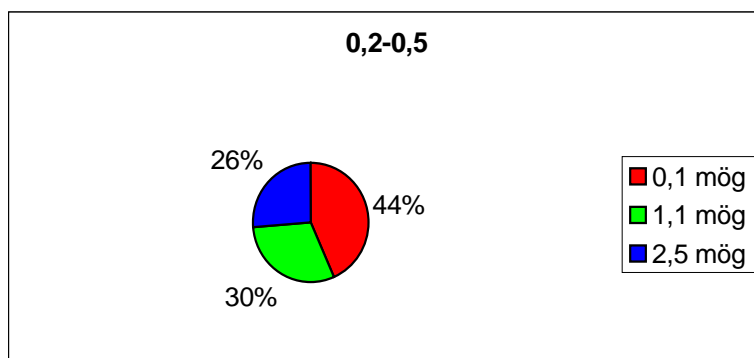
Mätresultat 00-08-09 D4

2 personer

 $\Delta T = 4 \text{ K}$

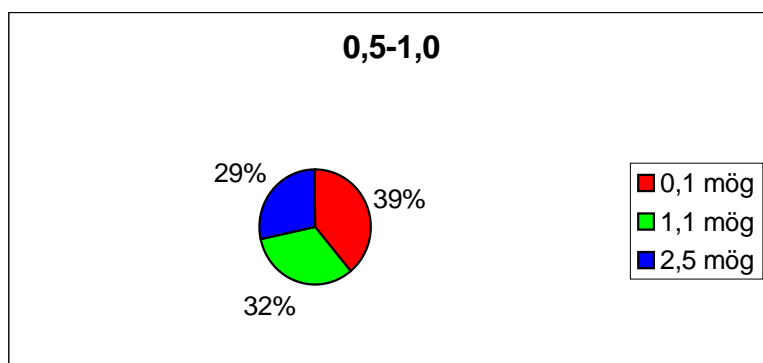
0,2-0,5

0,1 mög	65 065 684
1,1 mög	45 765 165
2,5 mög	39 723 692



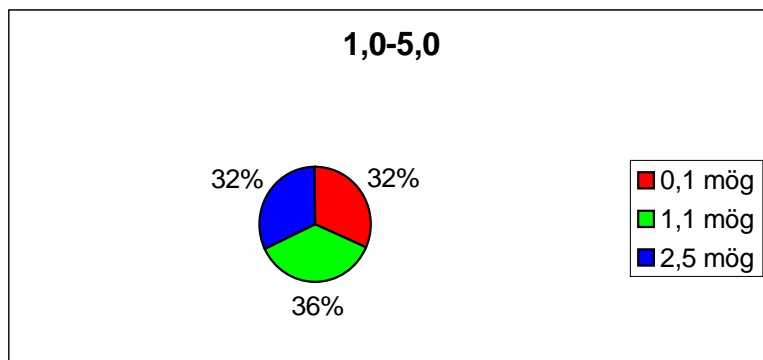
0,5-1,0

0,1 mög	558 142
1,1 mög	465 477
2,5 mög	409 277



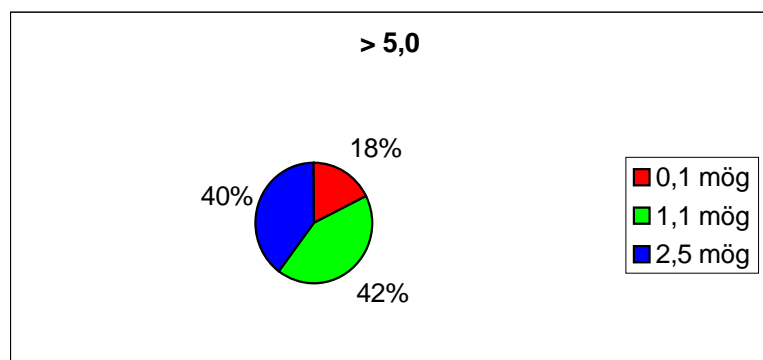
1,0-5,0

0,1 mög	225 880
1,1 mög	257 050
2,5 mög	229 248



> 5,0

0,1 mög	24 909
1,1 mög	58 606
2,5 mög	55 957



Procentuell andel partiklar då luften tillförs rummet med ett traditionellt deplacerande tilluftsdon.

9 Utvärdering och diskussion

9.1 Hastighet / Temperatur på olika avstånd från don

9.1.1 0-45 cm

På 5 cm är det stora hastighetsvariationer vid båda donen.

Mellan 10-45 cm varierar hastigheterna i höjddled mer med D2 än med D1. Det traditionella deplacerande donets strömningsprofil ses tydligt vid D2. Längst ner (H1) är hastigheten hyfsat konstant hela vägen. På övriga höjder ses hur den kallare tilluften rasar ner på olika avstånd från donet. Täthetsströmmen ser ut att vara färdigutvecklad på ca 50 cm.

D1 får en annan typ av hastighetsprofil enligt diagrammet. Hastighetsfördelningen förväntades vara jämn i höjddled, men den är ojämnare än förväntat. Den övre delen av donet ger relativt höga hastigheter. Donet kan vara ett "måndagsexemplar" eller också behöver fördelningstekniken utvecklas.

Temperaturen ökar med avstånd och höjd från don för bägge donen. Att temperaturen ökar med höjd och avstånd från D2 beror på att rumsluften intar allt större plats här, allteftersom tilluften rasar ner. Men för D1 måste orsaken vara en annan eftersom luftströmmen i princip är lika hög som donet, enligt hastighetsmätningarna. Värme kan överföras genom ledning, konvektion (inblandning av rumsluft) och strålning. Den konvektiva värmeöverföringen är den oönskade delen. Hur värmen överförs kan jag inte uttala mig om efter dessa mätningar men det behöver definitivt undersökas.

9.1.2 0-180 cm

Hastigheterna är jämnare fördelade i höjddled med D1 från 30 cm. Det beror på täthetsströmmen som D2 ger. Det syns i diagrammet på höjden H1.

Det ser inte ut som om jag erhållit en begynnelsehastighet på 0,4 m/s. Detta kan tyda på att hastighetsprofilen inte är jämn, dvs att hastigheten är högre på sidorna. Till mindre del kan det också bero på tryckfall över spjället. Resultatet är inte som förväntat. Man skulle kunna tro att D1:diagram egentligen tillhör D2 och vice versa. Då skulle det se mer logiskt ut tycker jag, men jag hittar inget som tyder på ihopblandning.

9.2 Fluktuationer

Kontor:

På H/4 ser resultaten ut som man kan förvänta sig. Stora fluktuationer (virvlar) och högre hastighet för D2 och lägre för D1.

På H/2 är det nästan omvänt. Hastighetsvariationerna är större för D1. Det är dock logiskt att hastigheten är högre för D1.

På 3H/4 ser det inte logiskt ut. D2 borde inte ha högre hastighet än D1 på den här höjden.

Reklamproducenterna:

Hos Reklamproducenterna där hastighetsfluktuationerna har mätts på ca 1,3 m från don ser det inte heller ut som förväntat.

Om jag räknar alla topparna jag ser blir frekvensen mer eller mindre lika för donen. Det är tänkbart att det skulle bli annorlunda med t.ex. 10 mätningar/sekund. Amplituderna blir högre för D1 med undantag för H/4-mätningen. Logiskt är dock att hastigheten är högre för D1, vilket diagrammet visar.

9.3 Partiklar

Området "partiklar" är egentligen mycket komplext. Partiklar är av bl.a. olika form, laddning, densitet, storlek och naturligtvis sammansättning. Framför allt storlek och densitet påverkar deras rörelsemönster. Detta gäller dock inte de allra minsta partiklarna, där t.ex. laddningen är viktig. För att kunna resonera om partiklar måste många förenklingar göras. En förenkling är att bortse från att partiklars densitet varierar.

Partikeldiametern* som Versa Port 10 anger är en partikels optiska diameter.

Vid tolkning av mätresultaten måste man ha i bakhuvudet att endast en mätserie gjorts med respektive don. För att få en fullständig bild av skillnaden som de två olika typerna av tilluftsdon ger måste fler mätningar göras och jämföras med varandra. Därför kan inga generella slutsatser dras utifrån endast dessa mätningar.

Ha också i bakhuvudet att referensnivån är ett optimalt omblandande system.

9.3.1 0,1 och 2,5 mög

Referensnivån är 50 % på respektive mätthöjd, vilket används som nollnivå.

- För den minsta partikelfractionen blir det ingen skillnad mellan donen. Detta kan tolkas som att partiklar, tillräckligt små för att röra sig som molekyler, sprids likartat (molekylär diffusion) i turbulent respektive lågturbulent luft. Jag har dock inte sett några hastighetsmätningar som visar att luften rör sig mer turbulent i rummet med don typ D4. Högst på en decimeter från don (SP). Vidare ska partiklarna vara 0,1 μm eller mindre för att börja röra sig som molekyler, dvs med Brownska rörelser* (Filter Engineering; Camfil), och detta partikelintervall är 0,2-0,5 μm . Det torde dock inte finnas någon skarp gräns mellan molekylers och partiklars olika rörelsemönster. Det är rimligt att partiklar med storlekar som börjar närma sig molekylers allt mer rör sig som dessa och vice versa.
- För partiklar 0,5-1,0 μm blir resultatet bättre för D1. Från referensvärdet 50/50 blir det -1 för D1 och +8 för D4, på 0,1 mög. Detta talar för att luften vid golvnivå i högre grad blandas med rumsluft, dvs det blir högre turbulens, med D4.
- För partiklar 1,0-5,0 μm blir motsvarande -9 för D1 och 0 (50/50) för D4 vid 0,1 mög. Även här blir tolkningen turbulensens inverkan.
- För den största fraktionen blir det +8 för D1 och +1 för D4, 0,1 mög. Det verkar som dessa partiklar kan sedimentera i högre grad med D1. Detta betyder att dessa partiklar har så stor massa att den turbulenta diffusionen (se avsnittet "Litteraturstudie och teori") har en underordnad betydelse jämfört med tyngdkraften. Detta sker vid diametrar ca > 20 μm (Ljungqvist).

9.3.2 0,1 och 1,1 och 2,5 mög

Referensnivån är nu 33 1/3 % på respektive mätthöjd.

- Det blir ingen skillnad på den minsta partiklarna mellan D1 och D4. Stämmer enligt tidigare beskriven teori. Den största andelen finns i golvnivå. Andelen är lika på 1,1 och 2,5 mög. Orsaken till fördelningen är troligen att de minsta partiklarna kommer in med tilluften. Byggnaden är i stadsmiljö och filtret stoppar troligen inte så små partiklar.
- 0,5-1,0 μm : Med D1 är andelen i golv- och taknivå lika. Den största andelen finns på 1,1 mög. Med D4 är andelen på 1,1 och 2,5 mög lika. Den största andelen finns på 0,1 mög. Fördelningen med D4 liknar den mindre fraktionen medan det med D1 har hänt något. Andelarna på 0,1 och 1,1 mög är mer lika med D4 än med D1. Kan tolkas som högre inblandning av rumsluft i tilluftströmmen med D4.
- För partiklar 1,0-5,0 är fördelningen i höjddled med D4 i princip homogen med bara en mycket liten förhöjd andel på 1,1 mög. Med D1 har vi den minsta andelen i golvnivå, den högsta på 1,1 mög och en mellanstor andel i taknivå. Skillnaden mellan 0,1 och 1,1 mög är mycket stor med D1. Detta tyder på att inblandning av rumsluft i tilluftströmmen är mindre med D1.
- Andelen stora partiklar, dvs över 5 μm , är störst på 1,1 m med D1. Den minsta andelen finner vi i taknivå och en mellanstor andel i golvnivå. Med D4 blir andelen i taknivå och på 1,1 mög lika medan en mindre andel finns på 0,1 mög. Vad det är som gör att dessa stora partiklar i högre grad här kommer upp i taknivå med D4 kan jag inte förklara.

9.4 Diskussion

Ponera nu att den partikulära diffusionen är a och o. Ponera vidare att D4 alstrar högre turbulens än D1 i det i princip horisontella skiktet mellan tilluftström-rumsluft. Hur skulle då resultaten teoretiskt se ut? Vi kallar andelen på 1,1 mög minus andelen på 0,1 mög för Δ .

Jo, för de minsta partiklarna som rör sig som molekyler skulle $\Delta_{D1} \approx \Delta_{D4}$.

För nästa storleksfraktion (0,5-1,0 μm) skulle Δ_{D4} vara mindre än Δ_{D1} . För nästa storleksfraktion (1,0-5,0 μm) skulle skillnaden vara ännu större.

De största partiklarna har större massa. Den partikulära diffusionen får då underordnad betydelse eftersom tyngdkraften tar över.

Ovan beskrivna skillnader stämmer överens med gjorda mätningar. Störst är skillnaden för partiklar i intervallet 1,0-5,0 μm vilket för övrigt är den optimala partikelstorleken i medicinska inhalatorer därför att de i så stor utsträckning fastnar i luftvägarna.

Det blir en större andel partiklar 0,5-5,0 μm i taknivå än i golvnivå med D1 jämfört med D4. Detta går hand i hand med en högre luftutbyteseffektivitet mätt på partiklar i detta storleksintervall (vilket SP gjort). Belin anger att förklaringen är att luftströmlinerna i hela rummet blir lugnare med det belinska donet (han kallar det dock

frontventilation) så att partiklarna kan följa med de termiska luftströmmarna upp till tak och frånluftsdonet. Jag har dock inte sett några objektiva mätningar som kan påvisa lugnare luftrörelser i rummet, endast vid don.

Inledningsvis frågade jag mig hur vi ska hantera och använda begreppet turbulens. Turbulens innehåller en rad parametrar: Reynolds Tal, turbulensintensitet, hastighetsfluktuationers variationsgrad; frekvens och amplitud. Kanske fler ändå, som inte jag känner till. Beroende på i vilket sammanhang vi använder begreppet turbulens menar vi olika bakomliggande parametrar.

Jämför vi två luftströmmar distribuerade av två olika typer av deplacerande don kan dessa luftströmmar ha samma Reynolds Tal men ha olika turbulensintensitet (eller "turbulensgrad"). Begreppet Reynolds Tal används dock troligen endast för strömmande medier i en given begränsningsvolym, t.ex. en kanal.

Två luftströmmar med samma turbulensintensitet kan ha hastighetsförändringar med olika frekvens och/eller amplitud. Innebörden av detta är tänkvärdt och bra att ha i bakhuvudet när man använder sig av begreppet.

Turbulensintensitet innehåller primärt två parametrar; standardavvikelse* och medelhastighet. Amplitudernas variationer kommer alltså inte med och inte heller frekvensen / frekvensvariationerna.

10 Slutsats

Skillnader som framkommit har beskrivits ovan. Det vore intressant att se om skillnaderna är repetitiva.

Mätningarna har visat att de olika dontyperna ger olika strömningsbilder. Den tydliga "vattenfallseffekt" som ett traditionellt deplacerande don ger finns inte med det belinska, som ger en jämnare hastighetsfördelning i höjdd. Skillnaden som blir på ett avstånd upp till $\sim 1/2$ m från don är relativt lätt att mäta, dokumentera och utvärdera i storheter som hastighet och temperatur. Men kritikern frågar sig om det blir någon skillnad för den som sitter i rummets mitt eller i rummets andra ände. Detta behöver undersökas.

Mätningarna har vidare visat att inblandningen av rumsluft i tilluftströmmen blir högre med ett traditionellt deplacerande don, åtminstone för partiklar i storleksområdet 0,5-5,0 μm . Detta storleksområde torde dock vara av stort intresse eftersom relativt mycket av dess massa deponerar i luftvägarna.

De minsta partiklarnas fördelning i höjdd påverkas inte av dontyp, troligen pga att deras spridning (diffusion) inte påverkas av turbulensgrad.

De största partiklarna kan med det alternativa donet sedimentera (falla ner och lägga sig på mer eller mindre horisontella ytor) i högre grad. Förklaringen är troligen lugnare luft.

Fler oberoende partikelmätningar behöver dock göras, på olika läges- och höjddkoordinater i ett rum. Även fler oberoende bestämningar av luftutbyteseffektiviteten mätt på olika partikelstorlekar samt på gas ty detta vore mycket intressant. Det ska vara jämförande mätningar som jämför ett belinskt don med ett vanligt deplacerande don under så lika förhållanden så möjligt.

I anslutning till detta måste det undersökas vad som är mest irriterande för överkänsliga och allergiska luftvägar, astmatiska och icke astmatiska. Är det (förutom sammansättningen) partiklar eller gas? Är det partiklar av någon särskild massa och storlek?

Ingen generell slutsats kan dras med endast dessa mätningar som underlag. Det behövs fler oberoende mätningar för att påvisa vilka skillnader det blir för människor i ett rum då man jämför det belinska donet, som Inventilation AB marknadsför och säljer, med ett traditionellt, som exempelvis Floormaster som ABB har.

11 Slutord

Deplacerande ventilation är ett försök att höja luftutbyteseffektiviteten, att ge brukarna renare luft att andas. Det är dock ett känsligt system. För få människor (värmekällor) i rummet kan ge drag och på sommaren är tilluften inte tillräckligt kall eftersom många inte har kyla installerad.

Vi har sett att de största partiklarna är svåra att få upp till frånluftsdonet i taknivå med deplacerande teknik. Dessa kan vi bli av med genom att ha frånluftsdon i golvnivå, vilket dock troligen skulle ändra rörelsemönstret för övriga föroreningar i rummet. Har vi rätt förutsättningar får vi dock färre partiklar mindre än ~ 5 μm och mindre föroreningar i gasform i golvzon och andningsnivå med deplacerande system.

Det belinska donet tycks vara ett bättre alternativ till dagens ofta dragiga deplacerande don. Den jämna hastighetsfördelningen minskar dragupplevelsen. Luftutbyteseffektiviteten mätt på partiklar i "rätt" storleksintervall är till luftvägarnas fördel.

Sture Holmberg m.fl. har gjort mätningar på en tredje variant där han liksom Belin använder sig av en filtermatta i tilluftsdonet för att få jämn spridning och hastighetsfördelning. Han sätter dock donet en vägg och frånluftsdonet på motsatt vägg.

Säkerligen finns fler systemlösningar som testas.

Vi får se var vi landar.

12 Förkortnings- och ordlista med kommentarer

Aerodynamisk diameter	Diametern hos en sfärisk partikel med densiteten 1000 kg/m^3 som har samma fallhastighet som partikeln. Denna definition är således lika med "fallhastighet-ekvivalent diameter". Denna diameter används vid filterkaraktäristik, deposition i andningsvägarna och vid luftrenar-teknik.
ALI	Arbetslivsinstitutet
Amplitud	Här i hastighetssammanhang. Hastigheten varierar. Amplituden motsvarar $\frac{1}{2}$ (ett mätvärde minus medelvärdet)/.
BACHO	Nu ABB. Belin arbetade med utvecklandet av deplacerande tilluftdon på BACHO på 70-talet.
Brownska rörelser	Oregelbunden rörelse hos småpartiklar. Hastigheten ökar med minskande partikelstorlek och ökande temperatur. Fenomenet bevisar molekylernas existens och den mekaniska värmeteorin.
D1	Deplacerande don som säljs och marknadsförs av Inventilation AB. I rapporten kallas detta don "belinskt don" eftersom Kurt Belin ligger bakom denna teknik.
D2, D4	Traditionella deplacerande don (dvs med perforerad plåt) som använts i examensarbetet.
Deplacerande system	Undanträngande system; Man använder sig av termiskt styrd strömning som i den nedre delen av rummet genererar envägsströmning.
Diameter för en partikel	Här finns flera olika typer av definierade diametrar, vilket tycks bero på vilken förenkling man väljer att göra. Fallhastighet-ekvivalent diameter eller aerodynamisk diameter och Stokes diameter.
Diffusion	Spontan spridning av ett ämne på grund av att ämnets atomer eller molekyler rör sig. Gaser eller vätskor som står i kontakt med varandra diffunderar in i varandra tills de blandat sig helt. Diffusion påskyndas med stigande temperatur. Den går i allmänhet snabbare i gaser än i vätskor. Diffusion kan också förekomma i fasta ämnen. (Bonniers 1997)
Drag	Lokal avkylning av kroppen.
Dynamiska tryckenergin	Den del av energin som är rörelseenergi, uttryckt som tryck.
Empiriskt	Erfarenhetsmässigt
Energispektra	Uttryck som Fanger använder för att uttrycka energiinnehåll för en luftström (min tolkning).
Evaporativ kylning	Kylning av luft genom att tillföra vattenånga.
Fallhastighet-ekvivalent diameter	Diametern hos en sfärisk partikel med densiteten 1000 kg/m^3 och med samma fallhastighet (i luft av 20°C och trycket 101325 Pa).
Frekvens	Tiden för en svängning. Här i samband med hastighetens variation, svängningar, dvs "topp till topp".
Fri area	I dönsammanhang arean på den "matta" vilken luften strömmar igenom. Dvs eventuell perforerad plåtarea borträknad.
Hastighetsfluktuationer	~Hastighetens variationer runt medelvärdet.
Infektion	Då levande smittämne såsom bakterier, virus, rickettsier, vissa svamparter och en del encelliga djur tränger in i kroppen.
Laminär	Se Reynolds Tal
Luftutbyteseffektiviteten	Kvoten mellan (volymen/flödet = nominella tidskonstanten) och $2 \times$ medelåldern i rummet.
mög	I denna rapport: meter över golv
R1	Riktlinjer som Svenska Inneklimatinstitutet sammanfattat i en rapport; "R1".
Reynolds Tal	Begrepp som används i strömningsläran för att avgöra om laminärt eller turbulent strömningstillstånd råder. Vid $Re <$

Specifikt luftflöde	~2000 är strömningen i allmänhet laminär. Vid $Re > 4000$ är strömningen mycket instabil.
Standardavvikelse	Volymflödet av tilluftsflödet dividerat med volymen av det ventilerade utrymmet.
Statiskt tryck	Tal som talar om hur mycket mätvärdena avviker från medelvärdet i genomsnitt. Den har samma dimension som den observerade mätstorheten och används som spridningsmått för en enskild mätning. Standardavvikelsen (S.D. = Standard Deviation) = $\sqrt{(\sum(x_i - \bar{x}_{medel})^2 / (n-1))}$
Stokes diameter	Totaltryck = det statiska trycket + det dynamiska trycket. Bortsett från förluster är summan konstant i ett slutet system. Också en s.k. ekvivalent diameter. Diametern hos sfären som har samma densitet och fallhastighet som partikeln. (Enligt min tolkning gör vi endast om formen hos partikeln här, så den blir sfärisk.)
Turbulens	Strömning som karakteriseras av små virvlar eller andra störningar.
Turbulensintensitet	Kvoten mellan standardavvikelse och medelhastighet.
Täthetsström	Luftströmmen som blir då man tillför undertempererad luft med låg hastighet vid golvnivå. En täthetsström drivs av densitetsskillnad, den ger liten medejektering av omgivande luft, den är tunn (vanligen ca 10 cm), den har något lägre hastighetsfluktuationer (turbulens) än en jetstråle.
Ventilationseffektivitet	Halten föroreningar i frånluften / medelhalten föroreningar i rummet.
Vistelsezonen	Om inget annat överenskommit definieras vistelsezonen som det område i rummet som begränsas av ett vägrätt plan 0,1 m över golv och 1,8 m över golv. Vertikalt av 0,5 m från rummets väggar och 1,0 m från fönster och dörrar.

13 Litteraturhänvisning

- Ventilation Flow Organization for Efficient Elimination of Contaminated Air; Sture Holmberg, ALI. 1998.
- Air Turbulence and Sensation of Draught; P.O.Fanger, A.K.Melikov, H.Hanzawa, J.Ring; Laboratory of Heating and Air Conditioning, Technical University of Denmark. 1987.
- Diffusers for Horizontal Air Flow; S.Holmberg, A.Paprocki, Y-Q.Tang; Ventilationsavd. ALI.
- The influence of air supply and exhaust location on ventilation efficiency and contaminant exposures in rooms; S.Holmberg (KTH), J.Hokkanen (ABB), R.Järmyr (ABB), PO.Danielsson (ABB), L.Bartek (ABB), L.Holmér (ALI), H.Nilsson(ALI). 1999.
- Energi & Miljö 4/91 Gas och partiklar uppför sig på samma sätt; Matti Lehtimäki VVT/säkerhetstekniska laboratoriet, Markku Tapola, Krister Koivula Air-Ix Oy, Teuvo Pellinen, Halton Oy.
- SP Rapport 1999
- Värmeöverföring till följd av turbulensstruktur; Kurt Belin
- Kvalitetsstyrd Industriventilation; Spridning av luftburna föroreningar; Bengt Ljungqvist
- Ventilation i funktion; Mats Sandberg, Hans Stymne, Claes Blomqvist, Magnus Mattsson
- Filter Engineering; Camfil
- On the efficiency of displacement ventilation with particular reference to the influence of human physical activity av Magnus Mattssons, 1999.

BILAGA

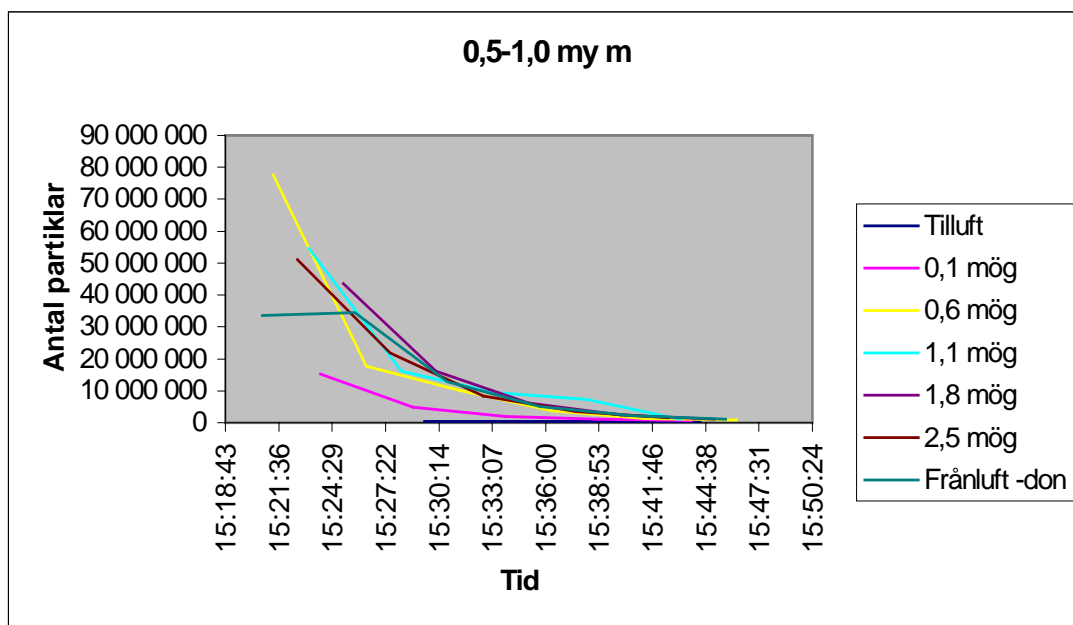
Extra partikelmätning med D1, rök och omblandning

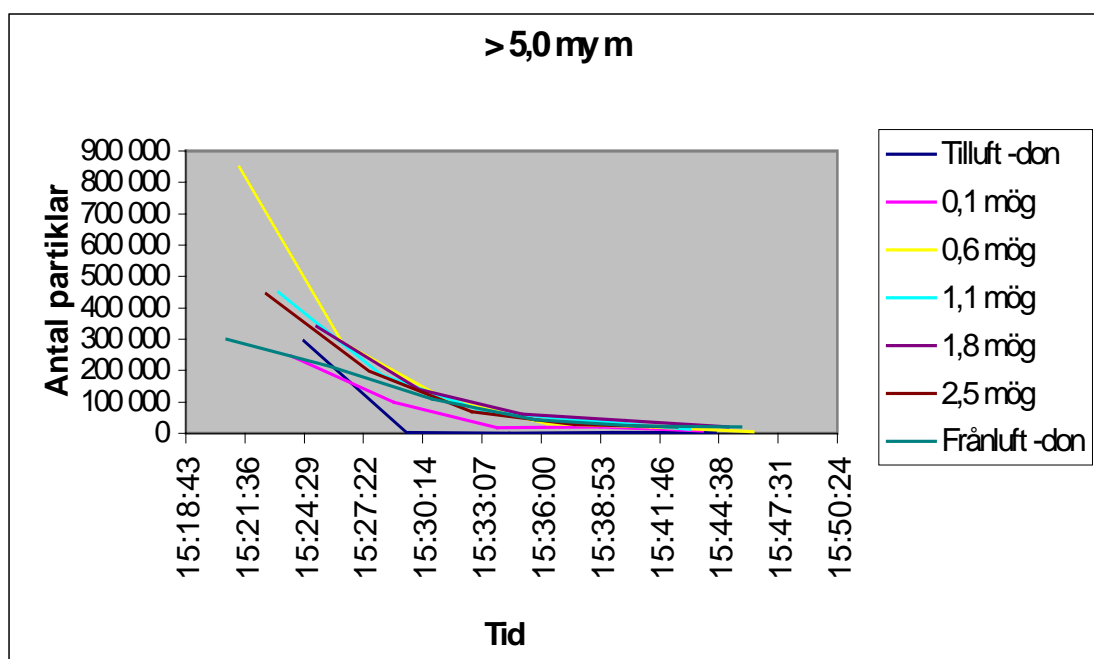
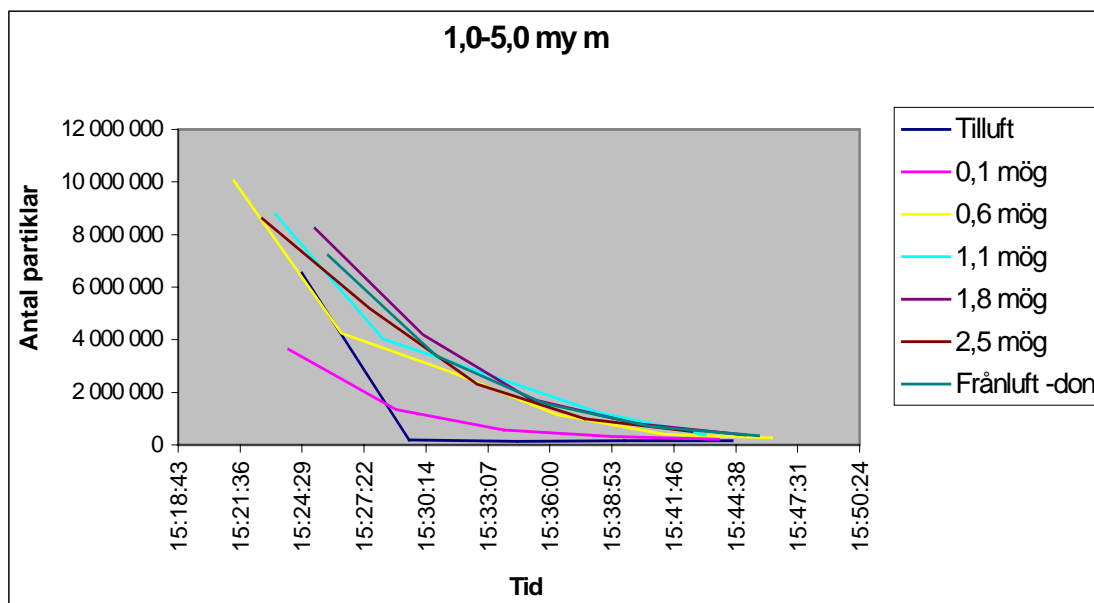
Av nyfikenhet gjordes en extra partikelmätning i rummet. Det belinska donet användes. Jag tillförde partiklar med 3 bloss cigaretrök Det räckte för att det skulle bli så många små partiklar att mätinstrumentet inte kunde ge något värde på den minsta fraktionen.

Direkt efter sista blosset blandade jag om ordentligt med ett kartongblad och satte igång partikelmätaren.

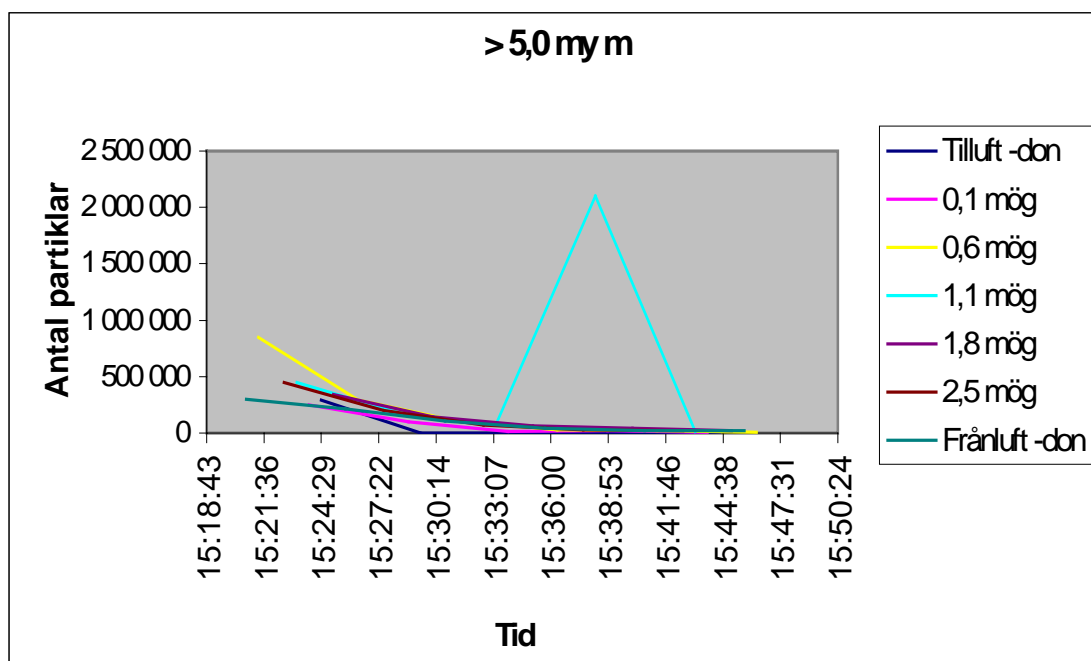
Jag ensam utgjorde värmekällorna i rummet, förutom lite solglimtar då och då samt en taklampa och partikelmätaren. (Det hade sannolikt blivit bättre deplacerande effekt om vi varit två.)

Nedan visas resultatet av partikelhalternas avklingning.





Diagrammen visar hur partikelhalten för 3 olika partikelfraktioner minskar i ett rum efter det att rummet tillförts partiklar i form av cigarettök.



Sonden på 1,1 m över golv flyttades till min hals via insidan av min tröja för att sitta kvar. Toppen i diagrammet torde därför vara hudpartiklar. Någon ökning blev det endast för fraktionen > 5 μm .

Näst sista diagrammet består av samma värden som det sista förutom att jag tagit bort toppens värde. Den topp på 1,1 mög som syns i näst sista diagrammet har sin förklaring. Jag ville se om det blev någon skillnad om jag flyttade slangen på 1,1 mög till min hals. Detta med tanke på den uppåtgående luftström, som skapas omkring en varm kropp, som ska ge renare/"nyare" luft vid inandning. Slangen drar dock inte in luft i samma vinkel som näsan.

Direkt efter 15.33-mätningen flyttades slangen. Jag stoppade in slangen under min tröja så den stack upp vid halsen. Toppen utgör första mätvärdet efter flytten så det höga resultatet är sannolikt partiklar från min hud. I de två första diagrammet inkluderar värdena på 1,1 m även värdena efter flytten. Det blev ingen motsvarande ökning för de mindre fraktionerna vilket indikerar och bekräftar att vi avger i huvudsak stora partiklar. En liten ökning syns dock för 0,5-1,0 μm .