

# Fältnätningar av tilluftsventilationsfilter

*Kajsa Ivansson*

---

Avdelningen för installationsteknik  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet, 2006  
Rapport TVIT--06/5009



# Lunds Universitet

Lunds Universitet, med nio fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinaviens största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 100 400 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö, Helsingborg och Ljungbyhed. Lunds Universitet grundades 1666 och har idag totalt 6 000 anställda och 41 000 studerande som deltar i ett 90-tal utbildningsprogram och ca 1000 fristående kurser erbjudna av 88 institutioner.

## Avdelningen för installationsteknik

Avdelningen för Installationsteknik tillhör institutionen för Bygg- och miljöteknologi på Lunds Tekniska Högskola, som utgör den tekniska fakulteten vid Lunds Universitet. Installationsteknik omfattar installationernas funktion vid påverkan av människor, verksamhet, byggnad och klimat. Forskningen har en systemanalytisk och metodutvecklande inriktning med syfte att utforma energieffektiva och funktionssäkra installationssystem som ger bra inneklimat i samverkan med byggnaden.

Nuvarande forskning innefattar bl a utveckling av metoder för utveckling av beräkningsmetoder för godtyckliga flödessystem, konvertering av direktvärmda hus till alternativa värmesystem, vädring och ventilation i skolor, system för brandsäkerhet, alternativa sätt att förhindra rökspridning vid brand, installationernas belastning på yttre miljön, att betrakta byggnad och installationer som ett byggnadstekniskt system, analysera och beräkna inneklimatet i olika typer av byggnader, effekter av brukarnas beteende för energianvändning, reglering av golvvärmesystem, bestämning av luftflöden i byggnader med hjälp av spårgasmetod.

# Fältmätningar av tilluftsventilationsfilter

*Kajsa Ivansson*

Avdelningen för installationsteknik  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet, 2006  
Rapport TVIT--06/5009

© Kajsa Ivansson, 2006

ISRN LUTVDG/TVIT--06/5009--SE(75)

Avdelningen för installationsteknik  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
22100 LUND

## Förord

Jag var en av de elever som fick byta skola på högstadiet för att den skolan jag gick i hade stora "sjuka hus" problem. När jag skulle välja gymnasieskola fick jag en lista, av min allergiläkare, om vilka skolor i Malmö, som jag inte fick välja för att de var kända för den dåliga inomhusmiljön. Att en sådan inofficiell lista fanns tycker jag idag är ganska skrämmande.

Efter en utbytestermin i Montreal väcktes mitt intresse för "Indoor Air Quality". Där läste jag en inspirerande kurs av Dr. Soheil Rastan. I kursen skrev jag ett arbete om och jämförde inomhusluft-kvalitén för olika länder i EU. Det var slumpen att jag stötte på "rätt personer" tillbaka i Sverige när jag läste installationsteknik. Jag hade tur att få förslaget att studera ventilationsfilter i fält, som examensarbete.

Ett stort varmt tack till min handledare tekn. Dr. Birgitta Nordquist vid avdelningen för Installationsteknik på LTH för all hjälp, engagemang och positiv uppmuntran från början till slut.

Ett stort tack till Eva Nyman och övrig personal på Tekomo Byggnadskvalitet AB för hjälp med mätningar, analyser och övrig information i ämnen som jag själv inte behärskade.

Tack till Alain Ginestet, CETIAT, som var vänlig att skicka en del av sina artiklar till mig när jag kört fast. Även tack till Jan Gustavsson som jag aldrig haft kontakt med, men som står för > 70 % av mina referenser. Från inspirerande artiklar och personer jag haft kontakt med har jag förstått att han är "kungen" i branschen.

Lund februari 2006



Kajsa Ivansson



# Sammanfattning

**Titel:** Fältmätningar av tilluftsventilationsfilter

**Författare:** Kajsa Ivansson

**Handledare:**

Tekn. Dr. Birgitta Nordquist  
Institutionen för Bygg- och miljöteknologi  
Avdelning för Installationsteknik  
Lunds Tekniska Högskola

**Problemställning:**

Vi spenderar drygt 90 % av vår tid inomhus. Ofta är inomhusluften inte så ren som utomhusluften vilket beror på källor som kan finnas inomhus som t.ex. vissa byggnadsmaterial och cigarettök. Uteluften filtreras genom filter för att skydda ventilationsaggregat, men även för att tilluften ska vara fri från bl.a. pollen, sporer och avgaser från trafik. ”Kan filter istället för att bara avskilja föroreningar även alstra dem?” och ”Hur väl fungerar filter i fält i jämförelse med normenliga laborationsmetoder som används idag?”

**Syfte:**

Syftet med rapporten är att undersöka hur olika tilluftsfilter fungerar i olika miljöer och redovisning av vilken skriftlig information som finns i ämnet. I detta ingår att utföra fältmätningar på fyra olika objekt som är representativa för byggnader i Sverige. Syftet är också att jämföra resultaten av mätningarna, både med andra studier och med resultat från normer som finns i EU och Sverige.

**Metod:**

I fältmätningarna ingick mätningar av partikelavskiljningen för olika fraktioner, från 0,5  $\mu\text{m}$ , under en månads tid (november – december) vid fyra olika tillfällen. Objekten hade olika föroreningshalter, filterklasser och användningstid för filterna. Relativa fuktigheten (RF) och temperaturen mättes i filterna under hela mätperioden med loggrar som var placerade i filterna. Prover av ändbitar togs av filterna för att kontrollera om det växte i filtret och i så fall hur mycket. Provbitarna analyserades även med avseende på RF. Efter mätningen analyserades resultaten och jämfördes med andra studier och med resultat från normenliga tester i EU och Sverige.

### **Slutsatser:**

I undersökningen var det olika faktorer som kontrollerades och analyserades för att ta reda på huruvida de kan påverka filterna. Något som var gemensamt för samtliga mätobjekt var den höga RF-nivån. RF under sen höst till tidig vinter var i medelvärde drygt 80 % och periodvis > 90 %. Hög RF är gynnsamt för tillväxt av mikroorganismer och RF >90 % har i tidigare studier visat sig vara en risk för tillväxt. Trots låg temperatur ( -2 till 7°C) visade analysen att riklig tillväxt skedde i samtliga filter, speciellt av svampen *Cladosporium* som kan växa ända ner till 0°C. Mögelsvampen är så stor att filterna lätt kan fånga den. Risk för problem kan uppstå om mikroorganismer biologiskt bryts ner till mindre partiklar och på så sätt lättare kan åka igenom filtret och komma in med tilluften och skapa ohälsa, främst för allergiker. Detta är dock inte undersökt i denna studie.

Andra tendenser som kan vara värda att nämna, men som är mer osäkra p.g.a. bl.a. den korta mätperioden och få objekt var att det enda filter som hade en förbättring i avskiljningsgraden i tiden var det som utsattes för låga föroreningshalter. Det fanns antydningar om att de filter som tidvis var utsatta för extremt höga föroreningshalter, av t.ex. dieselavgaser, hade sämre avskiljningsgrad över hela mätperioden, jämfört med både normer som finns och de andra mätobjekten som inte utsattes för höga föroreningar.

Då tillväxten av mikroorganismer kan vara stor i tilluftsfilter under sen höst och tidig vinter då RF är hög kan filter möjligen vara en källa till dålig inomhusluft. För att minska risken för tillväxt och reducera en riskfaktor kan utformning av ventilationssystemet utföras så att RF aldrig blir så hög i filtret. Detta kan utföras genom t.ex. förvärmning av utomhusluften eller filter i serie så att det första filtret fångar upp fukt och det andra därför inte utsätts för hög RF.

### **Nyckelord:**

Tilluftsfilter, fältmätning, luftföroreningar, partikelavskiljning, filterpåväxt



## Abstract

Indoor air quality has a significant impact on the human health since most people spend more than 90 % of their time indoors. To be able to understand why more and more people are getting asthma and feel sick because of Sick Building Syndromes the harmful substances that can cause poor IAQ needs to be investigated. Air filters are used to protect components in the HVAC systems from small particles but also to reduce pollen, diesel fumes and other contaminants to improve the supply air. “Is it possible that air filters instead of only collecting contaminants from the air, also produce them?” “How well does an air filter perform in a field study compared to standardized laboratory test methods?” A field study was performed, in November – December, on four objects that are representative for Swedish buildings, with i.e. different filter classes and outdoor environments. Parameters measured were the efficiency, RH and temperature. Samples were taken to analyse whether there was any microbial growth and if so, how much. All objects had the high RH in common, on average 80 % and on several occasions > 90 %. Previous studies has shown a risk for microbial growth when the RH is above 90 %. Despite low temperature, on average 2°C, the microbial analyses showed great deal of growth, especially of the fungus *Cladosporium*. There are other tendencies worth mentioning, but they are more insecure because of the short period of the measurements and few objects. The only object that increased efficiency timewise was the one exposed to few pollutants. The objects exposed to a lot of pollutants, especially diesel fumes, had worse efficiency during the entire measurement period compared to results from standardized tests and also compared to the filters exposed to few pollutants in the test.

Since the growth of microbes can be big in air filters, they might be a possible source of contaminants to the indoor air. To reduce the risk of microbial growth, the HVAC system can be constructed so that RH never becomes very high, with i.e. preheaters or filters in series.

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>1</b>
1.1	BAKGRUND	1
1.2	SYFTE	2
1.3	MÅLGRUPP	2
1.4	AVGRÄNSNINGAR	2
<b>2</b>	<b>METOD</b>	<b>3</b>
2.1	METODIK	3
2.2	TILLVÄGAGÅNGSSÄTT	3
<b>3</b>	<b>FILTER OCH DESS FUNKTION</b>	<b>4</b>
3.1	LUFTFÖRORENINGAR – ANLEDNING TILL ATT FILTER BEHÖVS	4
3.2	BAKGRUNDSFAKTA OM FILTER	5
3.2.1	<i>Historik</i>	5
3.2.2	<i>Avskiljningsmekanismer</i>	6
3.2.3	<i>Kort fakta om olika filtertyper</i>	7
3.2.4	<i>Fördjupning av grov- och finfilter</i>	8
3.2.5	<i>Klassificering av filter</i>	10
3.2.6	<i>Hur vet man när det är dags att byta filter?</i>	11
3.3	FAKTORER SOM KAN PÅVERKA FILTRETETS FUNKTION	12
3.3.1	<i>Föroreningar från utomhusluften</i>	12
3.3.2	<i>Fukt</i>	14
3.3.3	<i>Mikrobiologisk tillväxt i filter</i>	15
3.3.4	<i>Övriga faktorer</i>	16
<b>4</b>	<b>MÄTMETODER FÖR PARTIKELAVSKILJNING</b>	<b>20</b>
4.1	TESTSTOFT	20
4.2	MÄTMETODER	21
4.3	FRAMTIDENS MÄTMETODER	23
<b>5</b>	<b>NORMER FÖR OLIKA MÄTMETODER</b>	<b>24</b>
5.1	AMERIKANSKA NORMER	24
5.1.1	<i>ASHRAE-standards</i>	24
5.2	EUROPEISKA NORMER	24
5.2.1	<i>Eurovent</i>	24
5.2.2	<i>CEN EN</i>	25
5.3	NATIONELL MÄTMETOD	25
5.4	INTERVJU MED FABRIKANTER (OM BL.A. MÄTMETODER)	26
<b>6</b>	<b>BESKRIVNING AV ANVÄNDA MÄTMETODER I DENNA STUDIE</b>	<b>28</b>
6.1	MÄTPROGRAM	28
6.1.1	<i>Bakgrundsfakta om objekten</i>	28
6.1.2	<i>Väderdata som ska kontrolleras inför varje mätning</i>	28
6.1.3	<i>Mätningar</i>	29
6.2	UTFÖRANDE AV MÄTNINGAR	29
6.2.1	<i>Mätinstrumentet för partikelavskiljning</i>	29
6.2.2	<i>Partikelavskiljning</i>	30
6.2.3	<i>Mätinstrument för RF och temperatur</i>	31
6.2.4	<i>Fuktmätning</i>	32

6.2.5	Provtagning för kontroll av påväxt i filter.....	32
<b>7</b>	<b>BESKRIVNING AV STUDERADE OBJEKT.....</b>	<b>33</b>
7.1	OBJEKT 1 I TRELLEBORG: STARKT FÖRORENAD UTELUFT.....	33
7.2	OBJEKT 2 I LUND: NORMALT FÖRORENAD UTELUFT.....	34
7.3	OBJEKT 3 I LUND: NORMALT FÖRORENAD UTELUFT OCH LABYRINTGALLER.....	34
7.4	OBJEKT 4 I VELLINGE: SVAGT FÖRORENAD UTELUFT.....	35
<b>8</b>	<b>MÄTNINGAR – RESULTAT OCH ANALYS.....</b>	<b>36</b>
8.1	FÖRORENINGSHALTEN I UTELUFTEN.....	36
8.1.1	Resultat.....	36
8.1.2	Analys.....	38
8.2	TID- OCH UTELUFTSPÅVERKAN PÅ PARTIKELAVSKILJNING.....	39
8.2.1	Resultat.....	39
8.2.2	Analys.....	42
8.3	RELATIVA FUKTIGHETENS PÅVERKAN PÅ AVSKILJNINGSGRADEN.....	43
8.3.1	Resultat.....	43
8.3.2	Analys.....	44
8.4	FÖRDELNING AV RF I HÖJDLED HOS FILTER.....	45
8.4.1	Resultat.....	45
8.4.2	Analys.....	45
8.5	FUKTBELASTNING.....	46
8.5.1	Resultat.....	46
8.5.2	Analys.....	49
8.6	TILLVÄXT I FILTERNA.....	50
8.6.1	Resultat.....	51
8.6.2	Analys.....	51
8.7	TOTAL AVSKILJNINGSGRAD OCH JÄMFÖRELSE MED NORMER.....	53
8.7.1	Resultat.....	53
8.7.2	Analys.....	58
<b>9</b>	<b>SLUTSATSER.....</b>	<b>60</b>
<b>10</b>	<b>DISKUSSION.....</b>	<b>62</b>
<b>11</b>	<b>REFERENSER.....</b>	<b>63</b>
11.1	TRYCKTAKÄLLOR.....	63
11.2	ELEKTRONISKA KÄLLOR.....	64
11.3	MUNTLLIGA KÄLLOR.....	64



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

När en sjöman gick bort var hans sista önskan att hans aska skulle spridas ut över havet och att askan skulle släppas ut från färjan han arbetat på i många år. Ceremonin var högtidlig och både familj och kollegor var samlade. Askan kastades ut över relingen, men istället för att sprida sig ut över havet, sa det vips och allt sögs in i tilluftsaggregatet på färjan. På så vis fanns han alltid närvarande på båten, både i folks tankar och fysiskt.

Vi spenderar drygt 90 % av vår tid inomhus. Ofta är inomhusluften inte alls så ren som utomhusluften och detta beror på vilka källor som finns inomhus som t.ex. byggnadsmaterial, inredning, cigarettrök, emissioner från rengöringsprodukter, husdjur och oss själva. En del undersökningar<sup>1,2</sup> visar att även tilluften för med sig föroreningar. Detta kan påverka prestationer och hälsa negativt. Uteluften filtreras genom filter för att skydda ventilationsaggregaten, men även för att tilluften ska vara fri från bl.a. pollen, sporer och avgaser från trafik.

Filter sitter ofta i aggregat i ett år. Där samlas olika partiklar som dels påverkar varandra, men som också påverkas av fukt, vilket ofta förekommer i filter. De olika partiklarna kan möjligen, om förhållandena är lämpliga, bilda mögel och toxiska ämnen som kan komma med tilluften. Istället för att uteluft blir renare tilluft, kan tilluften bli ännu en källa till föroreningar. Det är många personer som idag inte mår bra, när de vistas i olika byggnader, som klassas som sjuka hus (SBS). Att minska föroreningskällorna så att SBS-husen minskar är en dröm för många allergiker. Om utformningen av både filter och installationen av dem kan förbättras, så att de inte kan vara en källa till dålig luft, är mycket vunnit för att göra inomhusluften bättre.

Flera av de filter som används idag är testade och godkända enligt EU:s laboriemetoder. Det finns en del personer, exempelvis Jan Gustavsson från KTH, som är kritiska till dess laboriemetoder och efterlyser att filter borde testas i fält. I fält kan filter bättre visa vad de går för i den miljö de ska fungera. Det finns en norm för mätningar i fält, men få tillverkare utför fältundersökningar för sina filter. I denna rapport kommer undersökningar i fält att utföras. Vidare kommer analys att ske av några faktorer som kan påverka hur väl ett filter fungerar och om de skulle kunna vara skadliga för inomhusmiljön, genom t.ex. mögeltillväxt. Undersökningarna kommer att utföras med öppet sinne där ”ingenting och allting” förväntades att hittas i filterna, t.o.m. stoftet från en avliden sjöman.

---

<sup>1</sup> Wargoocki, Pawel et al. *The performance and subjective responses of call-center operators with new and used supply air filters at two outdoor air supply rates.* (2004)

<sup>2</sup> Smedje, Greta, *Smutsiga filter irriterar* (2001)

## 1.2 Syfte

Syftet med rapporten är att undersöka hur olika tilluftsfilter fungerar i olika miljöer och redovisning av vilken skriftlig information som finns i ämnet.

Undersökningen görs genom fältmätningar på fyra olika objekt med olika föroreningshalter, filterklasser, systemlösningar och användningstid. Efter mätningarna kommer olika faktorer som kan påverka filtret och tilluften att redovisas och analyseras. Studien går också ut på att ta upp de normer för mätmetoder i laboratorium som finns i USA, EU och Sverige och jämföra dem med mätningar i fält

## 1.3 Målgrupp

Målgruppen är studenter som läser installationsteknik och personer som är verksamma i branschen.

## 1.4 Avgränsningar

- De undersökta filterna var samtliga finfilter gjorda av glas. Det var inte ett medvetet val att studera denna sorts filter, tvärtom hade det varit mycket intressant att utföra testet på syntetiska filter och på grovfilter för att jämföra avskiljningsgrad, eventuell påväxt i filter m.m. Det var dock ingen större överraskning att filterna var av glas eftersom > 90 % av alla filter som används i Sverige är gjorda av glas och finfilter är den vanligaste klassen, eftersom den kan filtrera bort mindre partiklar, som kan försämra ventilationssystemet.
- Fyra objekt studerades. De var valda utifrån att ligga i olika miljöer med olika föroreningshalt. Att undersöka fler objekt hade inte varit möjligt p.g.a. tidsbrist och färre objekt hade gett sämre tillförlitlighet på resultaten.
- En annan avgränsning är tiden, som gjorde att mätningar endast kunde utföras i november och december. Dels skulle tillräcklig information inhämtas innan mätningarna kunde börja, dels skulle tillstånd för att få utföra mätningarna erhållas.
- Eftersom det var tilluftsfilter som studerades, hade inte aggregatet eller verksamheten betydelse och de kommer därför inte att redovisas i rapporten.

## **2 Metod**

### **2.1 Metodik**

Studien består av två delar. Metodiken i den första delen av arbetet, kapitel 1 – 5, kommer att vara en litteraturstudie om tilluftsfilter och vilka normer som gäller vid mätningar i olika länder. Metodiken i den andra delen är fältmätningar och omfattar kapitel 6-8. I detta redogörs för använda mätmetoder, beskrivning av objekten, och mätresultaten med analyser.

### **2.2 Tillvägagångssätt**

Det tänkta tillvägagångssättet var att först skulle den litteratur som fanns tillgänglig studeras och sedan när tillräcklig kunskap var inhämtad skulle mätningarna utföras. Problemet med att studera ett ämne som är en så smal nisch som filter, är att det finns begränsat med litteratur i ämnet. De normer, som finns om mätmetoder, är inte tillgängliga på bibliotek, är svårtillgängliga och dyra att köpa in.

De senaste åren har det hänt mycket i denna bransch. Nya undersökningar som visar nya upptäckter, har lett till nya mätmetoder. Detta gjorde att den litteratur som användes för att studera mätmetoder och dess resultat var ”out of date” på flera områden. Även om normer som var viktiga för rapporten var otillgängliga kunde artiklar där normerna diskuterades studeras och på så vis inhämtades information om viktiga normer i ämnet. Artiklarna skrevs av personer som har stor kunskap i ämnet, exempelvis Jan Gustavsson och Alain Ginestet, som jobbar inom forskning och utveckling av filter med dess mätmetoder och därför antas vara tillförlitliga källor.

En SP-rapport från 1998 tog upp en del intressanta studier. Tyvärr hittades inte originalkällorna nämnda i rapporten vilket gör att de har mindre säkerhet än övriga källor. Detta gäller källor 41-50 i rapporten.

Mätningarna utfördes efter att tillräcklig bakgrundsinformation studerats. De pågick under ca 1- 1,5 månaders tid. Fakta om de studerade objekten inhämtades, t.ex. filterklass, antal filter och var uteluften togs in. Mätningarna skulle främst kontrollera partikelavskiljningen, RF och temperatur i filterna och om mikroorganismer växer i filter och i så fall i vilken utsträckning.

Efter att mätningarna slutförts analyserades mätresultaten. De jämfördes med andra studier för att bekräfta vilka resultat som överensstämde med tidigare studier och vilka som avvek.

## 3 Filter och dess funktion

### 3.1 Luftföroreningar – anledning till att filter behövs

Utomhusluften består av en hel del olika föroreningar, som kan påverka hälsan på olika sätt. Vilka sorter som finns, beror bl.a. på vilken aktivitet som finns i närheten och vilken tidpunkt det är. Föroreningar i luften kan komma från naturliga processer, t.ex. erosion. De kan även komma från mänskliga aktiviteter såsom utsläpp vid förbränning eller andra utsläpp i samband med industriella processer. Prover av uteluften visar ofta en mängd olika föroreningar t.ex. sot, rök, kvarts, ler, förvittrade djur- och plantdelar, organiskt material (t.ex. bomullsfibrer) samt metallrester. Även en del organismer som bakterier, sporer och pollen kan hittas i proverna.

Det finns ett logaritmiskt samband mellan partikelstorlek (för partiklar mellan 0,1-10  $\mu\text{m}$ ) och antal partiklar, som kallas Junges fördelning. Ju mindre partiklarna är desto fler finns det av dem.

Vad som hittas vid analys av filterprover och hur mycket det är beror på flera olika faktorer. Som tidigare nämnts är olika aktiviteter i närheten av mätningarna viktiga, t.ex. trafikerad väg eller hamn. Vilken tid på dygnet och veckodag man mäter spelar också stor roll, eftersom vissa aktiviteter är mer frekventa under begränsade perioder på dygnet, t.ex. biltrafik förekommer som mest på morgonen och på eftermiddagen då folk kör till och från arbetet. För mikrober och sporer spelar årstiden en mycket viktig roll. Under pollensäsongen (sommaren) finns det mycket sporer i luften. Halten av dessa beror också mycket på väderförhållandena.

Luftföroreningar kan vara en bidragande faktor till många av de ”moderna” sjukdomarna som cancer, allergi och lungsjukdomar. Skadorna kan både uppstå akut och kroniskt p.g.a. en långvarig exponering.<sup>3</sup> I en undersökning av en skola med mekanisk ventilation exponerades elever för luft, som filtrerats genom nya alternativt gamla filter. När eleverna vistades i salar där luften filtrerats genom äldre filter hade de mer SBS-besvär. Mätmetoderna för att kontrollera detta var objektiva kliniska metoder, genom att bl.a. mäta hur täppta elevernas näsor var. ”Äldre filter har större mängder och fler arter mikroorganismer, men prover som togs under hösten hade stora mängder, oberoende av filtrens ålder”.<sup>4</sup>

Det är många som påstår att ju äldre filter blir, desto bättre blir de på att fånga upp partiklar. Så är det i laboratorium, men frågan är om det verkligen är så i fält? I en undersökning mättes filter i fält under en period av 15 månader. Resultaten visade att där filtret var utsatt för fukt minskade partikelavskiljningsgraden drastiskt för mikroorganiska ämnen, främst bakterier, som vid vissa tillfällen t.o.m. var högre efter filtreringen än före.<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> Gustavsson, Jan, *Varme- og klimateknik Grundbog 2. Udgave* (1997) Kapitel 10 *Filtterteknik*

<sup>4</sup> Smedje, Greta, *Smutsiga filter irriterar* (2001)

<sup>5</sup> Möritz, Martin et al *Capability of air filters to retain airborne bacteria and molds in HVAC systems* (2001)



Olika partiklar påverkar filter på olika sätt, men de påverkar också människors hälsa på olika sätt. Undersökningar i USA visar att dödligheten i hjärt- och kärlsjukdomar har ett klart samband med halten föroreningar av fina partiklar. I en studie jämfördes kroppens sätt att reagera hos personer med pollenallergi när den utsattes för pollen respektive dieselavgaser. Dieselgasen gav kraftigare allergisk reaktion, men trots det bildade kroppen inte några antioxidanter för att skydda sig mot dieselgasens skadliga effekter.<sup>6</sup> Kroppen kan ofta ”ta hand om” naturliga partiklar som pollen m.fl. fast mot onaturliga ämnen från t.ex. dieselolja har kroppen inga direkta försvarsmekanismer.

Wargocki et al. utförde ett intressant test, där produktiviteten av arbetet på ett call-center mättes vid användning av nya och använda filter. Vid användning av nya filter ökade produktiviteten. Wargockis test är inte representativt för kontor i Sverige, eller de filterna, som kommer att testas i denna rapport. Kontoret han undersökte hade återluft och filterna var syntetiska grovfilter av klass 3. Testet är dock mycket intressant eftersom de mäter produktiviteten och jämför förbättring och försämring.<sup>7</sup> De filter som främst används i Sverige, finfilter av glas, blir enligt många, t.ex. Jan Gustavsson, bättre och bättre på avskiljning ju äldre de är. Att mäta produktiviteten vid användning av sådana filter hade varit mycket intressant. Det är inte antalet partiklar, som avskiljs, som är det viktiga, utan hur bra luften som kommer in i rummen är.

## 3.2 Bakgrundsfakta om filter

### 3.2.1 Historik:

Filter som kommer att behandlas i denna rapport har i praktiken två olika syften:

- 1) Att skydda komponenter i ventilationssystemet och utrustning i rummet.
- 2) Att skydda de som vistas inomhus.

De utvecklas bl.a. efter de krav som människor ställer på sin omgivning. Ju mer kunskap man får om olika partiklar, desto bättre kan man bli på att separera de som är mest skadliga för oss människor och de som förstör utrustning i ventilationssystem.

Enkel filtrering började för länge sedan genom att folk satte tygdukar för mun och näsa när de upplevde att luften hade för mycket damm eller annat som irriterade andningsorganen. Denna enkla metod kunde dock inte filtrera bort farliga gaser och små partiklar, utan detta kräver mer avancerade tekniska lösningar. Det första patentet för ett filter kom 1789 i Frankrike och en kort tid därefter kom den första gasmasken. Filtrering av luft var till stor hjälp för t.ex. brandmän och gruvarbetare, som arbetar i en mycket partikelrik miljö. Första världskrigets kemiska vapen bidrog till ytterligare utveckling av filter. Man tvingades snabbt få fram något som kunde filtrera stridsgaser. Lösningen var kol, som än idag används som adsorbent i filter, när man ska filtrera bort gaser. Upptäckter gjordes att partikelfraktioner 0,2 – 0,4 µm var svårare att filtrera bort än både de som var mindre och större, och detta kunde inte

---

<sup>6</sup> Kongste, Niels-Erik *Effektiv luftfiltrering kan fjerne sundhetsskadelige partikler* (2005)

<sup>7</sup> Wargocki, Pawel et al. *The performance and subjective responses of call-center operators with new and used supply air filters at two outdoor air supply rates.* (2004)

förklaras.<sup>8</sup> De kallas idag för MPPS, most penetration particle size, vilket kommer att nämnas mer om i kapitel 3.2.4.

När det i USA forskades om att få fram en atombomb, var det viktigt att filtrera bort partiklar och gaser så att det radioaktiva ämnet inte skulle skada personer som var i dess närhet. Detta ledde till utvecklingen av HEPA-filtret (High Efficiency Particulate Air). Filtrets design, precis som allt annat med projektet, var topphemligt under kriget. Efter kriget var det många som vidareutvecklade olika sorters design för absolutfilter, som tar bort praktiskt taget alla partiklar. Definitionen för ett absolutfilter är att det kan filtrera bort 99,7 % av partiklarna med storlek 0,3  $\mu\text{m}$ .<sup>9</sup>

Inom filtervärlden, precis som i alla branscher, har inte utvecklingen varit problemfri. I början av utvecklingen av absolutfilter var en använd teknik grova filter med asbestfiber i<sup>10</sup>. Principen för filtrering är att ju mindre fiberdiametern är desto fler och mindre partiklar kan avskiljas. Det är dock viktigt att filterna inte släpper ifrån sig fibrer och därigenom göra tilluften sämre än uteluften.

Glasfiber används mycket och har utvecklats under många år. Utvecklingen strävar efter att göra glasfiberdiametrarna så små, att mindre partiklar kan fångas upp bättre. De mindre diametrarna gjorde att man kunde filtrera luften bra utan att använda asbest. Med olika dimensioner på fiberdiametrarna kan man utforma olika sorters filter och på så sätt få olika avskiljningsgrad.

Det är viktigt att tilluften är ren, men ju högre avskiljningsgrad man vill ha, desto högre tryck krävs för att få ett luftflöde genom den täta filtermassan, vilket leder till att energianvändningen blir högre.

Det ultimata hade varit hög avskiljningsgrad av samtliga partikelstorlekar och samtidigt att slippa det höga tryckfallet. Detta har lett till att man provat att utnyttja elektrostatiskt uppladdade filter. De är grova men kan ändå initialt fånga upp många partiklar med elektrostatiska krafter. Exempel på studier hur dessa filter fungerar i verkligheten kommer tas upp senare i rapporten.

### **3.2.2 Avskiljningsmekanismer**

Beroende på vilka filter som används, grova eller fina, filtreras partiklar bort på olika sätt. De olika avskiljningsmekanismerna kan bero på fysiska, mekaniska eller elektriska fenomen. Här ges en kort information om vad det finns för olika sätt:

#### **1. Silning**

Detta sker med de grövsta partiklarna. Detta är helt enkelt som när man silar vad som helst. Partiklarna fastnar mellan två fibrer eftersom partikelns diameter är större än avståndet mellan fibrerna. Om filtret är homogent (genomgående likadant uppbyggt) så medför detta ”fenomen” att filtret snabbare bli igensatt, eftersom de flesta partiklar fastnar precis i början.

#### **2. Tröghetsverkan**

P.g.a. sin tröghet (som ökar för partikeln ju större och/eller tyngre den är) följer partikeln inte med luftströmmens linje. Då luften går runt fibern så fortsätter partikeln

---

<sup>8</sup> Gustavsson, Jan, *Air Filtration – Ventilation Symposium* (1986)

<sup>9</sup> Schnarr, Bill, *The History of Air Filters – Breathing Easy!* (2005-10-20),

<sup>10</sup> VVS-handboken 404:714

i sin egen bana och fastnar på fibern som kommer i vägen för banan. Detta fenomen ökar med ökat luftflöde och partikelstorlek.<sup>11</sup>

### 3. Interception

Det är när mindre och lätta partiklar fångas in av fibrerna. Partikeln följer luftströmmens innersta bana runt fibern. Om partikeln följer luftströmmens linje som är närmare fibern än partikelns radie så fastnar partikeln på fibern. Detta fenomen ökar med minskande fiberdiameter och mindre avstånd mellan fibrerna, men är praktiskt taget oberoende av lufthastigheten.<sup>12</sup>

### 4. Diffusion

Sker för de allra minsta partiklarna, d.v.s. de som är mindre än 1 µm. De är så små att de inte följer luftströmmen utan de följer Browns rörelse, som är en oregelbunden rörelse. Om banan går förbi en fiber så att partikeln rör vid den, fastnar partikeln på fibern. Detta fenomen sker lättare när både partikeldiametern och lufthastigheten minskar.<sup>13</sup>

### 5. Adsorption

Den adsorbent som används är kol. De ämnen som adsorberas är olika gaser med en hög kokpunkt och ju större molekylen är, desto lättare fångas den upp. En tumregel är att, molekyler som innehåller tre atomer eller mindre adsorberas inte. Naturliga molekyler som t.ex. N<sub>2</sub> stannar därför inte i filtret utan åker vidare som tilluft. Däremot molekyler som är större och ofta inte är naturliga, t.ex. C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> fångas upp av kolfiltret och kommer därför inte in i inomhusluften.<sup>14</sup>

### 6. Elektrisk avskiljning:

Partiklarna passerar en joniseringsdel där de laddas upp och sen går de vidare till ytor med motsatt laddning och attraheras på så vis till dessa.

## 3.2.3 Kort fakta om olika filtertyper

Det finns flera olika sorters filter som används idag. Vilken sort som används beror dels på kraven och behoven som byggnaden har, dels på vilket land man befinner sig i. I texten nedan presenteras kort information om olika filtertyper.

*Grovfilter* fångar upp större partiklar, ner till ca 2 µm. Genom dessa filter kan lufthastigheten vara relativt hög (0,5 – 2,5 m/s) och tryckfallet blir inte så stort och därför blir inte driftskostnaderna så höga. Begynnelsestryckfallet ligger ofta mellan 30 – 50 Pa och sluttryckfallet mellan 110 -130 Pa.<sup>15</sup>

*Finfilters* fibrer är tunnare och tätare än de i grovfilter och de kan därför fånga upp mindre partiklar som ofta finns i luften. De små partiklarna som kan förstöra aggregatet fångas upp men konsekvensen blir att lufthastigheten genom filtret blir lågt och tryckfallet blir ganska högt. Typiskt begynnelsetryckfall ligger mellan 80 – 120 Pa och sluttryckfall mellan 200 -250 Pa<sup>16</sup>.

---

<sup>11</sup> Gustavsson, Jan, *Varme- og klimateknik Grundbog 2. Udgave* (1997) Kapitel 10 Filtertechnik

<sup>12</sup> Gustavsson, Jan, *Varme- og klimateknik Grundbog 2. Udgave* (1997) Kapitel 10 Filtertechnik

<sup>13</sup> Gustavsson, Jan, *Varme- og klimateknik Grundbog 2. Udgave* (1997) Kapitel 10 Filtertechnik

<sup>14</sup> Gustavsson, Jan, *Varme- og klimateknik Grundbog 1. Udgave* (1988)

<sup>15</sup> Jensen, Lars, *Filter –Kursmateriel Installationsteknik FK ABK 150* (2004)

<sup>16</sup> Jensen, Lars, *Filter –Kursmateriel Installationsteknik FK ABK 150* (2004)

För ytor eller rum där kraven på ren luft är extremt höga, t.ex. i operationssalar och laboratorier, används *mikrofilter*. Kassetterna sätts i anslutning till t.ex. rummen där de behövs, och inte för att rena uteluften (d.v.s. hela systemet) vilket hade varit mycket kostsamt. Lufthastigheten genom dessa är mycket låg, 0,01 – 0,03 m/s, och högt begynnelsestryckfall vid 250 – 300 Pa<sup>17</sup>.

*Elektrostatiskt uppladdade filter (plast filter)* finns också fast de används inte i någon större skala i Sverige. Filtret är grovt så att ett stort luftflöde kan passera igenom det och många partiklar kan samlas upp utan ett stort tryckfall över filtret uppnås. En positiv effekt med detta filter är att trots att det är grovt kan det fånga upp små partiklar. En negativ aspekt är att ju fler partiklar filtret har fångat upp desto sämre blir filtret, då det laddas ur av olika partiklar. Flera studier har visat att filter tappar den största delen av sin avskiljningsförmåga för små partiklar redan efter en månads användning.<sup>18</sup>

*Adsorptionsfilter* används när främst gaser ska renas från luften. Adsorbenten är aktivt kol och hur effektivt det är beror bl.a. på strukturen. Filtercellerna kan vara både plana och cylinderformade. Ju fler partiklar som fångats upp desto sämre verkar kolfiltreringen.<sup>19</sup>

### **3.2.4 Fördjupning av grov- och finfilter**

Olika länder använder sig av olika principer när filterklass och typ ska väljas. I denna rapport är Sverige och de filter, som används mest här, i fokus. De vanligaste är olika slags finfilter, men även grovfilter kan användas som t.ex. förfilter.

Det finns en del saker som är gemensamt för både grov- och finfilter. De använda materialen är till 90 % glas och resten är olika slags plastfilter. Glasfilter är vanligast och vid flera fältmätningar har de även bättre avskiljningsgrad efter ca en månads användning. Glasfilter brukar behålla sin avskiljningsgrad relativt konstant med tiden, medan plastfilter kan minska från så mycket som 80 till 20 % avskiljningsgrad redan efter en månads användning.<sup>20</sup> Detta beror på att plastfilterna renar med en statisk elektricitet som neutraliseras av luftens föroreningar.

Filterklasser baseras på normenliga prover från bl.a. EU. Vid dessa prov testas filtren vid mycket högre sluttryckfall än vad som någonsin används för ett filter i verkligheten<sup>21</sup>. De begynnelse- och sluttryckfall som kommer att nämnas senare i texten är vad de är i verkligheten, inte vad testerna använder.

Det finns olika faktorer som avgör hur bra ett filter är. Den relativa fångstyten är en av dem. För att få en så stor fångstyta som möjligt, utan att filtret tar så stor plats, är påsfilter en bra utformning. Det finns olika utformningar som har olika fördelar och nackdelar. Kassetter som är ett sorts filter används främst för mikrofilter. I figur 3.2 visas ett panelfilter, som främst är en utformning som används för grovfilter. I figur 3.1 visas ett påsfilter som är det vanligaste sättet att utforma finfilter, men även

---

<sup>17</sup> Gustavsson, Jan, *Air Filtration – Ventilation Symposium*, s. 9 (1986)

<sup>18</sup> Gustavsson, Jan, *Air Filtration – Ventilation Symposium*, s. 9 (1986)

<sup>19</sup> Gustavsson, Jan, *Varme- og klimateknik Grundbog 2. Udgave* (1997) Kapitel 10 Filterteknik

<sup>20</sup> Gustavsson, Jan, *Can we trust air filters?* (2000)

<sup>21</sup> Gustavsson, Jan, *Can we trust air filters?* (2000)

grovfilter. Filtret kan bland annat fästas med skjutram och på bilden är filtret utdraget och skjuts sedan på plats.



**Figur 3.1** Ett påsfilter som fästs med skjutram



**Figur 3.2** Panelfilter (Camfil)

- Grovfilter

Grovfilter, som också kallas för grundfilter, har förkortningen G. Detta filter avskiljer de grövsta partiklarna genom silning och tröghetsverkan. Silning sker med partiklarna över 4-5  $\mu\text{m}$ , medan den största delen av partiklarna som är mindre än 4  $\mu\text{m}$  fastnar genom tröghetsverkan. För partiklar som är mindre än 2  $\mu\text{m}$  verkar grovfilter knappt.<sup>22</sup> Fiberdiametern går ner till ca 20  $\mu\text{m}$  och avstånden mellan fibrerna är mellan 200-400  $\mu\text{m}$ . Det finns olika slags filter, en del byts ut och en del rengörs. En typ som byts ut är påsfilter, som är ca 25 cm djupt. De utformas ofta med tilltagande täthet och minskande fibertjocklek i luftströmmens riktning, så att filtret inte ska täppas igen i början snabbare än i slutet. Eftersom filtret är grovt, impregneras det med en klabbig vätska i fabrik, så att det lättare kan fånga upp partiklar.

Lufthastigheten genom filtret bör ligga runt 0,5 – 2,5 m/s. Begynnelsestryckfallet ligger runt 30-50 Pa. Ju mer partiklar filtret fångar upp och blir igentäppt desto högre blir tryckfallet. Sluttryckfallet ligger runt 110 – 130 Pa. Grovfilter har lägre tryckfall än finfilter och på så sätt är det mer ekonomiskt att använda grovfilter. De kan däremot inte fånga upp de små partiklarna (< 1  $\mu\text{m}$ ), som det finns mycket av i luften. Det är de små partiklarna som är mest skadliga för hälsan då de kan tränga längst ner i luftvägarna. De mindre partiklarna kan också lägga sig som beläggning på ventilationsaggregat och beroende på vilka ämnen det är, kan de ha olika verkan, t.ex. salt kan leda till att vissa delar rostar och på så sätt förstör aggregatet. Ur den synvinkeln kan driftskostnaderna bli ganska höga, om hela aggregatet ska repareras eller bytas ut.<sup>23</sup>

- Finfilter

Finfilter avskiljer de mindre partiklarna och har beteckningen F. Den totala avskiljningsgraden beror främst på samverkan av avskiljningsmekanismerna interception och diffusionen. Med sådana avskiljningsmekanismer kan små partiklar < 1  $\mu\text{m}$ , fastna bra. Interceptionseffekten ökar med ökande partikelstorlek, medan det

<sup>22</sup> Gustavsson, Jan, *Varme- og klimateknik Grundbog 1. Udgave* (1988)

<sup>23</sup> Gustavsson, Jan, *Varme- og klimateknik Grundbog 2. Udgave* (1997) Kapitel 10 Filterttechnik

är tvärtom för diffusionseffekten, som ökar med minskande partikelstorlek. Den partikelstorlek som är svårast att fånga när interception och diffusion samverkar kallas MPPS (Most Penetrating Particle Size) och den ligger någonstans mellan 0,2-0,3 µm. MPPS är beroende av lufthastigheten och med lägre lufthastighet blir MPPS en något mindre fraktion och vid högre hastighet blir den högre. Detta beror på att interceptionseffekten är oberoende av lufthastigheten medan diffusionseffekten ökar med minskande hastighet.<sup>24</sup>

Filtret består av mindre fiber med en fiberdiameter på ca 1-5 µm och fiberavståndet går ner till ca 10 µm. Påsfilter är ca 65 cm djupt och de djupa vecken gör att den relativa fångstyten blir stor.

Det kan monteras på två olika sätt, antingen träs det på och skjuts in som i figur 3.1 eller så spänns det fast. Finfilter rengörs inte utan de byts ut. Lufthastigheten bör ligga mellan 0,05 – 0,15 m/s genom filtermaterialet, men i fronten konstrueras filtret så att hastigheten är ca. 0,5 – 3 m/s. Begynnelsestryckfallet ligger runt 80- 120 Pa vilket är ca 3 gånger högre än för grundfilter. Sluttryckfallet bör inte vara högre än 200 – 250 Pa, men det varierar och beror på önskad bytestid och driftekonomi. Ju högre tryckfallet är desto högre blir driftskostnaderna.<sup>25</sup>

De flesta filtertillverkare följer speciella färgkoder för de olika filterklasserna så att filterklassen lätt ska kunna kännas igen. De är följande<sup>26</sup>:

- F5 – Gul (ambra)
- F6 – Orange
- F7 – Rosa
- F8 – Gul (svagare gul)

### **3.2.5 Klassificering av filter**

Filter är indelade i olika klasser och ju lägre nummer ett filter har, desto sämre är partikelavskiljningen. Grundfilter går från 1- 4, sen fortsätter finfilter från 5-9. Europa har två olika system för beteckningen. Den Europeiska kommittén för centralisering CEN har i norm EN 779:2002 betecknat G för grovfilter (ex. G1) och F för finfilter (ex F5). Det andra systemet för klassificering görs av Eurovent som står för European association for manufacturers of air-handling equipment och där står det EU framför alla siffror, EU1-EU9. Eurovent representerar tillverkare i VVS-branschen. De publicerar undersökningar och normer m.m. och informerar sina medlemmar om lagändring i EU etc<sup>27</sup>.

Man använder olika sorters mätmetoder för att kontrollera om filter är grovfilter eller finfilter. G80 betyder att filtret har 80 % medelavskiljningsgrad i vikt, vid test enligt normen för grovfilter. F80 har också 80 % medelavskiljningsgrad men av antal partiklar och en annan sorts stoft som består av mindre partiklar. Ett filter med F80 har alltså mycket bättre partikelavskiljning än G80 för mindre partiklar. I tabell 3.1

---

<sup>24</sup> Gustavsson, Jan, *Varme- og klimateknik Grundbog 2. Udgave* (1997) Kapitel 10 Filtertechnik

<sup>25</sup> Jensen, Lars, *Filter –Kursmaterial Installationsteknik FK ABK 150* (2004)

<sup>26</sup> Skoglund, Gunnar, *Luftfilter* (Oktober 2005)

<sup>27</sup> Eurovents hemsida (2006-01-18)

kan man se de olika filterklasserna och hur bra medelavskiljningsgraden är för dem i laboratorieförsök.<sup>28</sup>

**Tabell 3-1 De olika filterklasserna med respektive medelavskiljningsgrad**

Filtertyp	EN 779:2002	Eurovent	Medelavskiljningsgrad ( $A_m$ ) Arrestance av ASHRAE-stoft	Medelavskiljningsgrad ( $E_m$ ) Efficiency för 0,4 $\mu$ m
Grundfilter	G1	EU 1	50 < $A_m$ < 65 %	
	G2	EU 2	65 < $A_m$ < 80 %	
	G3	EU 3	80 < $A_m$ < 90 %	
	G4	EU 4	90 % < $A_m$	
Finfilter	F5	EU 5		40 < $E_m$ < 60 %
	F6	EU 6		60 < $E_m$ < 80 %
	F7	EU 7		80 < $E_m$ < 90 %
	F8	EU 8		90 < $E_m$ < 95 %
	F9	EU 9		95 % < $E_m$

### 3.2.6 Hur vet man när det är dags att byta filter?

Det finns olika sätt att bestämma när ett filter ska bytas, d.v.s. hur lång livslängd det har. Dessa beror t.ex. på vad byggnaden används till och var den är belägen. Anledningen att det finns olika sätt är för att det inte är klarlagt vilket intervall som är mest lämpligt. Olika personer väljer att räkna ut eller avgöra när det är lämpligt att byta filter, på olika sätt. En metod är att bara bestämma i förväg hur ofta filtret bör bytas ut. En del bedömer att det räcker med att byta filter en gång om året, efter pollensäsongen. Andra bedömer att filter bör bytas två gånger om året, en gång efter pollensäsongen och en gång efter den fuktiga perioden. Om filtret har blivit fuktigt av t.ex. slagregn, dimma och snö så är det troligen större risk för att mikroorganismer kan växa i filtrena och spridas till inneluften. Istället för att rena uteluften kan tilluften möjligen bli mer förorenad.

I den kliniskt objektiva undersökningen som togs upp i kap. 3.1, där elever exponerades för luft som filtrerades genom nya alternativt gamla filter, drogs slutsatser att filter bör bytas två gånger per år.<sup>29</sup> Denna slutsats passar väl ihop med en metod Jan Gustavsson tar upp där man har filter i serie. Det första filtret ska vara minst av klass F7. Det filtret ska fånga upp fukt, mikroorganismer m.m. Även om en del mikroorganismer penetrerar det första filtret så bör det andra filtret ha en så låg fukthalt att mikroorganismerna inte ska kunna växa utan avskiljs väl. Det första filtret ska bytas minst en gång om året medan det andra, som också det ska vara av minst klass F7, kan bytas en gång vartannat år.<sup>30</sup> Att ha filter i serie tar mer plats men de positiva effekterna för tilluften kan vara stora och då är mycket i jakten på bra inomhusmiljö vunnit.

<sup>28</sup> Gustavsson, Jan, *Varme- og klimateknik Grundbog 2. Udgave* (1997) Kapitel 10 Filtertechnik

<sup>29</sup> Smedje, Greta, *Smutsiga filter irriterar* (2001)

<sup>30</sup> Gustavsson, Jan, *How can air filters contribute to better IAQ?* (1999)

En annan metod, som används, är att byta filtret när det nått dess rekommenderade sluttryckfall. Det kan mätas med en så kallad tryckvakt, som automatiskt slår larm när sluttryckfallet nåtts. I nya undersökningar visar de att tryckfallen, som uppnåtts vid en viss filteravskiljningsgrad i laboratorium ger lägre filteravskiljningsgrad vid samma tryckfall i fält<sup>31</sup>.

Att beräkna största stofthållningen, vilket betyder den viktmängd partiklar som filtret kan fungera för, är ett annat sätt att beräkna driftstiden. Ett problem är dock att kunna veta vilka och hur många partiklar filtret kommer att utsättas för. De partiklar som oftast är viktiga att avskilja är de små, och de väger knappt någonting.

Ett fjärde sätt att bestämma när filtret bör bytas är att räkna ut det ekonomiska driftsintervallet. Detta innebär att kostnaden för filtret vägs mot kostnaden för det ökande tryckfallet över filtret utöver begynnelsetryckfallet. Byte skall ske när totalkostnaden per driftstimme är som lägst. Filtertryckfallet antas öka linjärt med driftstiden.<sup>32</sup> Man räknar alltså ut när det är billigare att köpa in nya filter än att driva anläggningen vid ett högt filtertryckfall.

Ovan nämnda metoder är strategier, men det är inte klarlagt vilken som skulle vara den bästa ur framförallt hygienisk synpunkt.

### **3.3 Faktorer som kan påverka filtrets funktion**

Det finns en hel del olika faktorer som kan påverka filtrets funktion. En del av dem är säkert fastställda och andra finns det många frågetecken kring. Att veta i vilken utsträckning en enskild faktor påverkar filtrets funktion och därigenom tilluften är svårt. Genom olika sorters tester och mätningar kan man dock se antydningar till vilka faktorer som påverkar mer och vilka som påverkar mindre.

#### **3.3.1 Föroreningar från utomhusluften**

Det finns olika egenskaper i utomhusluften, som påverkar filtrets förmåga att avskilja partiklar från luften. Storleken hos partiklarna är en viktig egenskap, som beror på både form och densitet och kan definieras på två olika sätt. Det ena är den geometriska storleken, d.v.s. den som mäts i  $\mu\text{m}$ . Den andra är den aerodynamiska storleken, som baseras på partikelns fallhastighet i stillastående luft.<sup>33</sup> De elektriska egenskaperna påverkar också hur lätt en partikel kan fångas upp och fastna på en fiber i filtret. Koncentrationen av partiklarna är också viktigt eftersom ju högre koncentration desto smutsigare är luften.

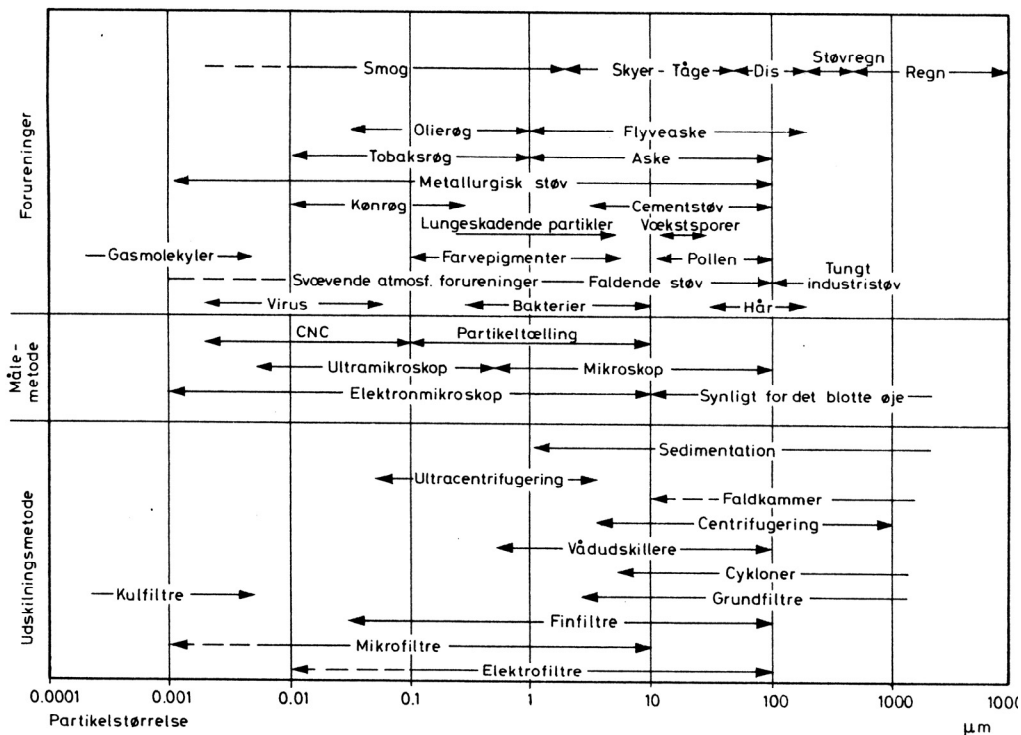
---

<sup>31</sup> Ginestet, Alain et.al. *HVAC air filter testing – the need of a field test method* (2001)

<sup>32</sup> Jensen, Lars, *Filter –Kursmaterial Installationsteknik FK ABK 150* (2004)

<sup>33</sup> Gustavsson, Jan, *Varme- og klimateknik Grundbog 2. Udgave* (1997) Kapitel 10 *Filtertechnik*





Figur 3.3 Partikelstorlekar (Danvak<sup>34</sup>)

I figur 3.3 är några olika partikelsorter illustrerade. Små partiklar sitter ofta på större partiklar, t.ex. virus och bakterier sitter ofta fast på dammpartiklar under längre tid. Om dammet fastnar i filter kan de mindre partiklarna så småningom slitas loss och föras vidare i filtret.<sup>35</sup> Bakterier är större än virus vilket gör att bakterier kan filtreras bort med vanliga finfilter men det kan inte virus. Storleken påverkar också partiklarnas sätt att bete sig i luften. Partiklar som är mindre än 0,1 µm rör sig enligt det browniska rörelsemönstret, alltså inte efter luften utan i sina egna banor. Partiklar 0,1 – 10 µm faller med konstant hastighet i stillastående luft, men eftersom det normalt finns någon form av luftrörelse, så hålls dessa partiklar svävande. Partiklar större än 10 µm kan ses när ljusförhållande är goda. Mindre partiklar kan bli synliga, när koncentrationen av dem är tillräckligt stor, vilket sker med t.ex. cigarettök (där partiklarnas medeldiameter är 0,5 µm). Rök är en sammansättning av ytterst små partiklar, fasta eller i vätskeform, som har bildats vid ofullständig förbränning av organiska ämnen.<sup>36</sup> Ju mindre partiklarna är, desto längre ner i luftvägssystemet kan de komma. Vid inandning kan partiklar <5,0 µm passera kroppens skyddsanordning i andningsorganen och vissa mindre storlekar kan även tränga ända ner till alveolerna, där de kan orsaka olika skador.<sup>37</sup>

<sup>34</sup> Gustavsson, Jan, *Varme- og klimateknik Grundbog 2. Udgave (1997) Kapitel 10 Filtertechnik*

<sup>35</sup> VVS-handboken s. 409

<sup>36</sup> Gustavsson, Jan, *Varme- og klimateknik Grundbog 2. Udgave (1997) Kapitel 10 Filtertechnik*

<sup>37</sup> VVS:handbok, s.409

Exempel på hur ren respektive smutsig luft kan vara sammansatt<sup>38</sup>:

Ren luft kan t.ex. innehålla:

- 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  fina partiklar ( $< 1 \mu\text{m}/\text{m}^3$ )
- 9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  grova partiklar ( $> 1\text{-}2 \mu\text{m}/\text{m}^3$ )

Förorenad luft kan t.ex. innehålla:

- 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  fina partiklar
- 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  grova partiklar

Notera att halten är redovisad i vikt per volym luft. Det kanske är något missvisande för det kan uppfattas som om det finns fler av de större partiklarna. Om antal per yta hade redovisats hade det funnit tusentals gånger fler av de fina partiklarna, enligt Junges fördelning (kap 3.1)

Hur avskiljningsgraden påverkas med tiden finns det delade meningar om. När man säger tiden så innefattar det också, tiden som filterna utsatts för en speciell sorts partiklar. I en studie mättes avskiljningsgraden för små partiklar, 0,4  $\mu\text{m}$ , hos F7-filter. De var monterade så att de exponerades för utomhusluft. Efter 9000 timmar hade glasfiltrets avskiljningsgrad ökat från 60 % till nästan 70 %. Det framgick inte vilket sorts utomhusmiljö filterna var monterade.<sup>39</sup>

Ginestet och Pugnet visar däremot motsatsen i ett ”round robin”-test. Nio oberoende laboratorier utförde försök enligt EN 779 (2002). Testen utfördes på både glas- och syntetfilter men endast resultaten av glasfilterna kommer att redovisas här. Laboratorierna fick själva välja vilken urladdningsmetod de ville använda, enligt EN 779 (2002). Tre av glasfilterna filterade utomhusluft under hela livslängden. De togs ner ur sina installationer för kontroll av bl.a. partikelavskiljningsgraden av DEHS-partiklar med storleken 0,4  $\mu\text{m}$ . Ett av filterna som testades under 4250 timmar minskade i avskiljningsgrad från 65 % till 50 %. Ett annat minskade från ca 65 till 58 %.<sup>40</sup> I artikeln framgår det inte vilken urladdningsmetod som filterna var utsatta för. En av metoderna i normen är att utsätta filter för dieselavgaser.

Som sagt finns det olika faktorer som påverkar hur bra avskiljningsgraden av partiklar i filtren är, och storleken är en av de viktigaste faktorerna. Att olika sorters partiklar har olika hälsoeffekter är också ett viktigt ämne att undersöka. I mätningarna, som kommer att utföras i denna rapport, är det bl.a. avskiljningsgraden för olika storlekar som kommer att mätas.

### 3.3.2 Fukt

Fukt kan komma in i filtret på olika sätt, men det vanligaste är från luften i form av dimma, regn eller snö. Detta sker främst under den perioden på året med hög RF, främst under månaderna oktober till mars, men perioden är beroende på var i Sverige

---

<sup>38</sup> Gustavsson, Jan, *Varme- og klimateknik Grundbog 2. Udgave* (1997) Kapitel 10 Filtertechnik

<sup>39</sup> Gustavsson, Jan, *Can we trust air filters?* (2000)

<sup>40</sup> Ginestet, Alain et al. *Round robin test of general ventilation filters according to EN 779 standard* (2005)

man befinner sig. Hur mycket, som kommer in till filterna, beror dels på uteklimatet och dels på utformningen av ventilationssystemet, som t.ex. gallrets uppbyggnad. På vintrarna känns luften ofta torr och det är för att vatteninnehållet i luften är lågt. Temperaturen är ofta låg och RF blir därför hög. Förhållandet mellan vatteninnehåll i luften, temperatur och RF kan avläsas i ett Mollierdigram.<sup>41</sup>

Om temperaturen utomhus är 0°C och RF är 90 % så är vatteninnehållet i luften ca: 3,2 g<sub>vatten</sub>/kg<sub>luft</sub>. Fukttillskott inomhus är från människor, aktiviteter m.m. är ca 2 g<sub>vatten</sub>/kg<sub>luft</sub>. Det ger 5,2 g<sub>vatten</sub>/kg<sub>luft</sub> i inomhusluften. Om luften inomhus är 20°C ger det 37 % RF, vilket är lågt.

För bakterier och svamp och andra mikroorganismer är det ofta RF som har betydelse för tillväxten. Fukt och mikroorganismer är ingen bra kombination ur hälsosynpunkt. Mer om detta redovisas i nästa avsnitt.

### 3.3.3 Mikrobiologisk tillväxt i filter

Halter av sporer m.m. varierar över året, d.v.s. vilka väderförhållandena är, årstiden, tid på dygn m.m. Olika pollen och svampar är mer eller mindre aktiva under olika delar av sommaren. T.ex. sporer från mögelsvampar förekommer främst runt augusti. Även om sporena fastnar i filter under förhållande, som inte är gynnsamma för tillväxt, så kan de börja växa vid senare tillfälle när förhållandena blivit mer gynnsamma. Detta är en anledning till att filter bör bytas efter pollensäsongen, så att det finns så lite sporer som möjligt, som kan börja växa i filtret vid senare tillfälle. Filterna som kommer att studeras i denna rapport är tilluftsfilter från uteluftsventilerade anläggningar. Riktvärdena för dessa, baserade på SBI-rapport 208), är<sup>42</sup>:

- Svamp: 500 Cf<sub>u</sub>/g damm (med återluftsföring 3 500 Cf<sub>u</sub>/g)
- Bakterier: 2 000 Cf<sub>u</sub>/g damm (med återluftsföring 7 000 Cf<sub>u</sub>/g damm)

(Några av källorna som följer i detta avsnitt har mindre säkerhet då de inte är originalkällor.) Hög fuktighet är gynnsamt för tillväxt av svamp och hög RF gör också att svamp kan växa. Det är inte bara fukt som är viktigt för tillväxt, utan temperaturen spelar också en stor roll. En studie har visat, att vid låga temperaturer (4°C) är tillväxten för *Aspergillus fumigatus* och *Penicillium species* mycket låg, även om RF är hög (92 -96 %) <sup>43</sup>. En annan studie visade att avskiljningen av *Aspergillus* och *Penicillium* inte varierade med säsong, utan var snarare en variation med RF. Under sommarmånaderna då RF låg mellan 70 -100 % så kunde t.o.m. en förhöjning av antal sporer över filterna ses vissa dagar. Detta tror de beror på att mikroorganismerna växt igenom filterna och därför släpper sporer på andra sidan (nedströmssidan).<sup>44</sup>

I en studie hade *Cladosporium cladosporioides* en låg tillväxt vid temperaturvariationer och konstant RF.<sup>45</sup> Författarna drog därför slutsatsen att denna art inte borde växa i Sverige under den kalla vintern då det ofta är stora variationer i

<sup>41</sup> Warfinge, Catarina (200X) *Installationsteknik*, AK för V, sid 2.4

<sup>42</sup> Nyman, Eva – Bilaga 1

<sup>43</sup> Pasanene et al. (1991), s. 10 i *SP-rapport av Johansson, Johan et al. (1998)*

<sup>44</sup> Elixman et al (1990) s. 11 i *SP-rapport av Johansson, Johan et al. (1998)*

<sup>45</sup> Tang et al. (1996) s. 10 i *SP-rapport av Johansson, Johan et al. (1998)*

temperatur över ett dygn och temperaturen ofta är <4°C. Under sommaren då det är varmt och då RF också kan vara gynnsam borde tillväxt för *Cladosporium cladosporioides* var bra.<sup>46</sup> Det finns många olika sorter av svampar och bakterier inom samma grupp. Annan litteratur visar dock att *Cladosporium*, som är en mögelsvamp, kan växa ner till 0°C.<sup>47</sup> I Skåne, där mätningarna för denna rapport kommer att utföras, är det inte så kallt som i resten av Sverige under tidig vinter och där bör temperaturer ligga över 0°C, för det mesta. Variationerna för temperaturerna är förmodligen dock stora så tillväxt borde inte ske.

I ett försök, som jämförde tillväxt i glas- respektive syntetfilter, visades ingen tillväxt av svamp eller bakterier i syntetfilter, däremot fanns det i glasfilter. Testet gick ut på att exponera filter för svamp och bakterier under ett års tid och under denna tid hölls temperaturen till 21°C och 90 % RF. Resultaten antogs bero på bindemedlet i glasfibrerna, som kunde vara näring.<sup>48</sup> De utförde ytterligare en studie och där exponerades filtren (glas-, polymer- och elektrostatfilter) för utomhusluft under ett år. Ingen påväxt påträffades i något av filtren. De ökade RF till 90 % (artificiellt) och då uppträdde tillväxt inom en månad.<sup>49</sup> De måste ha utfört studien i en miljö där RF aldrig uppnår 90 % RF, var hittas en sådan miljö i Sverige? Studien är troligen inte gjord i Sverige.

Det finns mycket sporer i luften och en del av dem fastnar i filter. Detta betyder inte att någon tillväxt sker i filtren. Så man skulle kunna finna höga halter av sporer i filter, utan att det faktiskt växer i dem. Ett försök som utfördes gjorde skillnad på växande svamp och svamp som kunde odlas fram ur dammet i filtren. Resultatet var att nio av elva filter innehöll växande svamp.<sup>50</sup>

I en japansk fältstudie kontrollerades filters förmåga att avskilja bakterier och svampsporer jämfört med andra *partiklar* (=suspended particles). I studien användes olika framodlade kulturer som skulle symbolisera de olika mikroorganismerna. Mätningarna skedde samtidigt med instrument både före och efter filtret. Mätningarna skedde vid två tillfällen under ca 15 minuter och medelvärden för denna tid räknades ut. *Partiklarna* mättes med en partikelräknare och koncentrationen av mikroorganismerna mättes med en BIO SAMP MBS-1000. De fann tydliga samband mellan avskiljningsgraden av *partiklar* större är 1 µm, 2 µm och 5 µm och mikroorganismerna.<sup>51</sup>

### 3.3.4 Övriga faktorer

Denna rapport kommer främst att diskutera och undersöka faktorerna i 3.3.1-3.3.3. Det finns andra faktorer som också påverkar hur väl filtren fungerar. Dessa faktorer kommer inte att undersökas eller analyseras i samma utsträckning, men det betyder inte att de inte är lika viktiga. En kort genomgång om en del andra faktorer, som är viktiga för filtrets funktion och tilluften presenteras i detta avsnitt.

---

<sup>46</sup> Johansson, Johan et al. *Ger smutsiga lufffilter försämrade tilluft?* (1998) s.10

<sup>47</sup> Nyman, Eva, (Intervju 2006-02-07)

<sup>48</sup> Kemp et al. 1995A s. 12 i *SP-rapport av Johansson, Johan et al. (1998)*

<sup>49</sup> Kemp et al. 1995B s. 12 i *SP-rapport av Johansson, Johan et al. (1998)*

<sup>50</sup> Simmons et al. (1994) s. 12 i *SP-rapport av Johansson, Johan et al. (1998)*

<sup>51</sup> Yanagi et al. *In situ test about removal performance of airborne microbe particles by an air filter.* (2005)

- **Ventilationssystemets utformning före filterna**

Att utföra ett system, som är så bra som möjligt för filtrets funktion, är inte det lättaste. Det finns några saker som påverkar hur bra filtret fungerar och hur bra tilluften blir. Först och främst gäller det att se till att så ren luft som möjligt sugas in. Intaget ska helst vara på läsidan av en vägg. Ju mer vind som kommer på gallret, desto större risk är det att vatten, snö etc. kan blåsas in. Det ska vara så långt som möjligt bort och riktat från aktiviteter, som leder till hög föroreningshalt, t.ex. trafikerade vägar och industri. Det är också viktigt att avluftsgallret inte sitter för nära, så att den ”använda” luften inte går in i anläggningen igen, utan att det är ny uteluft som används.

Gallrets utformning kan också påverka filterna och då är det främst ur fuktsynpunkt. På horisontella (klassiska) galler kan vattendroppar hänga på gallererna och sen sugas eller blåsas in i ventilationsanläggningen. Det finns vertikala galler som gör att vatten kan rinna ner längs gallret och därför inte kan komma in lika lätt. Ett annat alternativ är labyrintgaller, som är vertikala veckade galler som gör det ännu svårare för vatten att komma in via gallret. Ett av objekten i studien hade labyrintgaller som finns på figur 3.4.



**Figur 3.4 Labyrintgaller för att minska fukt till filterna**

Efter gallret kan ventilationssystemet utformas på några olika sätt. Ett alternativ är att värma upp uteluften några grader med t.ex. nålrörsvärmeväxlare. Den fukthalten som kommer in med luften efter gallret minskar inte, men om temperaturen höjs minskar RF. Ju lägre RF ett filter har, desto mindre är risken för tillväxt av mikroorganismer. En undersökning visade att när uteluften förvärmades innan den kom till filterna var RF låg och tillväxt skedde inte i filterna, utan utomhusluften kunde filtreras bra från mikroorganismer<sup>52</sup>. En annan lösning för att minska fukt i filterna, är att först ha ett finfilter som fångar fukt och en del partiklar. I nästa steg går luften igenom ett finfilter som filtrerar bort de mindre partiklarna. Eftersom det andra filtret inte utsätts för hög RF borde inte tillväxt ske och anläggningen kan förse byggnaden med hälsosam tilluft. Det första filtret byts en gång om året och den andra

---

<sup>52</sup> Möritz, Martin et al. *Capability of air filters to retain airborne bacteria and molds in HVAC systems* (2001)

byts ca vart annat år.<sup>53</sup> Om filterna ska sitta före eller efter övriga delar i ventilationsaggregatet finns det också olika rekommendationer om. Detta beror på om filterna används för att skydda komponenter i aggregatet eller om de används för att förse människorna i byggnaden med ren luft. Det är ju viktigt att man tar hänsyn till båda faktorerna. Både lösningen med en serie filter och uppvärmning av uteluften leder till högre driftskostnader. I hur stor grad lösningarna kan minska hög fukthalt och grogrund för mikroorganismer har jag inte hittat någon studie på. Om någon av lösningarna leder till bättre tilluft, kan de leda till bättre produktivitet och trivsel hos brukarna och på så sätt kan pengar sparas.

I de studerade objekten satt filterna en bit efter intagsgallret och det fanns inga andra aggregat mellan. Under filterna bör det finnas någon konstruktion, som kan dränera bort eventuellt vatten, som kan finnas i filterna. Om vattnet inte dräneras bort kan filterna ligga i pölar, vilket ger bra grogrund för mikroorganismer och kan medföra att ventilationskanalerna rostar.

- **Filterutformning**

Filter kan utformas på olika sätt, vilket redovisades i föregående kapitel. Det är finfilter, utformade som påsfilter, som kommer att undersökas i studien. Om filterna hade varit homogent utformade, hade alla delar varit lika bra på att avskilja partiklar. De första delarna av filtret hade då fångat upp de flesta partiklarna och få hade kommit till bakre delen. Detta hade lett till att den främsta ytan hade satts igen och tryckfallet hade ökat snabbt. För att inte behöva utnyttja alltför stora ytor, men ändå ha en stor fångstyta att fånga upp partiklar på, finns påsfilter. De är uppbyggda av olika skikt och är V-formade. De största partiklarna fångas där mellanrummet mellan fibrerna är störst och de minsta partiklarna fångas i ”spetsen av V:et” där avstånden mellan fibrerna är mindre. På så sätt blir avskiljningen jämn och en stor yta kan utnyttjas utan att filterna ta så stor plats. Det finns olika sätt att öka filtrets relativa fångstyta. Samma förbättring fås om filtermaterialets fyllningsgrad fördubblas, om filtrets djup fördubblas eller om filtrets fiberdiameter hade halverats.<sup>54</sup>

- **Tilluftshastighet**

Vid dimensionering av avskiljningsgrad är luftflödet en viktig faktor. De olika avskiljningsmekanismerna påverkas till det bättre eller sämre av högre eller lägre luftflöde. T.ex. diffusionsinverkan avtar när hastigheten ökar, eftersom passagetiden minskar. De olika filterna har rekommenderade nominella flöde med en viss variation, för att filterna ska fungera optimalt. Wargocki et al. utförde ett test med gamla och nya filter vid olika luftflöden, där produktivitet på ett call-center mättes. När ett gammalt filter användes och luftflödet ökade, då minskade produktiviteten med 6 %. När ett nytt filter användes och luftflödet ökade, då ökade produktiviteten

---

<sup>53</sup> Gustavsson, Jan, *How can air filters contribute to better IAQ?* (1999)

<sup>54</sup> Jensen, Lars, *Filter –Kursmaterial Installationsteknik FK ABK 150* (2004) s.29

med 8 %.<sup>55</sup> Systemet bestod av återluft och grovfilter vilket inte är representativt för ett kontor i Sverige, men undersökningarna visar ändå att det finns pengar att vinna på att utforma ett system som ger hälsosam tilluft.

- **Drifttid**

En del ventilationssystem är igång dygnet runt, medan andra stängs av när byggnaden inte används. De som är på konstant drar naturligtvis mer ström än de som stängs av. Det kan dock finnas anledning till att inte spara på energin och istället satsa på bättre inomhusklimat. En studie visar att så länge RF är > 75 % så är tillväxt i filter möjligt om luften står still. Om luftflödet däremot är högt så krävs RF > 90 % för att mikroorganismer ska kunna växa.<sup>56</sup> I en annan studie mättes förhöjda halter av mikrober i tilluften i när ventilationssystem som varit avstängda över natten sattes på. En av orsakerna ansågs vara att förorenad luft går bakvägen i ventilationssystemet när fläktarna stod stilla.<sup>57</sup> Om luften vandrar fel håll, höjs också temperaturen i ventilationskanalerna. Om filtret redan är fuktigt från utomhusluften och sen varm temperatur tillkommer då bildas en bra grogrund för mikroorganismer. Att därför inte spara på energin genom att stänga av systemen, är ett sätt att behålla en bra tilluftskvalité.

---

<sup>55</sup> Wargoeki, Pawel et al. *The performance and subjective responses of call-center operators with new and used supply air filters at two outdoor air supply rates.* (2004)

<sup>56</sup> Gustavsson, Jan (1996) s. 13 i *SP-rapport av Johansson, Johan et al.* (1998)

<sup>57</sup> Nyman, Eva (1991) s. 11 i *SP-rapport av Johansson, Johan et al.* (1998)

## 4 Mätmetoder för partikelavskiljning

Vid tester av filter finner man olika faktorer, som avgör hur bra ett luftfilter fungerar och det finns olika sorters sätt att mäta dessa faktorer. För att kunna utföra tester finns det olika sorters stoft som används. För att lättare förstå de olika mätmetoderna kommer lite information om teststof först.

### 4.1 Teststof

ASHRAE-stof är ett syntetiskt tillverkat stof, som består av en blandning av olika ämnen. 72 % (av vikten) är små partiklar (Arizona road dust), 23 % kolpuder och 5 % bomullsfiber. Det finns även andra sorters syntetiskt tillverkade teststof.<sup>58</sup> DEHS-partiklar (DiEthylHexylSebacate-partiklar) kan också användas för bestämning av avskiljningsgraden. Partiklarna bildas genom att luft sprayas genom DEHS-vätskan. De är inte uppladdade, vilket gör att de inte behöver neutraliseras före användning.<sup>59</sup>

Latex kan också användas för att tillverka teststof. Latex späds i vatten och med hjälp av tryckluft sprayas vattnet till droppar i luften. När vattnet avdunstar bildas fasta partiklar, som är uppladdade och därför behöver neutraliseras före användning.<sup>60</sup>

Tanken med mätmetoder är att de ska simulera verkligheten och därför ska testdamm vara så likt vanliga utomhusföreningar som möjligt. Huruvida dessa teststof är lika verkligheten eller inte har jämförts vid olika försök.

I ett test jämfördes både glas och plastfilter av klass F7 med teststof som skulle simulera landsbygd respektive stadsmiljö. Landsbygdspartiklar bestod av ASHRAE Arizona road dust som skulle föreställa ett naturligt damm, och mätningarna utfördes på storlek 0,5  $\mu\text{m}$ . Ett problem med denna typ av stof är det ofta bildar en dammkaka, vilken sen fångar upp många av partiklarna, istället för att fibrerna i filterna gör det. Detta gör att avskiljningsgraden blir bättre, men tryckfallet blir sämre. Stadsmiljön simulerades genom att använda dieselavgaser och mätningarna utfördes på storlekarna 1,0, 0,7, 0,5 och 0,2  $\mu\text{m}$ .

Avskiljningsmekanismer för glasfilter av klass F7 är interception och diffusion. Vid testet som simulerade landsbygd, ökade avskiljningen ju mer stof som samlades upp. När testet utfördes på dieselavgaser var avskiljningsgraden konstant för alla partikelstorlekarna (d.v.s. 1,0 $\mu\text{m}$  hade 95 % avskiljningsgrad och 0,2 $\mu\text{m}$  hade ca 60 % avskiljningsgrad genom hela perioden).

Plastfilter av klass F7 är grövre än glasfilter och avskiljningen beror till stor del av elektrostatisk uppladdning. Vid testet som simulerade landsbygd, minskade avskiljningen något ju mer stof som samlades upp. När testet utfördes på dieselavgaser blev avskiljningsgraden avsevärt sämre t.ex. 1,0  $\mu\text{m}$  gick från 90 % till 20 %. Detta berodde på att dieselavgaserna verkade neutraliserande och den elektrostatiske avskiljningsförmågan successivt försvann. Filterklassen gick då från att vara ett finfilter till ett grovfilter vars avskiljningsmekanismer främst är silning

---

<sup>58</sup> Gustavsson, Jan, *Varme- og klimateknik Grundbog 2. Udgave* (1997) Kapitel 10, s. 312

<sup>59</sup> Gustavsson, Jan, *EN 779 – Ny provmetode for luftfilter* (2003)

<sup>60</sup> Gustavsson, Jan, *Varme- og klimateknik Grundbog 2. Udgave* (1997) Kapitel 10, s. 313



och tröghetsverkan (och det avskiljer främst partiklar  $>1,0 \mu\text{m}$ ).<sup>61</sup> Syntetfilter är alltså inte lämpliga i miljöer som har höga halter dieselvagaser, då är glasfilter mer lämpliga.

Några undersökningar där DEHS- eller latexpartiklar jämförs med utomhusluft hittades inte, men det betyder inte att de är helt jämförbara med test som utförs i utomhusluft.

## 4.2 Mätmetoder

Det finns flera olika sätt att mäta olika faktorer hos ett filter. USA och Europa har normer för olika mätmetoder. Med forskning och utveckling har en del nya metoder utvecklats och andra metoder har tagits bort, eftersom det fanns för många nackdelar med dem. Några mätmetoder beskrivs i texten nedan, dels förklaras vad metoden innebär och dels redovisas några brister med metoden, speciellt jämförelse av fält och laboratorium.

- Stofthållande förmåga:

Den totala vikten, mätt i gram, av ett speciellt damm (ASHRAE-teststof) som uppnås vid ett förbestämt tryckfall, vid ett givet flöde. Ginestet et al. har visat att användning av ASHRAE teststof ger missvisande resultat jämfört med hur det är i fält. Vid samma sluttryckfall, 450 Pa, var den stofthållande förmågan ca 10 gånger bättre för ASHRAE teststof än för vanliga utomhusföroreningar.<sup>62</sup>

- Tryckfall:

Enligt normenliga testmetoder (ASHRAE 52, CEN EN 779, Eurovent) så blir avskiljningsgraden bättre ju högre tryckfallet är. Sikström ställde frågan: "Är ett F7-filter alltid ett F7-filter?" Genom att svara på denna fråga, förklarade han en skillnad mellan verklighet och laborieförsök. Både Eurovent och CEN EN bygger sina mätningar på ett sluttryckfall på 450 Pa för finfilter. I vanliga anläggningar är sluttryckfallet sällan högre än 250 Pa. Enligt testmetoderna blir avskiljningsgraden bättre ju mer partiklar filterna fångat upp och ju högre tryckfallet är. Enligt Sikström så kan ett filter med klass F7 ha sämre avskiljningsgrad än vad det borde ha enligt CEN EN 779. Om två F7-filter jämförs enligt t.ex. EN 779-test, kan det ena uppnå tillräcklig avskiljningsgrad vid 125 Pa, medan det andra gör det först vid 300 Pa. Att ett filter har en viss filterklass enligt mätmetoderna betyder inte att de uppnår filterklassens krav i verkligheten. Som slutsats drog Sikström att om sluttryckfallet i en anläggning är för lågt, kan filtret avskilja sämre än den givna filterklassen. Detta beror då inte på att filtertilverkaren gjort fel utan för lågt tryckfall.<sup>63</sup> Ginestet et al. visade i en studie att det inte spelade någon roll om sluttryckfallet faktiskt var 450 Pa i en vanlig anläggning. Avskiljningsgraden för vanliga utomhusföroreningar var lägre än för ASHRAE teststof.<sup>64</sup>

---

<sup>61</sup> Gustavsson, Jan, *Air filters for ventilating systems – Laboratory and in situ testing* (1999)

<sup>62</sup> Ginestet, Alain et al. *HVAC air filter testing – the need of a field test method* (2001)

<sup>63</sup> Sikström, Jan Erik, *Är ett F7-filter alltid ett F7-filter* (2002)

<sup>64</sup> Ginestet, Alain et al. *HVAC air filter testing – the need of a field test method* (2001)

- Avskiljningsgrad av det syntetiska stoftet (Arrestance):

En känd mängd av ASHRAE stoft passerar filtret som ska testas. På andra sidan filtret sitter ett mikrofilter, som fångar upp den mängd som passerat filtret. Genom att väga mikrofiltret kan andelen partiklar som passerat filtret beräknas, eftersom den totala mängden är känd. Detta ger dock inte några klarheter i hur mycket av varje partikelstorlek som avskiljs. En annan nackdel med testet är, att ju större en partikel är, desto mer väger den (i de flesta fall). Detta följer Jungs fördelning (avsnitt 3.1) som säger att det finns mer av de mindre partiklarna. Dessa kan tränga långt ner i luftvägarna och på så sätt orsaka mest skada. Så mätmetoden ger mer en indikation på hur bra de mindre skadliga, d.v.s. de större partiklarna, avskiljs.

- Svärtningsavskiljningsgrad (Dust-spot efficiency):

Pappersfilter sitter både före och efter filtret som ska testas. Missfärgningen av pappersfilter (hur mycket förmågan att reflektera ljus har försämrats) mäts efter testet och smutsighetsgraden jämförs. Detta är ett sätt att testa hur bra filtret avskiljer mindre partiklar, som oftast är de som smutsar ner på väggar m.fl. ytor. Nackdelen med testet är att det inte visar, hur bra de olika fraktionerna filtreras bort.

- Partikelavskiljningsgrad, PSE (Particle size efficiency):

Både före och efter filtret mäts antal partiklar i olika storleksordningar, med t.ex. laserpartikelräknare, så att avskiljningsgraden för olika partikelstorlekar kan beräknas. En fördel med denna testmetod är att samma instrument kan användas för att jämföra hur bra avskiljningsgraden är, när man matar prover med olika sorters partiklar. En del partiklar påverkar olika material på olika sätt, beroende på bl.a. dess laddning, och då är det viktigt att kunna jämföra skillnaden vid olika tester i ”jakten” på den ultimata testmetoden. Denna metod kan utföras i både laboratorium och fält, vilket gör det lättare för ytterligare jämförelser med ”verkligheten” och laboratorietester.<sup>65</sup>

- Partikelavskiljningsgrad för en fraktion (Fractional efficiency or Penetration):

Skillnaden mellan denna mätmetod och PSE är att det endast är partiklar av en förbestämmd storleksordning som används.

- Urladdning av filter:

En del filter filtrerar med sina elektrostatiske egenskaper. Dessa filter filtrerar bra med t.ex. ASHRAE stoftet som används i en del testmetoder. När de utsätts för vissa partiklar i verkligheten, t.ex. dieselavgaser förlorar de sina elektrostatiske egenskaper, ibland redan efter en månads tid, och förvandlas då från finfilter till grovfilter.<sup>66</sup> Ginestet och Pugnet har gjort ett round robin-test där nio olika laboratorier testade filter enligt EN 779 (2002). De olika laboratorierna testade avskiljningsförmågan med DEHS-partiklar både före och efter urladdningen. Urladdningen av filterna skedde på olika sätt, som är tillåtna enligt normen, och ska ge liknande resultat. Resultaten från studien visade dock att de olika metoderna gav olika resultat. Exempel på olika

<sup>65</sup> Gustavsson, Jan, *Air filters for ventilating systems – Laboratory and in situ testing* (1999)

<sup>66</sup> Gustavsson, Jan, *Can we trust air filters?* (2000)

urladdningsmetoder är nedsänkning av filter i isopropanol, utsätta filtret för dieselavgaser och nedsänkning av filter i ett ytaktivt ämne och vatten.<sup>67</sup>

Att mätningarna som görs i laboratorium ger andra resultat än de som görs i fält är ingen nyhet. Att undersöka vilka faktorer som gör att dessa resultat är olika är en fråga som behöver undersökas närmare. De olika mätmetoderna som finns har alla både för- och nackdelar. En av fördelarna med att mäta i laboratorium är att de olika produkterna utsätts för samma mätmetod och samma sorts partiklar så att de kan jämföras med varandra. Flera tester har visat att filter inte klarar verkligheten så bra, som de klarar laboratorium.

De faktorer som påverkar filtret påverkar ju också hur mätdata blir. Frågan är kanske vilka faktorer som påverkar filtret mest och hur man kan få filtrets prestation att bli så bra som möjligt. Att köpa ett filter som har bra värden i laboratorium är inte svårt. Däremot är det svårare att veta vilket filter som passar bäst i användarens miljö, där helheten ska samverka och fungera. Det är olika påfrestningar som hög luftfuktighet, starkt förorenad luft från t.ex. trafikerad väg etc.

### 4.3 Framtidens mätmetoder

För att tilluften ska bidra till en så bra inomhusmiljö som möjligt behövs att tester av luftfilter utvecklas. Istället för att endast koncentrera sig på hur mycket av olika partikelfraktioner som avskiljs bör testerna även avgöra vilka sorts partiklar (form, typ och riskfaktorer) som avskiljs och i vilken mängd<sup>68</sup>. Möritz undersökning visade att bakteriehalten inte minskade och i vissa fall t.o.m. ökade och genom filtret och därför försämrade tilluften<sup>69</sup>. Fler undersökningar av detta slag behövs för att få mer information om vad som kan förbättras.

---

<sup>67</sup> Ginestet, Alain et al. *Roudn robin test of general ventilation filters according to EN 779 standard* (2005)

<sup>68</sup> Gustavsson, Jan, *Air filters for ventilating systems – Laboratory and in situ testing* (1999)

<sup>69</sup> Möritz, Martin et.al *Capability of air filters to retain airborne bacteria and molds in HVAC systems* (2001)

## 5 Normer för olika mätmetoder

### 5.1 Amerikanska normer

ASHRAE står för American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers. I ASHRAE:s samlade verk finns amerikanska normer.

#### 5.1.1 ASHRAE-standards

I USA har ASHRAE Standards 52 använts som mätmetoder sedan 1968 för att kontrollera grov- och finfilter. Denna norm har även legat till grund för de flesta andra länders normer. Den första standarden hette just ASHRAE Standards 52-68. 1976 ersattes den av ANSI/ASHRAE 52.76. ANSI står för American National Standards Institute vilka godkänner normer i USA. Efter ytterligare förbättringar av mätmetoderna ersattes 1976 års standard med ANSI/ASHRAE Standard 52.1-92.<sup>70</sup> Den normen mäter ”arrestance”, svärtningsavskiljningsgrad och stofthållande förmåga. Båda i Europa och USA hade utvecklingen och tankarna om hur mätmetoder borde förbättras kommit en bra bit på vägen. 1999 kom därför USA med ytterligare en norm, som ska användas till finfilter; den nu gällande ASHRAE 52.2 som mäter partikelavskiljningsgraden (PSE). Resultaten rapporteras med ett system de själva utvecklat, som kallas MERV (Minimum Efficiency Reporting Values), där de bästa filterna (HEPA-filter) har siffran 20. Finfilter som studerats i denna rapport har värden mellan 9 och 16 och grovfilter ligger mellan 1 till 8.<sup>71</sup>

### 5.2 Europeiska normer

I Europa finns det två olika organisationer, vilka kort förklarades i kap 3.2.5, som skapar normer för mätmetoder av filter.

#### 5.2.1 Eurovent

Eurovent står för European association for manufacturers of air-handling equipment och representerar tillverkare i VVS-branschen. Eurovent 4/5 bygger på ASHRAE 52-76, precis som många andra normer gör. Den har bara förändrats något. Efterhand som kunskapen om filter och hur partiklar påverkar hälsa ökade, ökade också kraven på filterna. Med mer utvecklad teknologi kunde också kraven på mätmetoderna bli högre. Eurovent 4/9 kom 1992 och i denna norm skulle partikelavskiljningsgraden för en bestämd fraktion mätas på ventilationsfilter. 1996 reviderades Eurovent 4/9 och bl.a. partikelintervallet ändrades till 0,2-3,0 µm. Partiklarna som används vid mätningar är latexpartiklar<sup>72</sup>. (Svärtningsgraden ersattes med avskiljningsgraden)

---

<sup>70</sup> Gustavsson, Jan, *Air filters for ventilating systems – Laboratory and in situ testing* (1999)

<sup>71</sup> 2004 ASHRAE Handbook *HVAC Systems and Equipment SI Edition* s. 24.3-24.4

<sup>72</sup> Ginestet, Alain et al. *HVAC air filter testing – the need of a field test method* (2001)

Mätmetoder i laboratorier hade kommit ganska långt, men faktum var att de inte helt stämde med verkligheten. Det bästa sättet att få reda på hur väl ett filter fungerar i verkligheten är just att göra tester i fält. 1996 kom Eurovent ut med en ny norm, den nu gällande Eurovent 4/10-1996 "Recommendation for in situ fractional determination of general ventilating filters". Denna beskriver hur mätningar i fält ska utföras. I laboratorium testas filtret för olika fraktioner upp till 10 µm. I verkligheten är det få partiklar av fraktioner större än 1 µm, vilket gör det svårt att mäta dem. I fält ska därför fraktioner mellan 0,2 -1,0 µm mätas.

### 5.2.2 CEN EN

CEN är den Europeiska kommittén för normalisering (the European committee for standardization). Den första CEN EN 779-normen kom 1993 och bygger på Eurovent 4/5 (som i sin tur bygger på ASHRAE 52). Normen testar både grov- och finfilter i laboratorium. Svärtningsgraden mäts med obehandlad uteluft och "arrestance" mäts med ASHRAE teststof. 2002 valde CEN att anta den nu gällande normen som baserades på Eurovent 4/9. Ett fint stof används för klassificering av avskiljningsgraden, som funktion av partikelstorleken (0,2 – 3,0 µm). ASHRAE teststof används för att kontrollera den stofhållande förmågan och avskiljningsgraden av ASHRAE-stof (arrestance). En modifikation med denna norm var, att en procedur för urladdning av filter skulle ingå, d.v.s. att filtrets elektrostatiske egenskaper skulle redovisas.<sup>73</sup>

Förutom att anta normer för mätmetoder, ger CEN även rekommendationer för vilka filterklasser som ska användas i olika miljöer, för att ge olika bra inomhusluftskvalité. Normen heter EN 13779:2004 och rekommendationerna bygger på filterklasser definierade enligt EN 779. Normen definierar olika klasser för utomhusluften ODA 1 – 5, där 1 är ren utomhusluft som bara är delvis förorenad med t.ex. pollen och ODA 5 är kraftigt förorenad luft i områden med t.ex. mycket industri, trafik eller närheten av hamn. Den definierar också olika klasser för inomhusluftkvalitén, där IDA 1 är höga krav och IDA 4 är låga krav.<sup>74</sup> Sådana rekommendationer kan vara till nytta för driftstekniker, när de ska välja filterklass.

### 5.3 Nationell mätmetod

Eftersom Sverige är med i EU, bygger våra normer på EU:s normer. I Sverige heter normen SS EN 779. Sverige har även ett komplement till EU:s mätmetod, där långtidsegenskaper mäts med uteluft. Denna metod heter SP-metod 1937. Filtret, som ska testas, installeras utomhus i ett enhetsaggregat (i Borås) under sex månader. Mätningarna sker initialt, efter tre månader och efter sex månader. Vid varje mättillfälle utförs minst sex mätningar, eftersom partikelhalten kan variera mycket. Flödet och tryckfallet registreras en gång per månad. Vid mättillfället registreras bl.a. lufttryck, temperatur och luftfuktigheten. Luftfuktigheten utomhus får inte överstiga

---

<sup>73</sup> Gustavsson, Jan, *EN 779 – Ny provmetod för luftfilter* (2003)

<sup>74</sup> SS EN 13779:2004, *Ventilation for non-residential buildings - performance requirements for ventilation and room-conditioning systems*. s. 36

90 % RF. När ett filter klarar testerna, får det en så kallad ”P-märkning”, som är ett bevis på att filtret klarar en viss avskiljningsgrad, även under en längre tid vid utomhusluft.

SP-metod 1937:s krav på minsta avskiljningsgrad stämmer inte med EN 779:2002 och Eurovents krav, då de använder olika mätmetoder.

**Tabell 5-1 SP, EN och Eurovents klassificering av filter**

Filterklass	SP-metod 1937	SP-metod 1937	EN 779 och Eurovent
	Långtid	Långtid	Medelavskiljningsgrad (E <sub>m</sub> ) Efficiency för 0,4 µm
	Minsta avskiljningsgrad för 0,4 µm	Minsta avskiljningsgrad för 0,85 µm	
F5	2 %	14 %	40 < E <sub>m</sub> < 60 %
F6	12 %	30 %	60 < E <sub>m</sub> < 80 %
F7	50 %	70 %	80 < E <sub>m</sub> < 90 %
F8	70 %	86 %	90 < E <sub>m</sub> < 95 %
F9	80 %	91 %	95 % < E <sub>m</sub>

Tabell 5.1 redovisar vad de olika klassificeringarna säger om minsta avskiljningsgrad. Medelavskiljningsgraden som beräknas med EN 779 och Eurovent klassar filterna i olika intervall. Dessa mätningar utförs i laboratorium och resultat från avskiljning efter urladdning ska även redovisas. SP-metod redovisar både kort- och långtidsmätningar. Kraven av långtidsmätningar, enligt SP-metod 1937 är redovisade i tabell 5.1. Det kan diskuteras hur tillämpbara mätningar i laboratorium är för verkligheten. SP:s långtidsmätningar utförs utomhus och utsätts för utomhusluft i över sex månader. Om mätningarna skulle vara likvärdiga borde inte kraven skilja så mycket som de gör. Jämför F6, enligt SP ska avskiljningsgraden vara 12 % för fraktionen 0,4 µm, enligt EN 779 ska samma fraktion avskiljas minst 60 % vid ett sluttryckfall som är högre än i verkligheten. Om SP tillåter sämre avskiljningsgrad i verkligheten innebär det att avskiljningsgraden i laboratorium inte stämmer med avskiljningsgraden i verkligheten. SP gör ett långtidstest och enligt flera studier ska avskiljningsgraden för glasfilter vara sämst när de är nya och bli bättre ju mer stoft filtret samlar och tryckfallet ökar<sup>75</sup>.

## 5.4 Intervju med fabrikanter (om bl.a. mätmetoder)

Jag kontrollerade några olika stora filterleverantörers hemsidor för att se om de rekommenderade något maxvärde för RF för sina filter, men någon sådan information hittade jag inte. Jag kontaktade två fabrikanter till två av filtersorterna, som var med i undersökningen, för att ta reda på vad de använde för mätmetoder till sina filter. De som intervjuades var personer som var tekniskt kunniga på företagen.

Den ena filterleverantören sa att RF har betydelse för partikelavskiljningen, men att något maxvärde för deras filter inte var satt. I olika delar i Sverige kommer RF att vara olika och ”man kan inte byta ut filterna så fort det blir fuktigt”. De hade ingen

<sup>75</sup> Gustavsson, Jan, *EN 779 – Ny provmetod för luftfilter* (2003)

direkt mätmetod i fält, men om de skulle mäta i fält skulle de använda sig av Eurovent 4/10. ”Mätmetoder i fält medför många frågor och problem. T.ex. att slangen som partiklarna går in i inte får vara för lång.” När de vill göra tester i fält har de sina filter i utemiljö och där finns loggrar som mäter RF och temperatur. Partikelavskiljningen görs dock i laboratorium efter att filtret har monterats ner.

I en intervju med en annan fabrikant sa representanten, att deras företag aldrig gör mätningar i fält. Vissa av deras filter är SP-testade, men eftersom det kostar så mycket, görs inte detta på alla deras filter. Alla filterna har dock genomgått någon sorts test, om inte hos SP så hos American AirFilter i Holland, eller något annat ställe. Även denna filtertillverkare hade inte någon maxgräns för RF. De provresultat han hade framför sig, testades i olika RF från 50 -80 %. Han hävdade t.o.m. ”att det finns en del tester som visar att filter blir bättre ju fuktigare filtret är”. Med bättre menade han partikelavskiljningen.

Frågan är på vilket sätt ett filter blir bättre. En del partiklar kanske avskiljs bättre om filtret är fuktigt fast som Möritz visade så var bakteriehalten högre efter filtret än före när det utsattes för hög fukthalt (>90 % RF etc.) Jag hittade aldrig någon sådan artikel, men detta synsätt stärker bara det Jan Gustavsson hävdar, nämligen att testmetoderna för filter behöver utvecklas så att man tittar på vilka partiklar det är som avskiljs och inte bara hur många av varje partikelstorlek<sup>76</sup>.

---

<sup>76</sup> Gustavsson, Jan, *Air filters for ventilating systems – Laboratory and in situ testing* (1999)

## 6 Beskrivning av använda mätmetoder i denna studie

### 6.1 Mätprogram

Som beskrivits tidigare finns det flera olika faktorer, som påverkar hur bra ett filter fungerar. Det som detta test främst avser, är att kontrollera partikelavskiljningen, RF och om mikroorganismer växer i filter och i så fall i vilken utsträckning. Mätmetoderna har till stora delar följt Nordtest method<sup>77</sup>, men tagit bort vissa delar och lagt till nya.

Eurovent beskriver lämplig mätmetod i fält, i normen: Eurovent 4/10 "Recommendation for in situ fractional determination of general ventilating filters". I utomhusluften är det ganska få partiklar av fraktioner större än 1 µm, vilket gör det svårt att mäta avskiljningsgraden för denna fraktion. I fält ska därför fraktioner mellan 0,2 -1,0 µm mätas. Partikelmätaren som kommer att användas, kan bara räkna partikel med minsta storlek 0,5 µm och därför kan inte mindre partikelstorlekar mätas. Partikelfraktioner upp till minst 3 µm och i vissa fall även 5 µm kommer att mätas och redovisas. Över 1,0 µm kommer resultaten inte i samma utsträckning att analyseras och dras slutsatser om som för de mindre fraktionerna. Alla fraktionerna kommer dock att redovisas och på så sätt kan resultaten jämföras med andra tester som gjorts.

Poängen med mätmetoden i fält är att:

1. De ska vara så korrekta som möjligt, alltså ligga nära verkligheten.
2. De ska vara tillgängliga för de flesta företag i branschen, d.v.s. mätmetoderna får inte vara alltför komplicerade eller använda sig av för dyra mätinstrument.

En nackdel med mätningarna av antal partiklar är att resultaten visar hur bra avskiljningsgraden är, fast inte vilka sorters partiklar som filtreras bort. Kanske vissa partiklar avskiljs bättre än andra i olika förhållande, t.ex. fuktigt filter?

#### 6.1.1 Bakgrundsfakta om objekten

Det är viktigt att ha bakgrundsfakta om var och ett av mätobjekten och följande har valts.

- Typ av filter (filterklass och material)
- Hur förorenad är luften vid objektet och den största källan till föroreningen
- Tidsfaktor (Hur länge har filtret suttit i anläggningen + hur ofta byts filtterna)
- Utformning (Avstånd mellan intag och filter, typ av galler, tak- eller ytterväggsplacering och riktning för intaget)
- Frontarea + projekterat flöde (eftersom flödet kan vara svårt att mäta)

#### 6.1.2 Väderdata som ska kontrolleras inför varje mätning

---

<sup>77</sup> Nordtest Method, *Ventilations filter – field test of efficiency*. (2001)



Inför varje mättillfälle ska temperaturer kontrolleras så att slutsatser kan dras om och i så fall i vilken grad de påverkar mätningarna.

- SMHI och loggern, för temperatur och RF som är placerad i filteröppningen, kan tillsammans ge ett värde på vad utomhustemperaturen är. Luften från utomhustemperaturen kan eventuellt värmas upp något innan den kommer till loggern, som är placerad i filteröppningen, och därför kommer olika resultat från både logger och SMHI att redovisas. SMHI ger mer grova temperaturer för hela Skåne så de går inte helt att tillämpa för mätplatserna. Loggern däremot sitter i objektet och ger mer exakta värden för var och ett av objekten.

### **6.1.3 Mätningar**

Vid mätningarna är det några saker som ska kontrolleras för varje filter:

- Partikelavskiljning: Kan beräknas genom att mäta antalet partiklar, i storleksordning >0,5-5,0 µm, före och efter filtret.
- Fuktmätning: Loggrarna som sitter i filter under hela försöket ger RF och temperatur
- Känna på filterna och för att se hur fuktiga de känns.
- Provtagning av en bit av filtret – Kontrollera förekomst och typ av mikroorganismer. Detta görs bara en gång per objekt

## **6.2 Utförande av mätningar**

### **6.2.1 Mätinstrumentet för partikelavskiljning**

Vid redovisning av resultat från en mätning, krävs även information om mätinstrumenten. Från Nordtest method ska följande redovisas om mätinstrumentet: Mätinstrumentets egenskaper, senaste kalibrering och mätinstrumentets luftflöde<sup>78</sup>.

Partiklarna mättes med mätinstrumentet: MetOne – Model 227A – Handheld Airborne Particle Counter – Laser particle counter. Mätsonden var tillverkat av ett inert (=icke reaktivt) material och var isokinetiskt utformad.

Senaste kalibrering: 2005 04 22 (utfördes av: ab ninolab)

Luftflödet: 2,83 l/min (=0,1 cfm). Luftflödet genom slangen är laminär

Mätecyklerna sker i intervall av en minut och då räknas två partikelstorlekar åt gången. Den ena är alltid inställd på partiklar >0,5 µm och de övriga går att variera mellan: >0,7, >1,0, >3,0 och >5,0 µm.

Mätinstrumentet har mindre än 5 % fel vid 70600 partiklar/l

Slangen som partiklarna samlas upp i får inte vara för lång, p.g.a. att partiklar kan fastna vid ett mättillfälle och släppas vid nästa. Två olika slangar användes. En kortare när detta var möjligt (ett av objekten) och den längre när det behövdes. Ju längre slangen, desto större blev mätfelen.

---

<sup>78</sup> Nordtest Method, *Ventilations filter – field test of efficiency*. (2001)

Kortare slang:

Längd: 35 cm, ( $d_{\text{inner}} = 4,2$  mm)

Längre slang:

Längd: 146 cm, ( $d_{\text{inner}} = 3,5$  mm)

### **6.2.2 Partikelavskiljning**

Partikelavskiljningen mäts med en bärbar laserpartikelräknare, som visar antal partiklar. Mätningarna är isokinetiska genom att mätsonden hålls vinkelrätt mot flödesriktningen. Mätinstrumentet suger in luft med flödet 2,83 l/min. Lufthastigheten i ventilationssystemet behöver inte ha samma hastighet före filterna som efter. Om mätsonden hålls mot flödesriktningen kan det leda till att det blir olika hastighet in i mätsonden, och därigenom olika antal partiklar som beror av luftflödet. Att sonden hålls vinkelrätt leder därför till att de olika hastigheterna före och efter filtret "neutraliseras", och det är mätinstrumentet som bestämmer lufthastigheten.<sup>79</sup> Om detta mätsätt skulle kunna påverka vissa partikelstorlekar att ha det svårare eller lättare för att komma in i mätsonden borde inte påverka resultaten. Om det t.ex. blir färre partiklar av storleksordning 3,0  $\mu\text{m}$  före så blir det samma effekt efter filtret också. Då avskiljningsgraden redovisas som med % borde de eventuella felen ut varandra.

När mätningar på den smutsigare utomhusluften görs, är det en del partiklar som fastnar i mätslangen under en mätcykel, som kommer att släppas i nästa mätcykel. Om en mätcykel av utomhusluften (före filtret) följs av en cykel efter filtret, kommer cyklerna efter filtret att få något förhöjda mätresultat än vad som är verkligt. För att undvika detta kan en mätcykel inomhus utföras innan nästa mätning sker. Då halterna i luften kan variera mycket på kort tid så kan även detta leda till ännu större felaktiga resultat. Jag valde därför att inte göra en extra cykel för att rena mätinstrumentet mellan utomhusmätning och mätning efter filter. För att undvika perioder då föroreningshalterna kan variera kraftigt, t.ex. vid rusningstrafik så kommer de flesta mätningarna utföras vid tillfällen då stora variationer inte förväntas. Om halterna skulle vara något förhöjda, p.g.a. mätmetoden, kan detta leda till att resultaten ger något sämre avskiljningsgrad än det verkligen är, men detta antas vara marginellt.

Mätningarna utfördes enligt tabell 6.1 de flesta gångerna. (De första mättillfällena användes inte denna mätordning, utan den började användas när jag fått lite mer rutin.) Vid beräkning paras mätning #1 ihop med #3, #2 med #4 osv. Efter att avskiljningsgraden är uträknad beräknas ett medelvärde, för de olika partikelstorlekarna. Medelvärdet representerar avskiljningsgraden för ett mättillfälle. De partikelhalter som redovisas är antalet partiklar som sugas in i partikelräknaren, d.v.s. 2,83 liter/minut.

---

<sup>79</sup> Eva Nyman, Tekomo (2006-01-16)

**Tabell 6-1: Mätordning med de partikelstorlekar som användes**

Mättningsnummer	1	2	3	4	5	6	7	8
Före filter (Uteluft)			0.5&0.7	0.5&0.7	0.5&1.0	0.5&1.0		
Efter filter	0.5&0.7	0.5&0.7					0.5&1.0	0.5&1.0
Mättningsnummer	9	10	11	12	13	14	15	16
Före filter (Uteluft)			0.5&5.0	0.5&5.0	0.5&3.0	0.5&3.0		
Efter filter	0.5&5.0	0.5&5.0					0.5&3.0	0.5&3.0
Mättningsnummer	17	18	19	20	21	22	23	24
Före filter (Uteluft)			0.5&1.0	0.5&1.0	0.5&0.7	0.5&0.7		
Efter filter	0.5&1.0	0.5&1.0					0.5&0.7	0.5&0.7

Vid för hög föroreningshalt kortas mätcyklerna, för att undvika osäkra resultat och att riskera att partikelmätaren förorenas. Vid mer än 70 000 partiklar kommer testerna att avbrytas. Detta kommer troligen bara att ske vid ett av objekten, där luften är mycket förorenad. Vid det objektet kommer mätningar att utföras tills 70 000 partiklar är uppnådda och tidtagning sker samtidigt. Lika lång tid som det tog att komma upp till 70 000, lika lång tid kommer man att mäta efter filtret. Extrapolation kommer sen att ske, för att någorlunda räkna ut vad resultaten borde ha blivit, för en hel mätcykel, dock med viss osäkerhet.

Mätningarna ska utföras så att ventilationssystemet påverkas så lite som möjligt. Detta kommer att vara svårare i vissa objekt än andra. I två objekt måste luckor öppnas och för att hålla mätsonden korrekt kan inte luckorna stängas helt.

Mätinstrumentet beräknar partiklar >fraktion X  $\mu\text{m}$ , d.v.s. inte bara en fraktion X  $\mu\text{m}$  utan X + alla fraktioner som är större. Ju större partikelstorlek en fraktion har desto färre finns det av dem (Junges fördelning) och avskiljningsgraden blir bättre, ju större fraktionen är (över MPPS – se kap. 3.2.4.). Den beräknade avskiljningsgraden kan därför inte direkt jämföras med mätmetoder, där endast en fraktion mäts, som i EN 779 och Eurovents mätmetoder. Att mäta partiklar > 0,5  $\mu\text{m}$  ger bättre avskiljningsgrad än att bara mäta 0,5  $\mu\text{m}$  vilket kommer att beaktas för resultaten och analysen.

Sammanfattningsvis kan konstateras att det finns en del osäkerheter med mätmetoden som kommer att påverka resultaten några procent mer eller mindre. Den största faktorn antas vara förändring av partikelhalten i luften, eftersom förändringarna skulle kunna ske relativt snabbt. Användningen av en längre slang, för att komma till vid lämpliga mätställen, kan också ge något missvisande värden. Det faktum att systemet påverkas av att luckor stängs och öppnas och trycket därför ändras borde också påverka filtret och avskiljningsgraden. Även om mätningarna är något osäkra, borde resultaten ge antydningar om hur partikelavskiljningen fungerar.

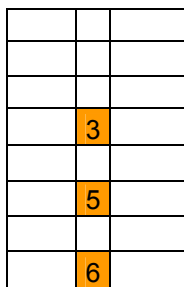
### **6.2.3 Mätinstrument för RF och temperatur**

För att mäta RF och temperaturen kommer loggern ”GreenLine HOBO U12” att användas med tillhörande mjukvara för att analysera proverna i dator. En logger kan lagra upp till 43 000 värden, vilket gör att den är lämplig för testen som kommer att

utföras. Resultat kommer att registreras var 10:e minut. Noggrannheten för temperaturerna är  $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$  när temperaturen ligger mellan  $0 - 50^{\circ}\text{C}$ . Noggrannheten för RF är  $\pm 3\%$ .

### 6.2.4 Fuktmätning

Till mätningarna finns det sex stycken loggrar för att mäta RF och temperatur. Eftersom det finns fyra objekt och sex loggrar kommer tre loggrar att sättas in i samma objekt. På så sätt kan jämförelse göras om det är någon skillnad i RF i olika delar i filterbanken. (Objektet där de tre loggrarna sätts in har 2x2 filter, i sin filterbank.) Den första loggern (#3) kommer att placeras längst ner i det övre filtret, den andra (#5) i övre-mitten av det nedre filtret och den tredje (#6) längst ner i det nedre filtret (se figur 6.1). Fukt rinner neråt så den tredje loggern (#6) antas vara i den fuktigaste miljön, om det ens är någon skillnad på den korta sträckan. Tanken var att sätta loggrarna så långt in i filtret som möjligt, där provtagning senare ska tas, men detta stoppades av filternas konstruktion.



*Figur 6.1 Loggrarnas placering i filter. Till höger figur med två filter i objekt 3 med loggrarnas placering.*

### 6.2.5 Provtagning för kontroll av påväxt i filter

Under mätperioden kommer en bit per objekt klippas ut från ett filter. Biten kommer att vara en kvadratisk nederkant-bit av filtret på mellan 5-10 cm. (Hålet kommer att lagas med silvertape.) Provet kommer sen att analyseras i laboratorium för att avgöra om det är påväxt i filtret och vad RF är. Detta är ytterligare ett sätt att kontrollera RF i filtret, fast det blir ett momentanvärde, jämfört med loggens kontinuerliga mätning.

## 7 Beskrivning av studerade objekt

Fyra mätobjekt på olika platser i Skåne, har studerats och de kommer att få ett nummer vardera. Vad för aktivitet som byggnaderna har är oviktigt, då mätningar inte ska utföras nere i byggnaden, utan bara i direkt anslutning till filterna. Det viktiga är vad för slags filter som används, vad för ventilationssystem det är, hur förorenad uteluften är etc. De olika objekt som är utvalda för studierna ska representera olika sorters utemiljöer och olika filterklasser. Mätningarna ska utföras från sen höst till tidig vinter, eftersom flera studier som tidigare nämnts, t.ex. av M. Möritz och G. Smedje, har visat att då är RF hög och det är risk för tillväxt i filterna.

### 7.1 Objekt 1 i Trelleborg: Starkt förorenad uteluft

- *De största förorenarna:* Objektet finns i Trelleborg som är en kuststad med hög föroreningshalt. Färjetrafik ligger på 0,5 -1,0 km avstånd från objektet, vilket gör att föroreningshalter av bl.a. dieselavgaser är höga, när färjor ligger inne. (När färjor ligger inne är huvudmaskinerna avstängda, men hjälpmaskinerna som driver el m.m. är alltid igång, vilket leder till stora utsläpp av dieselavgaser.) Objektet ligger ca 150 m från en trafikerad väg som är genomfart från motortrafikled.
- *Utformning:* Systemet är tryckutjämnande. Uteluftsintag sitter på taket av ett hus med fem våningar. Uteluftsintaget har horisontella lameller och uteluftsintaget sker från alla väderriktningar. Det är ca. 3 meter från uteluftsintaget till filterna.
- *Antal filter:* 2 st.
- *Typ av filter:* F7 glasfilter
- *Filternas ålder:* Senaste byte var 2005-09-14. Vid första provet 2005-10-20 var filterna 36 dygn och vid sista provtillfället var filterna 79 dygn
- *Läge för provtagningen:* Sonden hölls ca 0,75 meter före filterna i mitten av deras höjd. Efter filtret höll sonden ca 6 meter efter filterna, då det var en del fläktkomponenter direkt efter, så kom även dessa mellan den luft som precis filtrerats och luften som mättes.
- *Luftflöde:* -
- *Övriga kommentarer:* De senaste åren har filter bytts på detta objekt, två gånger om året. En gång efter pollensäsong, vid september, och en gång efter den perioden med hög RF, vid mars. Objektet var ett hus som hade (har?) problem med inomhusluften. Strax innan (3 dagar) det sista mättillfället av avskiljningsgraden och provtagning, för analys av mikrobielltillväxt, byttes filterna. De nya filterna, som sattes in var av klass F5. Detta byte var högst oväntat, dels p.g.a. tidpunkten och dels för att de valde att sätta in en lägre filterklass i den starkt förorenade miljön som byggnaden fanns i. EN 13779:2004 har rekommendationer för ODA5- regioner, d.v.s. områden med hög koncentration av föroreningar p.g.a. t.ex. tung trafik och nära hamn. Enligt dessa ska gasfilter i kombination med F8 eller F9 användas i ODA5-

regioner, för att en god luftkvalitet ska uppnås. Om byggandens krav är låg luftkvalitet, ska G4 i kombination F6 användas. Ett byte till F5 ger därför sämre tilluft än de lägsta krav som EU rekommenderar. Objektet utsätts för höga halter diesellavgaser. Dessa har visat sig ge större allergisk reaktion, än vad pollen gjorde hos pollenallergiker, utan att några antioxidanter skapades för att skydda kroppen mot gasernas skadliga effekt<sup>80</sup>. Att driftsteknikerna bytte från F7 till F5 tycker jag är ett mycket märkligt. För mina mätningar förstörde bytet provtagning för att kontrollera tillväxt av mikroorganismer. Det positiva är att jag fick ett nytt filter att studera och som kunde användas som jämförelse med övriga filter.

## 7.2 Objekt 2 i Lund: Normalt förorenad uteluft

- *De största förorenarna:* Objektet ligger i Lund, som har normalt förorenad luft. Byggnaden ligger ca. 150 m från en väg som leder till motorvägen (som ligger 700 m bort) och därför trafikerats mycket under rusningstid. Uteluftsintaget är dock riktade från den trafikerade vägen. Den huvudsakliga föroreningskällan är sannolikt avgaser från biltrafik.
- *Utformning:* Uteluftsintaget sitter på taket av ett hus med 6 våningar. Uteluftsintaget har horisontella lameller luften sugas in från sydlig-riktning. Filterna sitter 1,30 m in efter luftintaget.
- *Antal filter:* 3x3 st.
- *Typ av filter:* F5 glasfilter
- *Filternas ålder:* Byte sker en gång per år och senaste bytet var i maj. Filterna var mellan sex och sju månader under mätperioden.
- *Läge för provtagningen:* Sonden hölls ca 1 meter före filtret och 0,5 m efter filtret, båda i mitthöjd.
- *Luftflöde:* Mellan 3000- 3500 m<sup>3</sup>/h (det gick att variera)
- *Övriga kommentarer:* -

## 7.3 Objekt 3 i Lund: Normalt förorenad uteluft och labyrintgaller

- *De största förorenarna:* Objektet ligger i Lund som har normalt förorenad luft. Byggnaden ligger inte vid någon starkt trafikerad väg eller industri utan är ganska skyddad från höga halter av förorening.
- *Utformning:* Uteluftsintaget sitter på taket av ett hus med sex våningar. Intaget sitter i östlig riktning Det har så kallade labyrintgaller vilket ska kunna leda bort vatten bättre och på så sätt minska fuktpåverkan i filtret. Det är ca 5 meter mellan uteluftsintaget och filterna.
- *Antal filter:* 2x2 st.
- *Typ av filter:* F7 glasfilter
- *Filternas ålder:* Filterna byts en gång per år och senaste byte var i juli, vilket gjorde att de var mellan fyra och fem månader under mätperioden.

---

<sup>80</sup> Kongste, Niels-Erik, Effektiv luftfiltrering kan fjerne sundhedsskadelige partikler

- *Läge för provtagningen:* Sonden hölls ca 4,5 meter före och 1 meter efter filterna i mitthöjd.
- *Luftflöde:* Ventilationssystemet är inte igång likadant i hela byggnaden, då objektet är en universitetsbyggnad. De filterna som mätningarna utfördes på gick till datasalar, som används både under normala arbetstider, men en del annars också. Systemet styrdes av ett spjäll som reglerade flödet till rummen. Det var alltså något högre flöde under veckorna än helgerna.
- *Övriga kommentarer:* -

#### **7.4 Objekt 4 i Vellinge: Svagt förorenad uteluft**

- *De största föroreningarna:* Objektet ligger i Vellinge som är en ort med låg föroreningshalt. Byggnaden är en industribyggnad, där frånluften filtreras noga innan den släpps ut. Byggnaden ligger inte bredvid någon starkt trafikerad väg och utsätts förmodligen inte av höga halter förorening.
- *Utformning:* Uteluftsintaget sker på taket av en byggnad, ca 15 m upp. Luften filtreras på bottenvåning och därför går uteluften ca 15 m i kanaler inne i byggnaden innan det kommer till filterna.
- *Antal filter:* 2x2 st.
- *Typ av filter:* F6 glasfilter
- *Filternas ålder:* filterna byts en gång om året och senast bytet var i juni, så de var mellan fem och sex månader under mätperioden.
- *Läge för provtagningen:* Då det var omöjligt att komma in med mätsonden, med den konstruktionen som systemet har, användes hålen som är gjorda för mätning av tryckskillnad.
- *Luftflöde:* -
- *Övriga kommentarer*

Det projekterade luftflödet och frontarean skulle användas för att beräkna hastigheten. Då det var svårt att få tag i luftflödet är frontarean inte heller redovisad. De skulle dock kunna påverka resultaten.

## 8 Mätningar – Resultat och analys

Hur väl filter fungerar beror på många olika faktorer. I denna studie har partikelavskiljningsgraden och förekomst av mikroorganismer använts som mått på filtrets funktion. Ett mål med denna studie var att studera om några faktorer skulle ha tendenser att påverka mer eller mindre. En hel del mätningar, såsom RF, temperatur och partikelavskiljningsgrad utfördes på de fyra objekten som var med i studien. Även prover togs för att kontrollera om det fanns mikrobiologisk tillväxt i filterna. Detta kapitel är en sammanställning av de olika faktorerna som mättes och resultaten som de gav. Eftersom det var många faktorer som kontrollerades så följer analys av resultaten, d.v.s. bedömningar, direkt efter resultaten för att underlätta läsandet.

De studerade faktorerna är:

- Föroreningshalten i uteluften
- Tids- och uteluftspåverkan på partikelavskiljningen
- RF:s påverkan på avskiljningsgraden
- Fördelning av RF i höjdlid hos filter
- Fuktbelastning
- Tillväxt i filterna
- Total avskiljningsgrad med jämförelse med normer

### 8.1 Föroreningshalten i uteluften

För att avgöra hur bra tilluft som kan förväntas i en byggnad är det viktigt att veta vilka de stora föroreningskällorna i uteluften är. Detta kan göras genom att undersöka vad som ligger i närheten t.ex. industri, en trafikerad väg, hamn etc. och sen analysera vilka toppar av halter som kan förväntas. Ett bra komplement till analysen är att utföra mätningar och studera vilka halter byggnaden utsätts för vid olika tillfällen. Mätresultaten som redovisar är antalet partiklar partikelräknaren räknade, alltså 2,83 liter luft under en minut

#### 8.1.1 Resultat

Vid de flesta mätningarna var det inte så stora skiftningar mellan de olika mätvärdena, inom ett mättillfälle. Det fanns dock tillfällen då variationerna var mer markanta såsom kolumn 1 – ”Stor variation” i tabell 8.1. Kolumn 3 ”Låg variation” är det mest representativa för alla mättillfällen. Då variationen oftast inte var så stor gav det säkrare mätresultat. (Tabell 8.1 ger resultat från olika objekt och är endast med för att visa vad jag själv anser vara stor – låg variation.)



**Tabell 8-1 Exempel på stor, måttlig och låg variation av partikelhalt under ett och samma mätillfälle**

Stor variation	Måttlig variation	Låg variation
21991	9135	10110
42338	12509	10488
49484	15292	11684
39167	14361	11667
45548	15167	10628
25847	16160	10885
31426	9804	12561
	12548	12930
	12642	12497
	9462	11863

Även om föroreningshalten inte pendlade så mycket under ett mätillfälle så kunde den pendla kraftigt från ett mätillfälle till ett annat. Objekt 1, Trelleborg var ett exempel på ett objekt där föroreningshalten pendlade kraftigt, från gång till gång. Medelvärdena för de olika mätillfällena kan avläsas i tabell 8.2. Det högsta värdet var ca 114 000 partiklar >0,5 µm och detta var när en färja låg i hamn och släppte ut mycket dieselavgaser. Det lägst medelvärdet var 13 000 partiklar och detta var då färjan närmast inte var ingående eller låg i hamn.

Mätningarna gav också exempel på hur få partiklar >3,0 och 5,0 µm det finns och hur ojämna halterna av dem kan vara. Vid ett mätillfälle var det ca 18 000 partiklar >0,5 µm och då är det ca 1700 partiklar >3,0 µm. När det däremot var >80 000 partiklar >0,5 µm så var det endast 34 partiklar >3,0 µm.

**Tabell 8-2 Medelvärdet av antal partiklar, som räknades i utomhusluften i Trelleborg**

Datum	Tid	(>0,5µm)	(>0,75µm)	(>1,0µm)	(>3,0µm)	(>5,0µm)
Tors 20/10	13-14	113620				21
Ons. 23/11	9.20-10.30	17624	5253	1715	1518	85
Fred 2/12	11.00-11.30	80166	25133	5072	34	1
Mån 12/12	12.00-1235	12759	7305	2681	32	2

Objekt 2, i Lund, hade vid ett av mätillfällena riktigt höga föroreningshalter vilket var lite förvånande. Det kan ha berott på den trafikerade vägen som låg nära. Detta är ett exempel på att föroreningshalten inte betar sig som förväntat. Vid de andra mätillfällena var föroreningshalterna mer som förväntat. Den högsta halten var ca. 110 000 och den lägsta ca.10 000 för partiklar > 0,5 µm.

**Tabell 8-3 Medelvärdet av antal partiklar, som räknades i utomhusluften i Lund objekt 2**

Datum	Tid	(>0,5µm)	(>0,7µm)	(>1,0µm)	(>3,0µm)	(>5,0µm)
Mån 14/11	10.50-11.25	9817	6007	3129	118	
Tis. 29/11	10.55-11.30	108467	28889	6107	31	5
Fre. 9/12	13.15-13.40	14543	3333	1187	42	13
Fre. 16/12	10.25-11.00	17112	4337	1270	63	3

Mätobjekt 3, i Lund, gav för det mesta precis de halter av föroreningar som förväntades för objektet, med tanke på dess läge. Vid två tillfällen var dock halterna otroligt låga, så låga som förväntades av en ren filtrerad tilluft. Den högsta halten var ca. 37 000 och den lägsta ca. 2500 för partiklar > 0,5 µm.

**Tabell 8-4 Medelvärde av antal partiklar, som räknades i utomhusluften i Lund objekt 3**

Datum	Tid	(>0,5µm)	(>0,7µm)	(>1,0µm)	(>3,0µm)	(>5,0µm)
Tors 10/11	9.30-9.50	20779	8926			
Fre. 11/11	15.20-15.45	18631	5246	1380		
Mån 14/11	14.30-14.45	10760	6850	3637	129	4
Ons. 16/11	14.35-14.50	2472	1348	697	20	0
Tors 24/11	14.45-15.05	21783	4998	2026	23	
Ons. 30/11	15.40-16.00	4918	2599	1389	31	
Tors 8/12	9.00-9.20	36543	9600	2146	24	
Fre. 9/12	8.15-9.15	12708	3014	803	22	2
Tis. 13/12	10.20-11.00	30425	18413	7530	134	0

Objekt 4, i Vellinge, representerade en ort med låg föroreningshalt. Den högsta halten var ca. 42 000 och den lägsta ca. 2600 för partiklar > 0,5 µm. Det var fyra mättillfällen varav ett gav mycket låga föroreningshalter, ett annat gav medelhöga och de två andra gav medellåga föroreningshalter. Det är svårt att säga vilket som var representativt för objektet vid endast fyra mättillfällen.

**Tabell 8-5 Medelvärde av antal partiklar, som räknades i utomhusluften i Vellinge**

Datum	Tid	(>0,5µm)	(>0,7µm)	(>1,0µm)	(>3,0µm)	(>5,0µm)
Ons. 23/11	13.30-13.50	2596	1035	353	33	34
Fre. 2/12	9.55-10.20	42346	11534	2729	48	10
Mån 12/12	10.10-10.40	15206	8365	3379	80	4
Tis 20/20	10.05-10.35	11547	5927	2572	80	9

### 8.1.2 Analys

Områden kan delas in i olika grupper efter den förväntade föroreningshalten. Mätningarna visade att det är svårt att förutse vilken föroreningshalt som kan väntas eftersom detta beror på så många fler faktorer och händelser än de klassiska, t.ex. rusningstrafik. Vid de få mättillfällena fanns det ingen tydligt skillnad i föroreningshalten mellan objekt 4, som förväntades ha låg föroreningshalt, och objekt 3, som förväntades ha medelhög föroreningshalt. Däremot mellan objekt 2 och 3 som låg i samma stad, 500 m från varandra, var det ganska stora skillnader i föroreningshalten förmodligen för att objekt 2 låg närmare en trafikerad väg.

Partikelhalten kunde vid ett och samma mättillfälle stiga eller sjunka relativt snabbt, men vid de flesta mättillfällena var variationen liten. När färjan låg inne i Trelleborg så var halterna mycket höga, t.o.m. >100 000 partiklar >0,5 µm vid ett mättillfälle. Mätresultat vid så stor föroreningshalt har större mätfel än de som har <70 000 partiklar p.g.a. mätinstrumentet. Objekt som detta utsätts för stor belastning

av bl.a. dieselpartiklar. De laddar ur filter som har elektrostatisk filtreringsförmåga, så syntetfilter hade varit ett mindre bra val i en sådan miljö<sup>81</sup>. Dieselavgaser har dessutom visat sig ge större allergisk reaktion, än vad pollen gjorde hos pollenallergiker, utan att några antioxidanter skapades för att skydda kroppen mot gasernas skadliga effekt<sup>82</sup>.

De större partiklarna fanns det ganska få av vilket kan ge för stor osäkerhet vid beräkning av avskiljningsgraden. Förutom att det fanns få partiklar i mätområdena >3,0 och 5,0 µm så kunde deras antal också verka vara oberoende av hur många partiklar det fanns totalt, >0,5 µm. Vid några tillfällen var det många små partiklar (0,5 µm) men däremot ganska få av de större fraktionerna (>3,0 µm) och andra tillfällen var det ganska få av de små partiklarna men däremot ganska många av de större fraktionerna. Sådana resultat hörde mer till undantag och ju fler mätningar som utfördes desto tydligare var sambandet att detta var undantag. Om endast få mättillfällen per objekt utförs är det svårt att se om sådana mätresultat är ”undantag” eller inte.

## 8.2 Tid- och uteluftspåverkan på partikelavskiljning

Mätningar av partiklar utfördes enligt metoden som beskrevs i kap 5.2.2. I en undersökning av Ginestet hade förutom partikelavskiljning även osäkerhet redovisat<sup>83</sup>. Detta är inte uträknat i denna rapport, men det finns osäkerheter med mätningarna. Hur stora dessa kan vara är okänt men hänsyn till detta är taget när analys av partikelavskiljningen görs.

Beräkning för att få fram partikelavskiljningsgraden var:

$$\text{Avskiljning}(\%) = 100 * \left( \frac{\text{Partikelkonc. förefilter} - \text{Partikelkonc. efterfilter}}{\text{Partikelkonc. förefilter}} \right)$$

### 8.2.1 Resultat

Objekt 1, i Trelleborg, hade filterklass F7 och mätningarna pågick under knappt en och en halv månads tid. När mätningarna började var filterna drygt en månad gamla. Den enda skillnaden i avskiljningsgraden var för partiklar >0,5 µm, som ökade något, från 56 % till 62 % vilket kan ses i figur 8.1. Detta kan dock ligga inom det ”osäkra intervallet”. När avskiljningsgraden var som lägst, 56 %, var också föroreningshalten som högst (0,5 µm partiklarna var >100 000 stycken.). Den bästa avskiljningsgraden (62 %) var dock vid det tillfälle som antalet partiklar var precis över 70 000 (d.v.s. mellersta värdet av det tre mättillfällena).

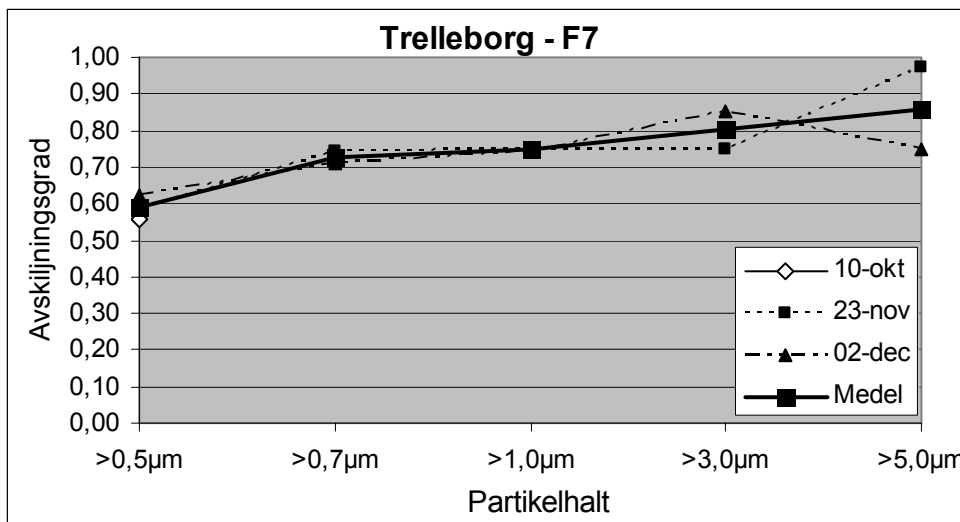
Vid det första mättillfället mättes bara partikelstorlekarna >0,5 och >5,0 µm. Partiklar >5,0 µm gav – 45 % avskiljningsgrad, då det var 21 partiklar före filtret och

<sup>81</sup> Gustavsson, Jan, *Air filters for ventilating systems – Laboratory and in situ testing* (1999)

<sup>82</sup> Kongste, Niels-Erik, *Effektiv luftfiltrering kan fjerne sundhedsskadelige partikler*(2005)

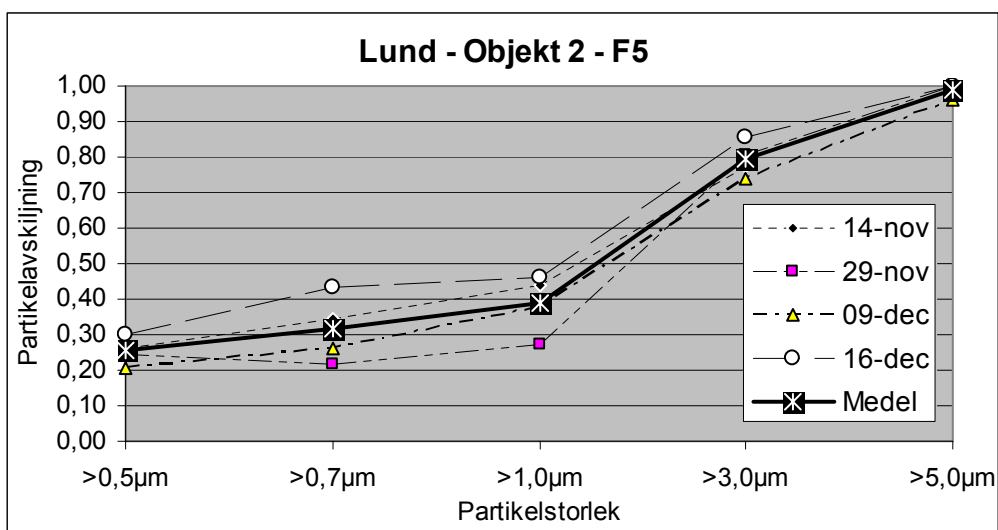
<sup>83</sup> Ginestet, Alain et.al. *HVAC air filter testing – the need of a field test method* (2001)

30 efter. (Detta är inte redovisat i diagrammet eftersom det skulle bli så svårt att avläsa de övriga värdena då figuren skulle bli för "utzoomad".)



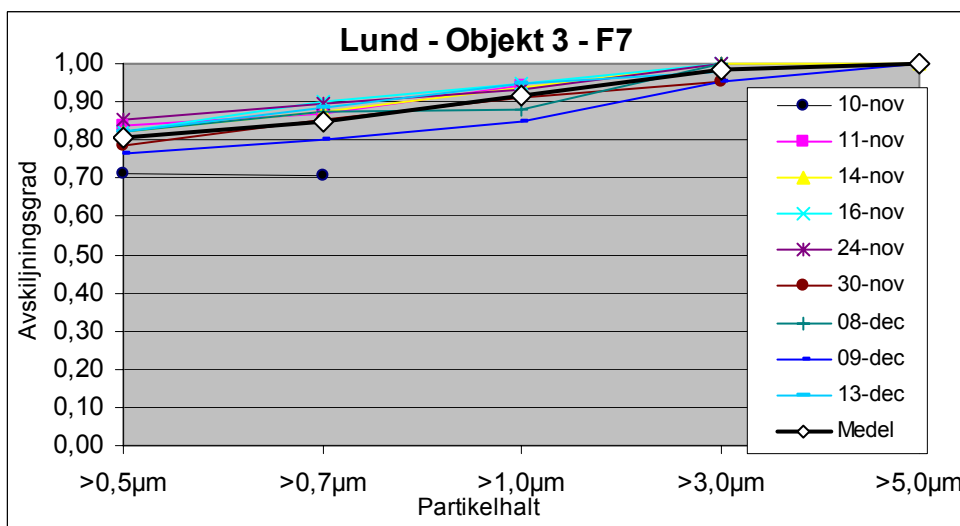
**Figur 8.1 Partikelavskiljningsgrad för objekt 1, i Trelleborg**

Objekt 2, i Lund, hade filterklass F5 och mätningarna pågick under ca en månads tid. I figur 8.2 visade resultaten bl.a. att den första mätningen var den som hade näst bäst avskiljningsgrad. Det andra mättillfället, den 29 november, hade höga föroreningshalter, >100 000 partiklar >0,5 µm. Mätningarna fick därför utföras med hjälp av tidtagarur och sen räknades den motsvarande partikelhalten, för samma tidslängd som övriga, fram med extrapolation. Detta ledde till ganska osäkra resultat. Det näst sista mättillfället visade den sämsta avskiljningsgraden och den bästa avskiljningsgraden var vid det sista mättillfället. Det var ganska stora variationer på avskiljningsgraden för de olika mättillfällena, men detta var inte beroende av tiden.



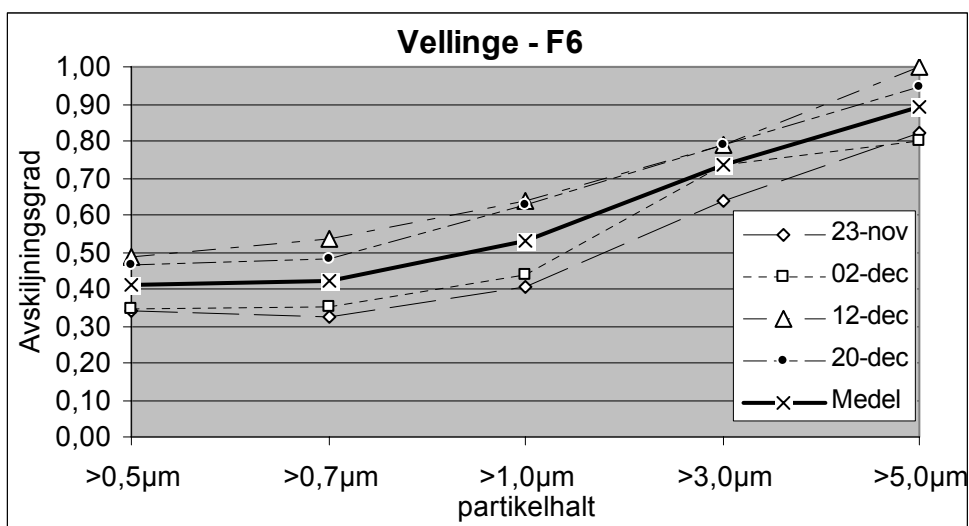
**Figur 8.2** Partikelavskiljningsgrad för objekt 2, i Lund

Objekt 3 i Lund hade filterklass F7 och mätningarna pågick under ca en månads tid. Detta objekt var mest lättillgängligt och därför utfördes fler mätningar där än vid de andra objekten. Avskiljningsgraden för partiklar >0,5 µm låg mellan 71 – 85 % och medel låg på 80 %. Eftersom det var ett F7-filter hade det hög avskiljningsgrad, även för de små partiklarna. I figur 8.3 visas partikelavskiljningsgraden för objekt 3 och det är svårt att avgöra om någon förändring skedde. Kanske skedde det lite förbättring.



**Figur 8.3** Partikelavskiljningsgrad för objekt 3, i Lund

Objekt 4, i Vellinge, hade filterklass F6 och mätningarna pågick under knappt en månads tid. I figur 8.4 visas hur avskiljningsgraden var vid de olika mättillfällena och resultaten visade att den ökade med tiden.



Figur 8.4 Partikelavskiljningsgrad för objekt 4, i Vellinge

### 8.2.2 Analys

Samtliga objekt hade variation i avskiljningsgraden på 2 – 10 % vid de olika mätstillfällena. Variationerna för de olika mätstillfällena kan ha legat inom osäkerheten av mätmetoden, så att dra några tydliga slutsatser var svårt. Objekt 4 som utsattes för låg föroreningshalt visade en ganska tydlig förbättring av avskiljningsgraden med tiden. Att avskiljningsgraden skulle öka med hela 10 %-enheter säger tyvärr nog mer om osäkerheten med mätmetoden än hur bra filterna är.

Gustavsson redovisar en studie med ett F7 glasfilter och ett F8 syntetiskt filterfilter, som utsattes för luft i landsbygden. För filtret gjort av syntetiskt material minskade avskiljningsgraden med tiden (från 80 till 20 %). Filtret gjort av glas hade någorlunda konstant avskiljningsgrad. Gustavsson berättar att förloppet hade gått snabbare om filterna varit utsatta för luft från stadsmiljö<sup>84</sup>. (Om detta bara refererar till förloppen för syntetfiltret vet jag inte, men antar det.) I samma artikel men en annan studie, redovisas effekten som dieslavgaser hade på F7 glasfilter och syntetfilter. Enligt Gustavsson var avskiljningsgraden för glasfilterna konstant, men enligt figurerna tycker jag att avskiljningsgraden minskar något ju mer dieselpartiklar filtret utsätts för. (Allting är ju relativt för om glasfiltret jämförs med syntetiskt filter, tycks avskiljningsgraden för glas vara konstant, medan avskiljningsgraden minskar drastiskt för syntetiskt filter.) För partiklarna med storlek 0,5 µm gick avskiljningsgraden från 82 till 79 %, det är inte mycket men noterbart. Filterna som var med i denna rapportens studie var samtliga gjorda av glas. Både objekt 2, i Trelleborg, och objekt 3 i Lund hade F7 glasfilter. I Trelleborg hade filtret suttit i under kortare tid och var utsatt för mycket högre föroreningshalt. Detta objekt visade också sämre avskiljningsgrad, vilket skulle kunna bero på skillnaden i tiden eller föroreningshalten. Det fanns däremot inga samband med sämre avskiljningsgrad, när

<sup>84</sup> Gustavsson, Jan, *Air filters for ventilating systems – Laboratory and in situ testing* (1999)

föroreningshalten var extremt hög hos de objekt, som tidvis var utsatta för extremt höga föroreningshalter. Alltså hög föroreningshalt verkade inte ge momentant sämre avskiljningsgrad.

Junges fördelning säger att ju mindre partiklarna är, desto fler finns det av dem och så var det tydligt vid mätningarna<sup>85</sup>. Tidigare studie har visat att osäkerheten för mätningar av stora partiklar (3,0-5,0 µm), är stor<sup>86</sup>. Så var det förmodligen också i denna studie. Partiklar >3,0 µm var det få av och ännu färre av >5,0 µm. Mätresultaten blir missvisande om man räknar på procent eftersom ena gången kan mätningarna innan filtret visa t.ex. 2 partiklar och efter filterna 0 stycken och andra gången kan mätningarna innan filtret visa 1 stycken partikel och efteråt också där visa 1 stycken. Då går partikelavskiljningsgraden från 100 % till 0 %. Vid ett tillfälle på det mest förorenade objektet var halten av 5,0 µm-partiklar 21 före filtret och 30 efter (- 42 % avskiljningsgrad). Detta är ett typiskt exempel på hur missvisande mätningar på större partiklar kan vara. På de andra objekten brukade mätning av utomhusluften visa mellan 0 - 10 stycken. för partiklar >5,0 µm. Osäkerheten för partiklar > 5,0 µm var stor med mätmetoden som användes.

### 8.3 Relativa fuktighetens påverkan på avskiljningsgraden

I en intervju med en filtertillverkare berättade denne om studier, som visade att partikelavskiljningen skulle bli bättre vid höga RF. Möritz visade i sina studier att avskiljningsgraden för mikroorganismer minskade vid höga RF<sup>87</sup>. Båda dessa påståenden skulle kunna stämma. Den totala avskiljningsgraden skulle kunna öka med ökat RF och avskiljningen av mikroorganismer skulle samtidigt kunna minska. I denna studie så mättes aldrig avskiljningsgrad för olika organismer utan bara den totala avskiljningsgraden. Gustavsson anser att mätmetoder bör utvecklas så att man även mäter typ, storlek m.m<sup>88</sup>. Det är viktigt att veta hur mycket som avskiljs, men ännu viktigare är det, att de partiklar som är mest hälsoskadliga avskiljs. Med dagens mätmetoder, och den som används i denna studie, framgår det inte hur mycket av de mest skadliga partiklarna som avskiljs, vilket är en brist.

#### 8.3.1 Resultat

I tabell 8.8 redovisas olika partikelavskiljningsgrader för 0,5 och 0,7 µm vid olika tillfällen med respektive temperatur och RF. Det hela är lite lättare att överskåda i figur 8.5 fast där redovisas inte temperaturen. Alla RF, som är uppmätta är ganska höga och det är fel att kalla något RF i denna studie för lågt. Det fanns dock variationer från ca 70 – 90 %, som kan jämföras med avskiljningsgrad. De övriga objekten är redovisade i bilaga 2, eftersom de visar ungefär samma resultat som objekt 3. Objekt 3 har fler mättillfällen och är därför mer illustrativt.

---

<sup>85</sup> Gustavsson, Jan, *Varme- og klimateknik Grundbog 2. Udgave (1997) Kapitel 10 Filtertechnik*

<sup>86</sup> Ginestet, Alain et.al. *HVAC air filter testing – the need of a field test method (2001)*

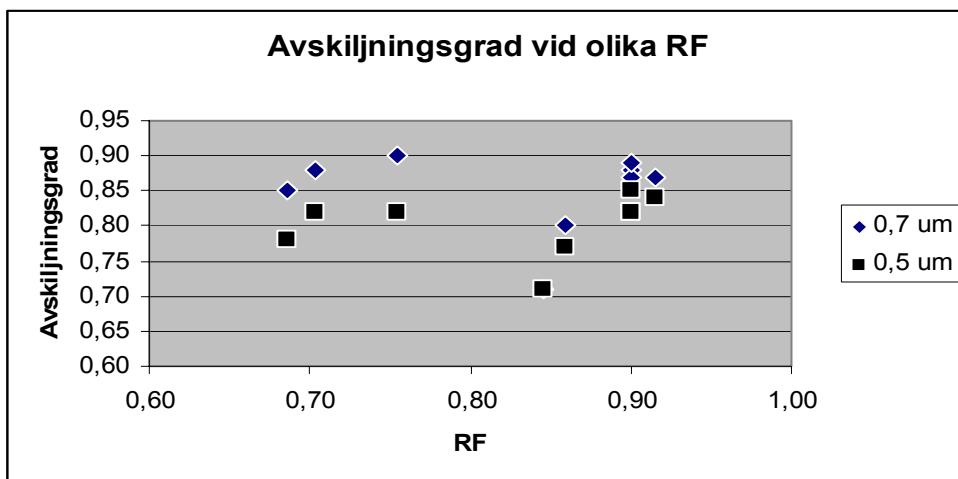
<sup>87</sup> Möritz, Martin et al. *Capability of air filters to retain airborne bacteria and molds in HVAC systems (2001)*

<sup>88</sup> Gustavsson, Jan, *Air filters for ventilating systems – Laboratory and in situ testing (1999)*

Vid fyra av mätillfällena var RF 90 % och då var avskiljningsgraden ganska hög för både 0,5  $\mu\text{m}$  och 0,7  $\mu\text{m}$ . Den högsta avskiljningsgraden för 0,5  $\mu\text{m}$  (85 %) var just vid 90 % RF. Den högsta avskiljningsgraden för 0,7  $\mu\text{m}$  (90 %) var för vid ett ganska låg RF på 75 % (klassas bara som lågt RF för denna mätperioden.). Den 14/11 var 70 % RF och då var avskiljningsgraden 82 respektive 88% vilket är ganska högt det med. När RF var 86 %, vilket är högt, gavs det näst lägsta värdet, 77 respektive 80%

**Tabell 8-8 Partikelavskiljningen för 0,5 och 0,7  $\mu\text{m}$  vid olika RF i Lund objekt, 3**

Datum	Tid	0,5 $\mu\text{m}$	0,7 $\mu\text{m}$	Temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )	RF (%)
Tors 10/11	9.30-9.50	0,71	0,71	8,6	85
Fre 11/11	15.20-15.45	0,84	0,87	10,1	91
Mån 14/11	14.30-14.45	0,82	0,88	9,5	70
Ons 16/11	14.35-14.50	0,82	0,90	2,5	75
Tors 24/11	14.45-15.05	0,85	0,89	4,5	90
Ons 30/11	15.40-16.00	0,78	0,85	2,7	69
Tors 8/12	9.00-9.20	0,82	0,87	3,0	90
Fre 9/12	8.15-9.15	0,77	0,80	-2,0	86
Tis 13/12	10.20-11.00	0,82	0,88	4,0	90



**Figur 8.5 Avskiljningsgrad vid olika RF för objekt 3 i Lund**

### 8.3.2 Analys

Det var inga tendenser, som visade att avskiljningsgraden skulle öka eller minska med ökat RF. Alla mätvärden av RF, var relativt höga men inom det intervall som var uppmätt var det inga variationer av avskiljningsgraden med variation av RF. Jag vet inte vilka intervall som studierna, som tillverkaren jag pratade med, refererade till. De kan ha varit mellan t.ex. 40-90 % RF och att det var skillnad i avskiljningsgrad när större område användes. Mätresultaten tyder på att när RF är > 70 % så är inte avskiljningsgraden beroende av variation av RF.



## 8.4 Fördelning av RF i höjled hos filter

I objekt 3 sattes tre loggrar in i filterbanken för att se om det var någon skillnad mellan de olika placeringarna.

### 8.4.1 Resultat

Loggrarna testades först i samma miljö för att kontrollera att de fungerade rätt och visade samma värde. Det visade sig att de inte visade helt samma värde. Loggern #3, som skulle sitta nederst i det över filtret, visade samma temperatur som logger #5, som skulle sitta i mitten- till överdelen av den nedre filtret, men RF var mellan 3,5-3,7 % -enheter högre hos #3. (Logger #5 och #6 visade nästan samma värden, temperaturskillnaden kunde slå på 0,07 som mest.) I och med skillnaden fick detta tas med i jämförelserna av loggrarnas värden, som de gav när de satt i filterna.

*Figur 8.6 Loggrarnas position i filtret*

	3	
	5	
	6	

Loggrarna som satt i det nedre filtret (se figur 8.6), d.v.s. logger #5 och #6 visade nästan samma RF-värde. När de skiljde sig åt handlade det som så lite som 0,4 %. Logger #3 som satt nere i det övre filtret visade värden som var ca 2%-enheter högre än de andra. En mycket grov omräkning, p.g.a. skillnaden mellan loggrarna, gör att RF var ca 1 -1,5 % -enheter lägre i det övre filtret än det nedre.

### 8.4.2 Analys

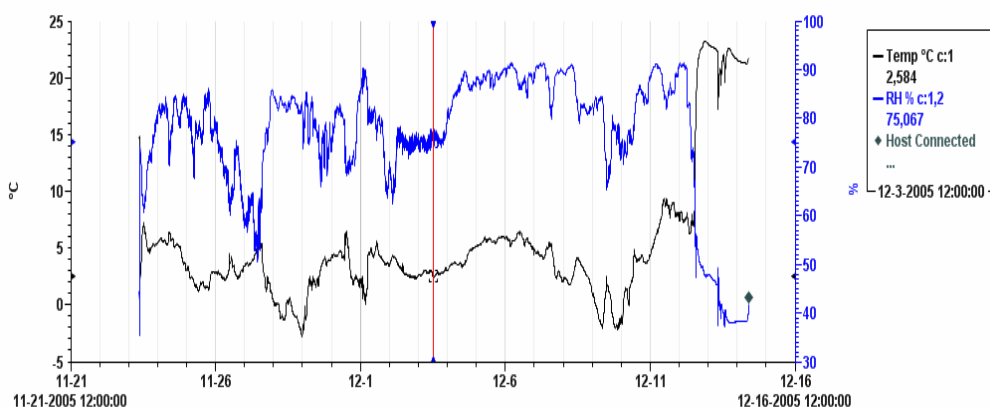
Den RF skiljde sig inte så mycket i de olika delarna i filtrets öppning. Det var något torrare i det översta filtret. Fukt rinner neråt så detta resultat var precis som väntat. Eftersom det inte var någon större skillnad, så spelar det inte så stor roll var loggern sätts i filtret vid mätningar av RF och temperatur. De kan sättas både i nedre och övre delen utan att några grova mätfel fås. Observera att mätningen bara kontrollerade skillnaden främst. Det skulle kunna vara skillnader i djupet på filter. När jag kände på filterna under mätperioden så kändes de fuktigare längst ut än vad de gjorde längre in. Att sätta en logger längst ut inuti filtret var dock omöjligt p.g.a. påsfilters konstruktion.

## 8.5 Fuktbelastning

Filter utsätts för fukt i olika mängd under olika delar av året. På vintrarna kan luften ofta kännas torr och det är för att vatteninnehållet är lågt. När temperaturen är låg blir RF mycket hög, trots det låga vatteninnehållet. För att kontrollera hur mycket fukt och framför allt hur högt RF var i filterna sattes loggrar i objekten och var kvar där under hela mätperioden.

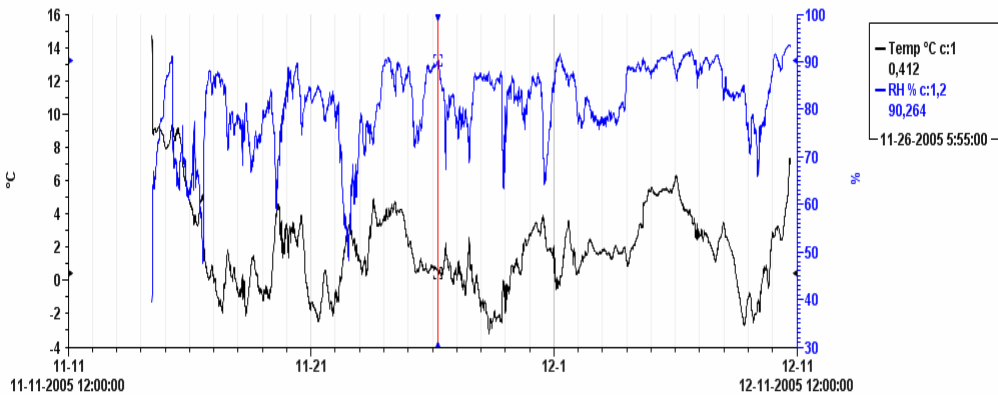
Ytterligare ett sätt användes för att kontrollera fukthalten i filterna. När provet av filtermaterialet togs lades bitarna direkt ner i en tätslutande glasburk. När proverna kom in till laboratoriet mättes RF för respektive bit. Detta ger ett momentanvärde för hur fuktigt filtret var vid provtagningstillfället. Samtliga resultat kan ses i bilaga 1.

### 8.5.1 Resultat



**Figur 8.7** Temperatur och RF i Trelleborg

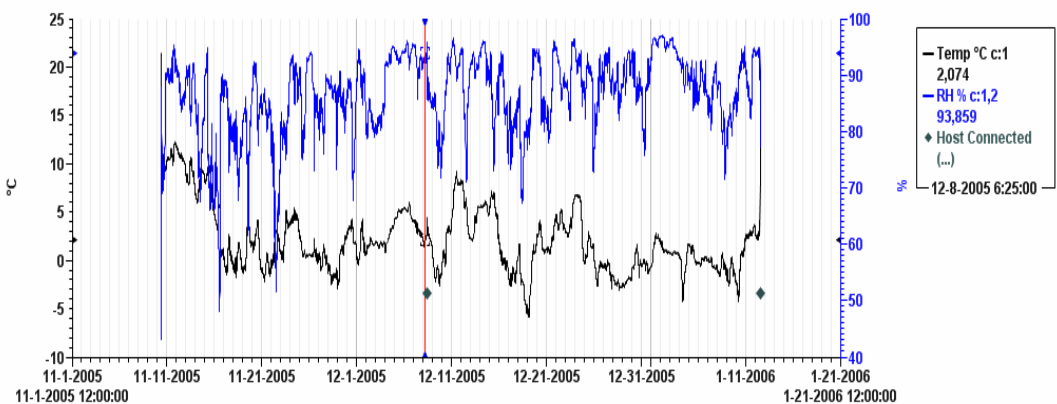
I figur 8.7 visas data över temperaturen och RF i Trelleborg. Den övre kurvan visar RF och den nedre temperaturen. Mätperioden var mellan den 23 november och den 9 december. RF pendlade en hel del och låg mellan 52 – 92 %, med ett medelvärde på ca 80 %. Temperaturen från loggern gav värde på:  $T_{\min}$ :  $-2,9^{\circ}\text{C}$  och  $T_{\max}$ :  $7,2^{\circ}\text{C}$ . SMHI som ger mer grova temperaturer för Skåne gav:  $T_{\min}$ :  $-4^{\circ}\text{C}$  och  $T_{\max}$ :  $5^{\circ}\text{C}$ . När det t.ex. var  $-4^{\circ}\text{C}$  enligt SMHI så visade loggern  $-2,9^{\circ}\text{C}$ .



**Figur 8.8 Temperatur och RF i objekt 2 i Lund**

I figur 8.8 visas temperatur (nedre kurva) och RF (övre kurva) hos filter i objekt 2 i Lund. Mätperioden var mellan den 14 november till den 9 december. Även detta objekt pendlade mycket och RF låg mellan 48 och 92 % med ett medelvärde på ca 80%. Temperaturerna från loggern gav värde på:  $T_{\min}$ :  $-3,2^{\circ}\text{C}$  och  $-2,3^{\circ}\text{C}$  och  $T_{\max}$ :  $9,6^{\circ}\text{C}$ . Temperaturer från SMHI som mer är grova för Skåne gav:  $T_{\min}$ :  $-3^{\circ}\text{C}$  och  $-7^{\circ}\text{C}$  och  $T_{\max}$ :  $9^{\circ}\text{C}$ . Loggerns värden är mer pålitliga än de från SMHI, eftersom de sitter i objektet och SMHI ger samma temperatur för flera städer i Skåne. De skiljer sig ändå inte så mycket. Det var vid två olika tillfällen loggern visade olika och de som hör ihop är markerade med \* respektive \*\*.

Provtagningsanalys av RF för provbiten visade på 64 % RF vid  $22,1^{\circ}\text{C}$ . (Se bilaga 1) Omräknat till temperaturen som rådde i filtret ger detta  $> 100\%$  RF. Redan vid  $5^{\circ}\text{C}$ , vilket är en överdrivet hög medeltemperatur för objektet, så skulle filtermaterialet ha  $>100\%$  RF och därför varit fuktmättat. För logger var medelvärdet av RF tre dagar tillbaka var ca 83 % och medeltemperaturen var knappt nollgradig.

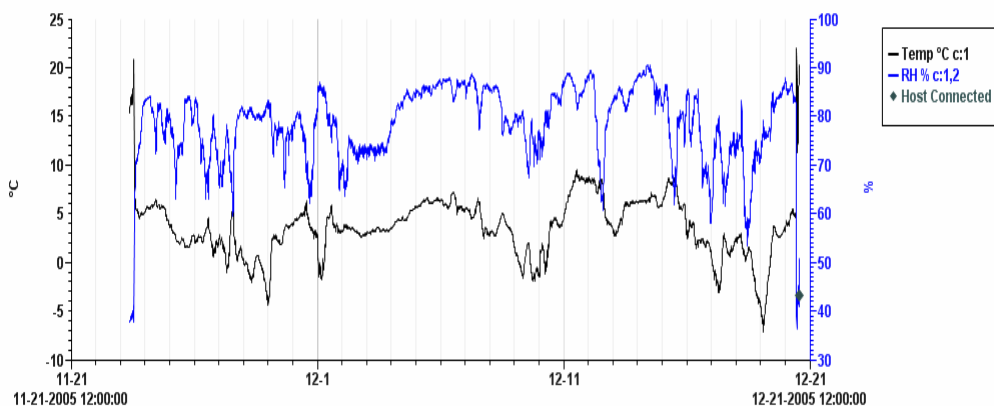


**Figur 8.9 Temperatur och RF i objekt 3 i Lund**

Objekt 3 i Lund var det objekt som hade i loggern längst, från den 9 november 2005 till den 12 januari 2006. Det var för att kunna studera ett objekt under längre tid och

se om temperaturen och RF förändrades på något speciellt sätt jämfört med de andra objekten. Det var också detta objekt som hade tre loggrar på olika delar av filterbanken i sig, vilket gjorde det intressantare att studera. Objektet hade labyrintgaller för att fånga upp en del fukt så att vatten inte kan komma in i ventilationssystemet så lätt. RF pendlade mellan 48 och 97 % med ett medel på ca 83%, vilket redovisas i figur 8.9. Temperaturen pendlade mellan  $-5,4$  och  $12,3^{\circ}\text{C}$ . Temperaturer från SMHI gav:  $T_{\min}$ :  $-7^{\circ}\text{C}$  och  $T_{\max}$ :  $11^{\circ}\text{C}$  När det t.ex. var  $-7^{\circ}\text{C}$  enligt SMHI så visade loggern  $-2,9^{\circ}\text{C}$ , när det var  $-4^{\circ}\text{C}$  så visade loggen  $-1^{\circ}\text{C}$ .

Provtagningsanalys av RF för provbiten visade på 54,5 % RF vid  $22,1^{\circ}\text{C}$ . (Se bilaga 1) Även detta objekt hade  $>100\%$  RF med de temperaturer som rådde i filtret och därför varit fuktmättat. För loggern var medelvärdet av RF tre dagar tillbaka var ca 85 %. Medeltemperaturen var ca  $-0,5^{\circ}\text{C}$ .



**Figur 8.10 Temperatur och RF i objekt 4 i Vellinge**

I figur 8.10 visas RF och temperatur för objekt 4, i Vellinge. Mätperioden var mellan den 23 november och den 20 december. RF pendlade mellan 54 och 90 %, med ett medel på ca 80 %. Temperaturen pendlade mellan  $-7$  och  $+9,5^{\circ}\text{C}$ . Temperaturerna från loggern gav värde på:  $T_{\min}$ :  $-7^{\circ}\text{C}$  och  $T_{\max}$ :  $9,5^{\circ}\text{C}$ . Temperaturer från SMHI gav:  $T_{\min}$ :  $-4^{\circ}\text{C}$  och  $T_{\max}$ :  $10^{\circ}\text{C}$ . Då SMHI visade  $-4^{\circ}\text{C}$  visade också loggern  $-4^{\circ}\text{C}$ . Trots att det var en lång sträcka som luften transporterades ( $> 15$  m) värmdes den inte upp någon nämnvärt.

Provtagningsanalys av RF för provbiten visade på 56,8 % RF vid  $22,1^{\circ}\text{C}$ . Detta ger  $> 100$  % RF för temperaturerna som rådde i filtret. För loggern medelvärdet av RF tre dagar tillbaka var ca 80 %. Medeltemperaturen var ca  $+3^{\circ}\text{C}$

Objekt 2 och 3 låg nära varandra på ca 600 m avstånd. Utomhustemperaturen och RF borde vara samma för objekten. I objekt 3 togs uteluften in genom labyrintgaller och i objekt 2 togs luften in genom vanliga horisontella galler.

**Tabell 8-6 Jämförelse av objekt 2 och 3:s RF och temp**

Datum	Temp. (°C) Objekt 2	RF (%) Objekt 2	Temp.(°C) Objekt 3	RF (%) Objekt 3
16 nov 00.00	4,8	63,1	4,9	67,2
22 nov 12.00	2,6	54,2	2,9	53,2
29 nov 13.40	0,5	83,1	-2,2	86,2
30 nov 15.00	3,0	87,0	3,1	68,9
5 dec 12.00	5,5	90,7	5,2	93,1
9 dec 6.00	- 2,1	74,8	- 1,4	84,4

I tabell 8.6 redovisas några av värdena från loggern. Resultaten visar inga tendenser att det ena objektet skulle ha lägre RF än det andra.

### 8.5.2 Analys

Loggrarna satt i de olika objekten under den tid mätperioden varade. De sattes därför inte i under exakt samma period (då mätningarna inte utfördes exakt samtidigt) och har därför fått lite olika värde på RF. T.ex. objekt 3 i Lund hade i loggrarna under två månader och den fuktigaste tiden var runt nyår. Vid denna tid hade inga av de andra objekten kvar någon logger i sig. Medelvärdet för samma mätperiod redovisas i tabell 8-7.

Jämförelsen av objekt 2 och 3 som låg nära varandra visade inga tendenser att det ena objektet skulle ha lägre RF än det andra. Labyrintgaller är till för att avleda fukt och objekt 3 hade aldrig några vattenpölar eller dylikt. Labyrintgaller verkade dock inte påverka RF på något sätt eftersom RF för båda objekten skiftade en del. Efter intagsgallret var inte objekten utformade likadant. Utformningen, som t.ex. avståndet mellan intagsgallret och filterna är en faktor som möjligen påverkar temperaturen och RF. Att RF den 30 november nästan skiljde på 20 % -enheter visar att det är flera faktorer som kan påverka fuktigheten i luften.

Under fuktkapitlet 3.3.2 berättas om vad som kan hända med filter som utsätts för höga fuktigheter. När filter utsätts för hög RF (>80 %) och låga temperaturer (<12°C) under en längre period (>tre dagar i rad) så minskar partikelavskiljningsgraden för mikroorganismer. Detta resulterade i att filterna släppte igenom mycket bakterier och halterna var ibland t.o.m. högre efter filtrationen än före, vilket tydde på tillväxt i de fuktiga filterna.<sup>89</sup> För att undvika tillväxt bör RF aldrig överstiga 90 % i någon del av filtret. Kemp et al utförde även de en studie på filter som exponerades för utomhusluft under ett år. Ingen tillväxt hittades i filterna efter ett år, men efter att ha höjt RF till 90% (artificiellt) uppträdde tillväxt inom en månad.<sup>90</sup> Samtliga mätobjekt i denna

<sup>89</sup> Möritz, M et al. *Capability of air filters to retain airborne bacteria and molds in HVAC systems* (2001)

<sup>90</sup> Johansson, Johan et al. *Ger smutsiga luftfilter försämrad tilluft?* (1998)

rapport översteg både  $> 80\%$  RF i mer än tre dagar och  $> 90\%$  RF, vid flera tillfällen. Från laboratorieanalysen av RF hos provbitarna visade samtliga  $> 100\%$  RF och var alltså mättade. Enligt ovanstående undersökningar så borde avskiljningsgraden av mikroorganismer minskat en del och tillväxt borde hittas i filterna.

## 8.6 Tillväxt i filterna

Tillväxt i filter är något som bör undvikas, men som tyvärr ofta sker. Enligt resultaten och analysen i kapitlet ovan borde tillväxt hittas i samtliga objekt, som var med i studien eftersom alla ”uppfyllde” kriterierna, för att tillväxt ska kunna ske. De flesta mikroorganismer vill förutom hög RF även ha höga temperaturer på ca  $20^{\circ}\text{C}$  för att växa. Det finns dock en del mikroorganismer som kan växa trots låg temperatur. T.ex. kan *Cladosporium* sp. växa ända ner till  $0^{\circ}\text{C}$ , men enligt en studie<sup>91</sup> har stora variationer av temperaturen, en ”dämpande effekt av tillväxten”. Temperaturen var som medelvärde ca  $2^{\circ}\text{C}$ , men variationerna var någorlunda stora och, så tillväxt enligt ovan nämnda studie borde inte ske i de undersökta filterna.

Prover togs i änden av den nedre delen av filtret, se figur 8.10. De var ca 5-10 cm på höjd och bredd.



**Figur 8.11** Provbit är taget från filtret



**Figur 8.12** Ojämn avskiljningsgrad hos filter

Den valda biten för provtagning är hos många filter den mest förorenade delen av filtret. Det beror lite på hur de är uppbyggda och om det är jämn avskiljning över hela filterytan. Filtret där provet är taget har en jämn avskiljning vilket kan ses i figur 8.10. Exempel på ojämn avskiljning visas i figur 8.11. Från ca 1 dm in på filtret i överkant var det nästan helt rent. Den rena delen har nästan en skarp diagonal linje vilket kan bero på t.ex. att filterna skulle kunna hänga ner lite i anläggningen eller hur de är konstruerade.

<sup>91</sup> SP Tang et al. (1996) s. 10 i *SP-rapport av Johansson, Johan et al. (1998)*

### 8.6.1 Resultat

Analysen av provet utfördes på ett byggnadshygieniskt laboratorium och hela dokumentet finns som bilaga 1. På detta laboratorium analyserades och identifierades svamp- och övriga partiklar i filtermaterialet, även fuktigheten bestämdes. Mögelsvampförekomsten medelst mikroskopi för att bestämma påväxt i filtret samt medelst odling på fast näringssubstrat för att bestämma levande antalet.

I objekt 1, i Trelleborg, togs aldrig några prover (förklaring se kap 5.3.1).

I objekt 2, i Lund, togs prov den 29 november 2005 och då var filtret sju månader gammalt. Av 1 cm<sup>2</sup> filteryta vägde provet 0,0348 g, varav 35,6 % var damm och det var illaluktande. Mikroskoperingen visade riklig påväxt. Dammkaraktiseringen av proverna visade mineraliska partiklar, kol- och förbränningsprodukter, sporer, hyfer och med inslag av insektsdelar, pollen och växtdelar. Odlingen visade på 19,4 miljoner Cfu/g damm av typ *Cladosporium* sp. och med inslag av *Penicillium* sp. och *Verticillium* sp.

I det andra objektet i Lund, objekt 3 togs prov den 30 november och då var filtret fyra månader gammalt. Av 1 cm<sup>2</sup> filteryta vägde provet 0,0233 g, varav 7,8 % var damm och det var illaluktande. Mikroskoperingen visade riklig påväxt. Dammkaraktiseringen av proverna visade mineraliska partiklar, kol- och förbränningsprodukter, sporer, hyfer, pollen med inslag av insektsdelar och växtdelar. Odlingen visade på 4,9 miljoner Cfu/g damm av typ *Cladosporium* sp. och med inslag av *Aspergillus* sp.

Det tredje objektet som prov togs på var objekt 4 i Vellinge och det togs den 12 december och då var filtret drygt fem månader gammalt. Av 1 cm<sup>2</sup> filteryta vägde provet 0,0615 g, varav 43,1 % var damm och det var illaluktande med mycket insektsdelar. Mikroskoperingen visade riklig påväxt. Dammkaraktiseringen av proverna visade mineraliska partiklar, kol- och förbränningsprodukter, insektsdelar med inslag av sporer, hyfer, pollen och växtdelar. Odlingen visade på 6,8 miljoner Cfu/g damm av typ *Cladosporium* sp. och med inslag av *Penicillium* sp.

### 8.6.2 Analys

Riktvärden baserade på värden angivna i SBI-rapport 208 för svamp- och bakterieförekomst i tilluftsfilter, från uteluftsventilerade anläggning.<sup>92</sup>

- Svamp: 500 Cfu/g damm (med återluftsföring 3 500 Cfu/g)
- Bakterier: 2 000 Cfu/g damm (med återluftsföring 7 000 Cfu/g damm)

I samtliga objekten var Cfu/g, damm -halten flera tiopotenser högre, de låg runt 10 miljoner Cfu/g damm av främst *Cladosporium* sp. Från studier som nämnts tidigare av Möritz och Kemp angående bl.a. RF så förväntades tillväxt i filterna. Att tillväxten skulle vara så stor var dock oväntat.

Del av analys från bilaga 1:

---

<sup>92</sup> Nyman, Eva, Bilaga 1

”Riktvärdet för svampförekomst i filter överskrider markant.

Mycket riklig och viabel mögelsvampförekomst föreligger i samtliga filterprover indikerande hög fuktbelastning av filtermaterialet. Fuktbelastningen har troligen varit av sådan omfattning och kontinuitet att mögelsvamp har etablerat sig och tillväxt i filtret vilket också kunnat verifieras vid den mikroskopiska analysen av filtermaterialet.

Den rikliga svamppåväxten i filtret kan ge upphov till luktolägenhet och hälsobesvär om föroreningarna från tillväxten (partikulära och gasformiga) kan spridas till inneluften. Hälsoriskerna är störst för personer med allergi eller annan överkänslighet.”

Det syns tydligt vilket objekt som använts längst, på halterna av mikroorganismer. Även om prover inte togs i Trelleborg, kan slutsatser dras att även i detta objekt borde tillväxt ha skett. Trelleborg hade enligt dessa slutsatser haft mindre tillväxt än de andra objekten, eftersom det satt i kortast tid, men p.g.a. att även detta objekt utsattes för höga RF borde tillväxt ha skett.

Då det växte i filterna skulle det vara intressant att undersöka hur mycket som inte filtreras bort utan kommer med tilluften in i byggnaden. Storleken för några av de mikroorganismerna som fanns i filterna. (Det finns olika sorter inom de olika grupperna och de har olika storlek, men det är mer för att få en uppfattning om storlek.)

- Cladosporium: 3-11 µm
- Penicillium: 2,5 -3 µm
- Aspergillus: 1,5 -5 µm

Finfilter har hög avskiljningsgrad för partiklar av dessa storlekar. I en japansk studie (se kapitel 3.3.3) var avskiljningsgraden för bakterier och svampsporer lika bra som för partiklar (*suspended particles*). Cladosporium är en vanlig svamp i utomhusluften och förväntas finnas i filter, då de ska avskilja så stora partiklar bra. Om filterna bara samlar upp Cladosporium, borde inte så höga halter finnas i filterna.

Alla svampar har möjlighet att växa igenom filter. Om svamparna växer igenom filterna kan de följa med tilluften in i byggnaden. En annan och kanske större risk för spridning till tilluften är när partiklarna vistas i det uppfuktade filtret. Uppfuktning av filtret gynnar biologisk nedbrytning (kompostering) av allt samlat material i filtret, inkl svampsporer och pollen partiklar. Kompostering av organiskt material ger upphov till en mängd mindre partiklar, vilka kan spridas med tilluften. Även om ett pollenkorn är stort finns det ”minipollenkorn” i det stora kornet som kan spridas vidare när det stora kornet brutits ner.<sup>93</sup>

De flesta mikroorganismer vill förutom högt RF, även ha en hög temperatur. I kap. 3.3.3 står det att tillväxten för *Aspergillus fum.* och *Penicillium sp* vid låg temperatur (4°C) är sparsam, även om den RF är hög (92 -96 %)<sup>94</sup>. Det förklarar varför halterna av dessa var låga. Enligt tidigare undersökningar borde inte Cladosporium ha växt så mycket i filterna, eftersom det var variationer i temperaturen och den var låg (se kap 3.3.3). Enligt resultaten i denna undersökning verkar denna mögelsvamp inte ha några större problem att växa vid de variationer som fanns för de

---

<sup>93</sup> Nyman, Eva, Tekomo intervju (2006-02-07)

<sup>94</sup> Pasanene et al. (1991), s. 10 i *SP-rapport av Johansson, Johan et al. (1998)*



låga temperaturen. Att Cladosporium kan växa ner till 0°C förklarar de höga halterna av just denna sort.

## **8.7 Total avskiljningsgrad och jämförelse med normer**

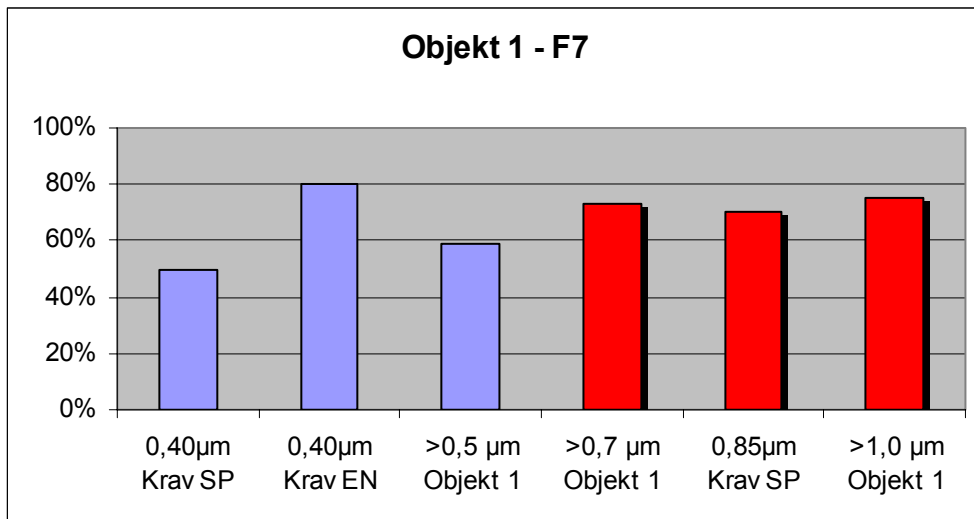
Avskiljningsgraden kan påverkas av alla faktorerna i ovanstående kapitel. I detta kapitel görs en sammanfattning av ovanstående faktorerers påverkan, d.v.s. en total jämförelse av avskiljningsgraden. Avskiljningsgraden jämförs med normer och med varandra.

Objekten hade filter av olika klasser. För att visa medelavskiljningsgraden för alla tillfällena, för vart och ett av filterna, som är med i studien, och jämföra detta med normer som finns, kommer fyra figurer att redovisas. I kapitel 5 beskrivs olika organisationer, som gör normer för mätmetoder av filter. Normerna består av olika tester som har olika krav på filterna. SP-metod 1937 gör långtidstester på filter där de utsätts för utomhusluft i 6 månader. EN 779 och Eurovent har samma krav för de olika filterklasserna, men i figurerna kallas de båda för ”Krav EN”.(I detta stycke kommer EN 779 också att innefatta Eurovent.) För att testa små partiklar används storleken 0,4 µm för samtliga normer, som tas upp i rapporten. SP-metod 1937 redovisar även minimikrav för storleken 0,85 µm. Mätinstrumentet som användes i denna studie hade inte någon av de partikelstorlekarna som alternativ. Den minsta storleken som mättes var 0,5 µm. Det är inte så stor skillnad på 0,4 och 0,5 µm men avskiljningsgraden är generellt bättre ju större fraktionerna är. Vidare mättes partiklar >0,7 och >1,0 µm och de två kommer att redovisas. Partikelstorleken 0,85 µm, som SP-metod 1937 redovisar, kommer att betraktas som något slags mellanläge. Avskiljningsgraden för >0,7 µm är bättre än vad avskiljningsgraden hade varit för endast 0,7 µm. Kanske är den så bra som förväntas av endast 0,85 µm?

### **8.7.1 Resultat**

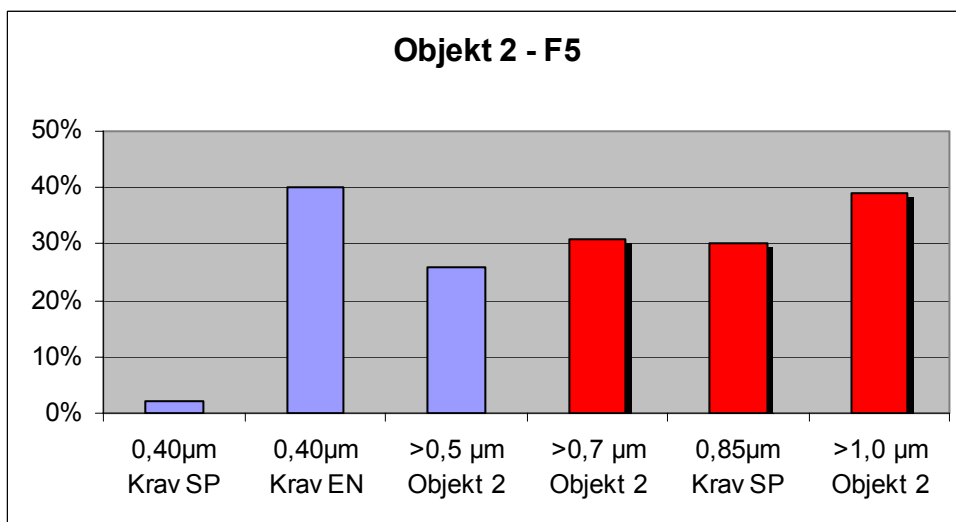
Vid jämförelse av kraven och storlekarna kommer storleksskillnaden att vägas in. De används mest för att ungefärligt kontrollera hur väl filterna håller måtten. De mindre fraktionerna som ska jämföras är de ljusare stolparna utan skuggor och de större fraktionerna som ska jämföras är de mörka stolparna med skuggor.

Figur 8.13 visar att objekt 1, som har F7-filter, klarar kraven som SP-metod har, men inte kraven från EN 779. För de större fraktionerna klarar filtret SP:s krav, men med föga marginal.



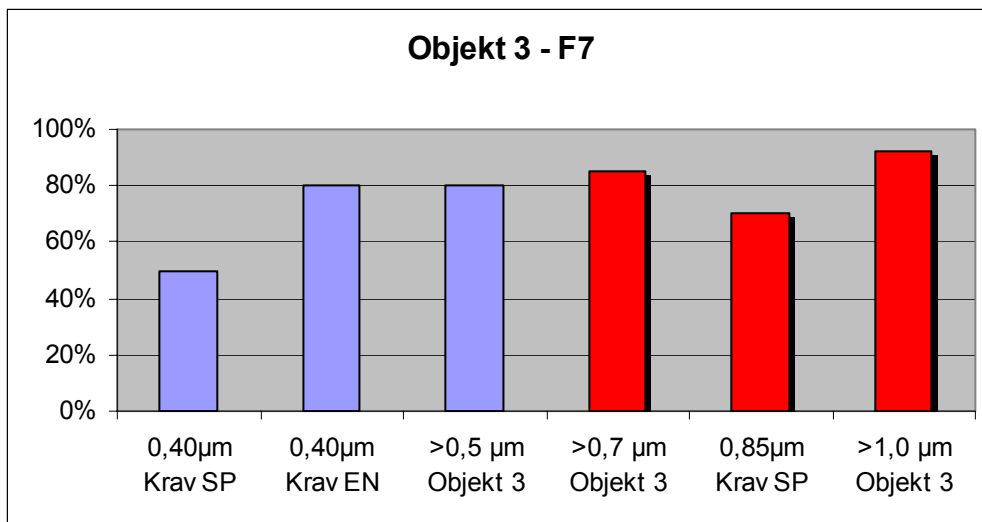
Figur 8.13 Jämförelse mellan norm och uppmätt avskiljningsgrad för objekt 1

Även objekt 2 klarade kraven från SP men inte kraven från EN 779, vilket redovisas i figur 8.14. (Det bör noteras att det skiljer nästan 40 % -enheter mellan kraven från normerna.) Kraven för de lite större fraktionerna klaras också men knappt.



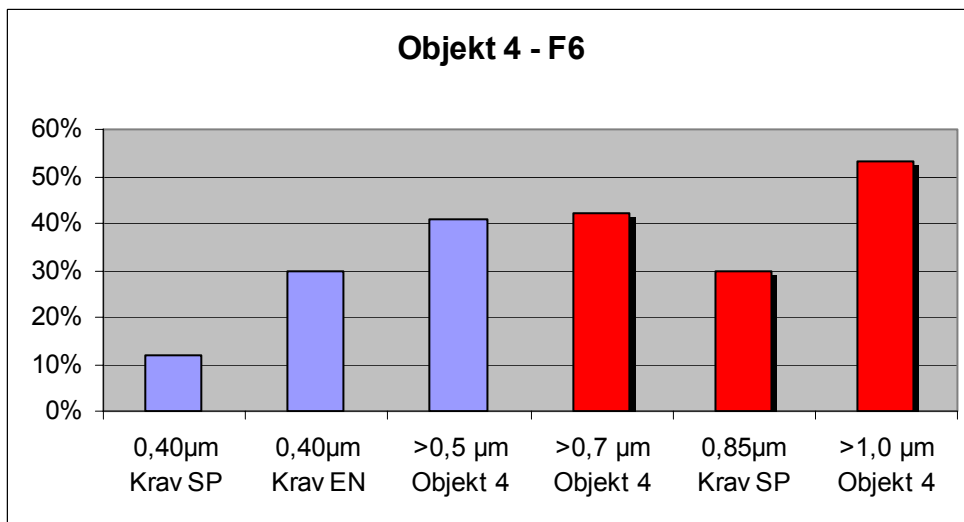
Figur 8.14 Jämförelse mellan norm och uppmätt avskiljningsgrad för objekt 2

Objekt 3 som redovisas i figur 8.15 klarade SP:s krav galant men låg på gränsen för att klara EN 779:s krav (beroende på hur mycket avskiljningsgraden skiljer sig för 0,4 och 0,5 µm). SP:s krav för de större partiklarna klarar filtret utan problem.



**Figur 8.15 Jämförelse mellan norm och uppmätt avskiljningsgrad för objekt 3**

Objekt 4 låg klart över alla gränser som både SP och EN 779 har. Resultaten redovisas i figur 8.16.



**Figur 8.16 Jämförelse mellan norm och uppmätt avskiljningsgrad för objekt 4**

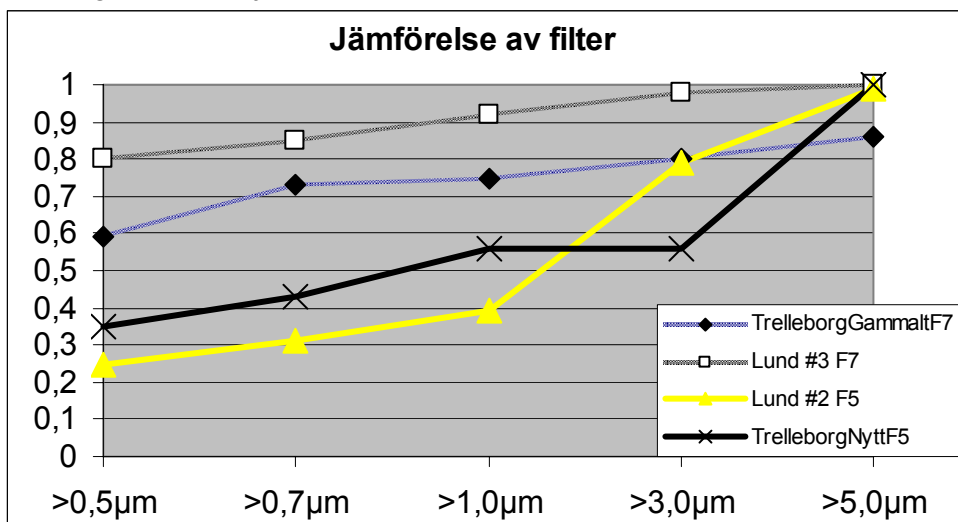
Det fanns initialt två objekt, som hade samma filterklass, vilka därför är intressanta att jämföra. Det ena var objekt 1 i Trelleborg och det andra var objekt 3 i Lund. Genom ett högst oväntat byte i Trelleborg kom ”en joker med i spelet”. Från att ha haft fyra olika filter att mäta på kom ytterligare ett filter som var helt nytt! Objektet i Trelleborg utsätts för höga halter av föroreningar. Det nya F5 filtret var

bara tre dagar när mätningarna utfördes, så avskiljningsgraden antas inte vara påverkad av föroreningarna så snabbt och klassas i resultaten som ett nytt filter. Detta nya filter är intressant att jämföra med det äldsta filtret i studien, objekt 2. Förutom att vara gammalt så utsattes objekt 2 tidvis för extremt höga halter av utomhusföroreningar.

Enligt flera tillverkare ska filter bli bättre ju fler partiklar de utsätts för, d.v.s. att det initiala värdet ska vara det sämsta. Begreppet ”ju fler partiklar de utsätts för” kan också uttryckas med ”hur lång tid filtret använts”.

Ginestet visade däremot motsatsen i en studie. Studien visade att glasfilters avskiljningsgrad minskade när de neutraliserats enligt några av EN 779:s (2002) metoder. En av metoderna som EN 779 använder, är att utsätta filter för dieselavgaser.<sup>95</sup> Om denna metod användes för filterna, som avskiljde partiklar sämre, framgick inte.

Filterna i Trelleborg kan antas vara utsatta för urladdning genom dieselavgaser med tanke på de höga halterna som färjorna släpper ut. Hur höga halter av dieselavgaser, som objekt 2 i Lund utsätts för, är oklart.



**Figur 8.17 Jämförelse av filter med samma klass men olika föroreningar**

Objekt 3, i Lund, hade ca 20 %-enheter högre avskiljningsgrad än objektet i Trelleborg, vilket är förvånansvärt stor skillnad. Objekt 1 i Trelleborg klarade SP:s minimikrav men inte EN 779 eller Eurovent. Objekt 1, hade 2,5 månaders kortare användningstid, men mycket högre föroreningshalt än objekt 3. Det nya filtret hade ca 10 %-enheter bättre avskiljningsgrad än filtret i objekt 2, i Lund. Objekt 2 var ca. 7 månader gammalt och var delvis utsatt för hög föroreningshalt.

I figur 8.17 redovisas fraktionerna >3,0 µm trots att dessa har stor osäkerhet. När mätningarna utfördes på det nya filtret var halterna i utomhusluften låga. Antalet partiklar >3,0 µm var endast 32 stycken och >5,0 µm var 2 stycken. Analys av resultatet i figur 8.17 kommer endast att röra partiklar >0,5 - >1,0 µm.

<sup>95</sup> Ginestet, Alain et al. *Round robin test of general ventilation filters according to EN 779 standard* (2005)

**Tabell 8-7 Tabell över alla resultat för att kunna jämföra olika faktorer**

Objekt	Startålder (mån)	RF(%)	Temp(°C)	Odling (Cfu/g damm)	
#1-Trelleborg F7	2,5	82	2	-	
#3 - Lund F7	5	83	2	4,9 miljoner	
#4 - Vellinge F6	6	80	3	6,8 miljoner	
#2 - Lund F5	7	82	1,5	19,4 miljoner	
Joker- Nytt F5	0	-	-	-	
	Uteluft (>0,5µm)	Inneluft (>0,5µm)	Avskiljningsgrad (>0,5µm)	Krav SP (0,4µm)	Krav EN (0,4µm)
#1-Trelleborg F7	70000	15000	59%	50%	80%
#3 - Lund F7	18000	3400	80%	50%	80%
#4 - Vellinge F6	18000	11000	41%	12%	30%
#2 - Lund F5	38 000	28000	25%	2%	40%
Joker-Nytt F5	13000	8000	35%	2%	40%
	Uteluft (>0,7µm)	Inneluft (>0,7µm)	Avskiljningsgrad (>0,7µm)	Krav SP (0,85µm)	
#1-Trelleborg F7	30000	4000	73%	70%	
#3 - Lund F7	7000	1000	85%	70%	
#4 - Vellinge F6	7000	3800	42%	30%	
#2 - Lund F5	11 000	8000	31%	30%	
Joker-Nytt F5	7000	4000	43%	30%	

En sammanfattning av fakta och resultat för de olika objekten redovisas i tabell 8.7. Det är många möjliga faktorer som kan påverka avskiljningsgraden för filterna. Att jämföra de olika objekten som var med i studien är svårt att göra rättvist. Loggrarna som mätte RF satt inte i under exakt samma period, partikelmätningarna utfördes inte under samma tidpunkt etc. Det är många faktorer som är olika.

För att försöka göra en någorlunda rättvis tabell har alla resultat förenklats mycket

- Medelvärde för RF och temperatur har valts till perioden 25 november – 5 december.
- Uteluften representeras av ett medelvärde av alla mättillfällen för fraktioner > 0,5 µm
- Den filtrerade luften representeras av ett medelvärde av alla mättillfällen >0,5 µm och samma för partiklar >0,7 µm.
- SP-metod 1937 mäter fraktionen 0,85 µm. Denna avskiljningsgrad antas ge motsvarande resultat för avskiljningsgraden för alla partiklar >0,7 µm.
- En grov avrundning görs av partikelhalterna, för att tabellen ska bli lättare att läsa. Partikelavskiljningen är inte beräknad med de avrundade värdena utan från de bokförda mätvärdena.

## 8.7.2 Analys

För att sammanfatta resultaten gjordes en jämförelse mellan krav som normer ställer på avskiljningsgrad och de avskiljningsgrader som filterna visade. De två objekten, som tidvis var utsatta för extremt höga föroreningshalter, var de filterna som klarade normernas krav sämst. De två objekt som utsattes för renare utomhusluft klarade kraven från normerna bra respektive galant.

Vidare gjordes en jämförelse dels mellan de två objekten som haft F7-filter och dels mellan det äldsta objektet, som hade F5 filter med ett helt nytt F5-filter. För det första så kan jag konstatera två viktiga skillnader mellan filterna:

1. Det viktigaste och mest självklara. Filterna satt inte i samma objekt, vilket ger olika flöde, ytor, tryck m.m.
2. Det var inte samma tillverkare av filterna och filterna är därför inte likadana. (F7 filterna var tillverkade av några av de största tillverkarna på marknaden). För att ett filter ska få en viss klass, ska det ligga inom ett visst intervall (se tabell 5.1). Detta gör att filterna kan ha samma filterklass med att skilja en del procent i avskiljningsgraden ändå.

Hur dessa två skillnader kommer att påverka resultaten är okänt

Tidsfaktorn är en möjlig anledning till skillnad i avskiljningsgraden. Flera studier visar att avskiljningsgraden blir bättre ju längre ett glasfilter är använt<sup>96</sup>. Ginestet har däremot visat motsatsen, att avskiljningen skulle minska något för glasfilter som var urladdade<sup>97</sup>.

Mellan de två F7 filterna skiljde användningstiden med 2,5 månader. Filtret som använts längst, objekt 3 hade ca 20 %-enheter bättre avskiljningsgrad än objekt 1. Det äldsta filtret i studien var objekt 2 och det hade använts i 7 månader. Det filtret hade ca 10 %-enheter sämre avskiljningsgrad än det nya F5 filtret. De två resultaten motsäger varandra. Användningstiden kan påverka avskiljningsgraden, men inga sådana slutsatser kan dras med denna studies mätresultat.

Det är möjligen inte tiden, i sig, som avgör om avskiljningsgraden minskar eller ökar. Det är hur mycket partiklar ett filter har fångat upp som avgör hur bra avskiljningsgraden är. F7-filtret i objekt 3 utsattes för låga föroreningshalter. Objekt 1 utsattes tidvis för höga föroreningshalter, främst partiklar från dieselavgaser. Avskiljningsgraden för objekt 1 var ca 20 %-enheter sämre än objekt 3. F5-filtret i objekt 2 utsattes också, tidvis för höga föroreningshalter, från trafik. Filtret som det jämfördes med var helt nytt. Det nya och rena F5-filtret hade ca 10 %-enheter bättre avskiljningsgrad än det smutsiga filtret av samma filterklass. Tendensen är att filter som utsätts för höga föroreningshalter skulle ha sämre avskiljningsgrad än filter som utsätts för låga föroreningshalter.

I en artikel av Jan Gustavsson redovisas avskiljningsgraden för glasfilter som utsatts för dieselpartiklar. Enligt Gustavsson var avskiljningsgraden för glasfilterna

---

<sup>96</sup> Gustavsson, Jan, *Can we trust air filters?* (2000)

<sup>97</sup> Ginestet, Alain et al. *Round robin test of general ventilation filters according to EN 779 standard* (2005)

konstant, men enligt figurerna tycker jag att avskiljningsgraden minskar något ju mer dieselavgaser, som filtret utsätts för. För partiklarna med storlek 0,5 µm gick avskiljningsgraden från 82 till 79 %, det är inte mycket men noterbart.<sup>98</sup>

I kapitel 8.2 var det inget som antydde att avskiljningsgraden momentant skulle vara sämre då det var extremt höga föroreningshalter, jämfört med när halterna var normala. Detta betyder inte att föroreningshalten inte har påverkat avskiljningsgraden för den totala perioden, utan bara att det inte påverkar vid enstaka tillfällen. De höga halterna av partiklar från dieselavgaser skulle kunna ha laddat ur den låga elektrostatiska förmågan, som kanske skulle ha funnits där annars.

Skulle det kunna vara så att filter som utsätts för mycket kol- och förbränningsprodukter, t.ex. dieselavgaser, får något sämre avskiljningsgrad ju mer halter de utsätts för? Det skulle i så fall förklara en del av den stora skillnaden mellan filter som utsätts för höga halter förbränningsavgaser och de som utsattes för lägre föroreningshalter.

Då mätmetoden inte kontrollerade vilka sorts partiklar, som avskiljdes, kan inte några bedömningar göras om huruvida mikroorganismer påverkar avskiljningsgraden. Det är inte bara avskiljningsgraden som är det viktiga utan vilka partiklar som avskiljs och hur små dessa är och hur hälsoskadliga de kan vara. Studien visar hur mycket tillväxt som finns i filterna. Hur mycket, som kan komma med tilluften, är okänt. En sak som är säker är att filtrera luft genom svamp och mögelpåväxt bidrar inte till bättre tilluft, speciellt inte för allergiker.

---

<sup>98</sup> Gustavsson, Jan, *Air filters for ventilating systems – Laboratory and in situ testing* (1999)

## 9 Slutsatser

I undersökningen var det olika faktorer som kontrollerades och analyserades för att ta reda på huruvida de skulle påverka filterna. Några tendenser var tydligare än andra. Något som var gemensamt för samtliga mätobjekt var den höga RF-nivån. Trots åtgärder för att minska fukthalten, såsom labyrintgaller, är RF hög under sen höst till tidig vinter, periodvis > 90 %. Med så hög RF förväntas tillväxt i filterna. Medelvärde av RF för mätperioden var ca. 80%. Detta resultat var gemensamma för de fyra objekten som var med i studien. Objekten är representativa för byggnader som används idag och därför kan RF > 90 % troligen förväntas finnas i andra byggnader.

Trots låg temperatur (runt - 2 till 7°C), som inte är gynnsam för tillväxt av de flesta mikroorganismer, hittades höga halter av *Cladosporium* sp. Riktvärden för halter som bör finnas i filter överskreds kraftigt. De höga halterna tyder på att det inte bara är sporer, som kommer från utomhusluften utan fuktbelastningen har troligen varit av sådan omfattning och kontinuitet att mögelsvamp har etablerat sig och tillväxt i filtret. Den rikliga svampavväxten i filtret kan ge upphov till luktolägenhet och hälsobesvär om föroreningarna från tillväxten (partikulära och gasformiga) kan spridas till inneluften. Skillnaden i halterna hade starkt samband med hur länge filterna hade suttit i aggregaten. Sådana resultat leder till slutsatsen att antingen behöver filter bytas oftare, ur hygienisk synpunkt och/eller så bör utformningen av ventilationssystemet förändras. Ett alternativ kan vara att lägga mer resurser på att ha två filter i serie, ett som fångar upp fukt och lite partiklar och ett efter som fångar upp partiklarna som det första filtret släpper ifrån sig. Även om det första filtret skulle ha tillväxt, och svampar skulle växa igenom, skulle filter nummer två stoppa partiklarna och de ogynnsamma förhållandena för tillväxt med låg RF, i filter nummer två borde ge bättre tilluft med avseende på partiklar.

Då det var få objekt och relativt kort mätperiod så kan inga generella slutsatser dras, men det fanns andra tendenser som iaktogs i studien, som kan vara värda att nämna. Den första är att föroreningshalter inte verkar att variera mycket över kort tid, om inte speciella händelser inträffar, såsom att en färja lägger till i en hamn nära objektet. Kraftiga förändringar över kort tid gör att mätresultaten blir mer osäkra, med den använda mätmetoden.

I studien är filterklasserna F5 – F7 med. Med den använda mätmetoden varierade avskiljningsgraden med några procent mellan de olika mättillfällena. Detta tyder på att mätmetoden har en osäkerhet på några procent, men det kan också bero på andra faktorer. Om osäkerheten med mätmetoden inte skulle vara den enda anledningen till skillnad i avskiljningsgraden så är en annan tendens att objekt som utsattes för låg föroreningshalt ökar något i avskiljningsgrad med tiden.

Tendenser visar att avskiljningsgraden inte skulle försämrats då partikelhalten når extremhalter. Däremot finns antydningar om att de filter som tidvis utsätts för extremt höga föroreningshalter, av dieselpartiklar och liknande, hade sämre avskiljningsgrad över hela mätperioden, jämfört med både normer som finns och de andra mätobjekten som inte utsattes för höga föroreningar.

Övriga tendenser som observerades i studien var att variation av RF inte påverkar avskiljningsgraden så länge RF är >70 %. På vilken höjd loggrar placeras i fronten, är



troligen oviktigt, vid mätning av RF. Fukt rinner neråt men skillnaden för två filter gav inte mer än 1,5 %-enheter vilket är lite och ligger inom felmarginalen för loggrarna. Den stora skillnaden antas vara på djupet. Då påsfilter är formade som V är det svårt att sätta in en logger i änden, som antages vara den fuktigaste delen. För större fraktioner  $>3,0 \mu\text{m}$ , är det svårt att beräkna en korrekt avskiljningsgrad, eftersom mätningar av få partiklar ger stora osäkerheter, vilket Eurovent 4/10 också menar.

Något av det viktigaste som visades i studien är hur hög RF är i filterna och hur stor tillväxten av mikroorganismer kan vara. Det är viktigt att utforma ventilationssystemet så att RF inte blir för högt och på så sätt minska risken för tillväxt.

## 10 Diskussion

Tidigare tester har visat hur partikelavskiljningen har försämrats hos syntetfilter, när de utsätts för utomhusföroreningar, medan glasfilter däremot har bibehållit eller ökat sin avskiljningsgrad. Ginestet et al. har däremot visat att avskiljningen skulle minska för glasfilter som urladdas. I denna studie jämförs olika glasfilter och med dagens synsätt borde de filter som utsattes för flest föroreningar också ha bäst avskiljningsgrad. Studien antyder istället att de filter som utsatts för starka föroreningar (dieselavgaser och andra förbränningar av fossilt bränsle) hade sämre avskiljningsgrad än de objekten som utsattes för låga föroreningshalter. Skulle filter som utsätts för mindre föroreningar, mindre dieselavgaser och mer av andra sorters partiklar, kunna öka avskiljningsgraden med tiden? Är det däremot så att filter som utsätts för höga halter av föroreningar från avgaser, inte förbättrar avskiljningsgraden? Det kanske inte bara är halten föroreningar utan även typen föroreningar som är viktigt. Tester där typ, form och riskfaktor hos partiklar analyseras, vilket Jan Gustavsson förespråkar, tycker jag låter som en god idé. Det hade varit intressant att se fler tester där glasfilter utsätts för utomhusmiljöer med höga halter av dieselpartiklar eller liknande.

Att halterna av mögelsvampar var så höga, var oväntat. Mögelsvampar är av storleken att filter kan filtrera bort dem. En risk är om svamparna växer igenom filtorna och sen sporulerar på nedströmssidan. En större risk är när svampar och pollen etc. bryts ner biologiskt, i filtorna och då bildas mindre partiklar som lättare kan åka igenom filtret. Detta har ej studerats i denna undersökning. Mer tester borde utföras om när mikroorganismer växer som bäst, eventuell effekt på tilluften och när filter bör bytas. Resultat och kunskap om detta borde sen komma ut till förvaltare. Tre av fyra objekt som var med i studien hade filter som byttes före eller under pollensäsongen. Driftsteknikerna till de objekten var engagerade i sitt arbete, intresserade av undersökningen och alltid hjälpsamma. Jag fick aldrig uppfattningen att de trodde att det skulle växa i filtorna. Det fjärde objektet där utredningar p.g.a. dålig inomhusmiljö utfördes, bytte från F7 till F5 trots att objektet låg mycket nära en starkt trafikerad väg och färjetrafik.

Laborationstester ger ganska missvisande värden med jämförelse av hur väl partiklar avskiljs i verkligheten. Driftsteknikerna refererade ibland till filtorna som F60. Att detta är avskiljningsgraden för laboratorium och inte i fält är kanske inte något som alla vet, och det är inte särskilt logiskt eller pedagogiskt heller.

Det hade varit intressant om test, liknande Wargockis, utfördes i svenska representativa förhållanden med finfilter och ingen återluft. Arbetsproduktiviteten kunde jämföras då både nya och gamla filter användes. Detta hade kunnat användas för att ekonomiskt motivera bättre tekniska lösningar.

## 11 Referenser

### 11.1 Trycktakällor

2004 ASHRAE Handbook HVAC Systems and Equipment SI Edition, Atlanta 2004, ISBN 1-931862-48-6, s. 24.1-24.5

Ginestet, Alain - Pugnet, D - Salazar, J.H. - Grange P (2001) HVAC air filter testing – the need of a field test method. *CETIAT 2001*

Ginestet, Alain – Pugnet, D (2005), Round robin test of general ventilation filters according to EN 779 standard. *Indoor Air 2005*, s. 3454-3458

Gustavsson, Jan (1986), Air Filtration – Ventilation Symposium, *Rapport 87-2450 på UB*

Gustavsson, Jan (1988), *Varme- og klimateknik Grundbog 1. Udgave – Kapitel 10 Filtrerteknik*, Danvak, Lyngby.

Gustavsson, Jan (1997), *Varme- og klimateknik Grundbog 2. Udgave – Kapitel 10 Filtrerteknik*, Danvak, Lyngby.

Gustavsson, Jan (1999), How can air filters contribute to better IAQ?, *Filtration & Separation*, March 1999, s. 20 -25

Gustavsson, Jan (1999), Air filters for ventilating systems – Laboratory and in situ testing. *International Nonwovens Journal*, Vol. 8, No. 2

Gustavsson, Jan (2000), Can we trust air filters? *Filtration & Separation*, March, s. 16-22

Gustavsson, Jan (2003), EN 779 – Ny provmetod för luftfilter. *Energi & Miljö*, #1, s.58-62

Jensen, Lars (2004), *Filter – Kursmaterial Installationsteknik FK ABK 150*, Lund

Johansson, Johan HP – Rosell, Lars (1998), Ger smutsiga luftfilter försämrade tilluft? En studie av emissioner med ursprung i filte., *SP Rapport 1998:10*, Sveriges Provnings- och forskningsråd

Kongste, Niels-Erik (2005), Effektiv luftfiltrering kan fjerner sundhetsskadlige partikler, *HVAC Magasinet* Maj, No. 6

Möritz, M - Peters, H - Nipko, B. och Rüden , H. (2001) Capability of air filters to retain airborne bacteria and molds in HVAC systems. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 203, s. 401-409

Nordtest Method, *Ventilations filter – field test of efficiency*, Espoo Finland 2001  
ISSN: 0283-7226

Samsen, Robert – van Reenen-Hoekstra, Ellen (1988) *Introduction to food-borne fungi –Third edition*, Centraalbureau voor Schimmelcultures, Baarn – Delft ISBN 90-70351-16-1

Sikström, Jan-Erik , Är ett F7-filter alltid ett F7 filter?, *Filtermagazinet* 2002 No. 2 årg. 9, s. 10

Smedje, Greta (2001) Smutsiga filter irriterar. *Arbete, Mäniska, Miljö* Nr 1, s.2

VVS-handboken 404:714 (1963), Förlags AB VVS, Stockholm

Wargocki, Pawel – Wyon David P - Fanger, Ole P (2004), The performance and subjective responses of call-center operators with new and used supply air filters at two outdoor air supply rates. *Blackwell Munksgaars, Indoor Air* No.14, s. 7-16, Denmark

## **11.2 Elektroniska källor**

Eurovent (2006-01-18), *Vision Statement*, [www.eurovent-ecomaf.org](http://www.eurovent-ecomaf.org)

Schnarr, Bill (2005-10-20), The History of Air Filters – Breathing Easy!  
[www.thehistory.net](http://www.thehistory.net)

## **11.3 Muntliga källor**

Nyman, Eva, Tekomo Byggnadskvalitet AB

Skoglund, Gunnar, Luftfilter (Telefonkontakt Oktober 2005)

## Bilaga1



**Tekomo** Byggnadskvalitet AB

### Mykologisk analys med dammkarakterisering

Objekt: Objekt 2, Lund – Objekt 3, Lund – Objekt 4, Vellinge

Provtagare: Kajsa Ivansson

Ankomstdatum: 2005-12-02, 2005-12-12

Prov: Ventilationsfilter för tilluft (använda)

Analys: Ljuskopiering (Stereo- och faskontrastmikroskopi) och odling på fast näringssubstrat

Riktvärden/Normer för ventilationsfilter:

(baserat på värden angivna i SBI rapport 208)

Svamp- och bakterieförekomst i tilluftsfilter från uteluftsventilerad anläggning:

*Svamp: 500 cfu/g damm (med återluftsföring 3 500 cfu/g)*

*Bakterier: 2 000 cfu/g damm (med återluftsföring 7 000 cfu/g damm)*

Tillväxt i filtermaterialet anses vara en brist eftersom detta indikerar hög fuktbelastning.

Pollen i filtermaterialet under vinterhalvåret anses också vara en brist eftersom detta indikerar att filtren ej blivit utbytta efter pollensäsongen.

Resultat:

Provplats  (analyserad mängd filtermaterial)	Mögelsvampförekomst Mikroskopiering **Dammkarakterisering	*Odling (Cfu/g damm)	Relativ fuktighet %	Temp °C
Objekt 2 (grönt filter) Filter: 1 cm <sup>2</sup> Klass: F5 (Motsv. 0,0348 g varav 35,6 % damm)  <i>Illaluktande</i>	Riklig påväxt **Dammkarakterisering: <u>Mineraliska partiklar,</u> <u>kol-och förbrännings-</u> <u>produkter, sporer, hyfer</u> <u>med inslag av insektsdelar,</u> <u>pollen och växtdelar</u>	19,4 milj. Typ: Cladosporium sp. med inslag av Penicillium sp. och Verticillium sp.	64,0	22,1
Objekt 3 (rosa filter) Filter: 1 cm <sup>2</sup> Klass: F7 (Motsv. 0,0233 g varav 7,8 % damm)  <i>Illaluktande</i>	Riklig påväxt **Dammkarakterisering: <u>Mineraliska partiklar,</u> <u>kol-och förbrännings-</u> <u>produkter, sporer, hyfer,</u> <u>pollen med inslag av</u> <u>insektsdelar och växtdelar</u>	4,9 milj. Typ: Cladosporium sp. med inslag av Aspergillus sp.	54,5	22,1

Objekt 4 (orange filter) Filter: 1 cm <sup>2</sup> Klass: F6 (Motsv. 0,0615 g varav 43,1 % damm)  Illaluktande Mkt. insektsdelar	Riklig påväxt ** <i>Dammkarakterisering:</i> <i>Mineraliska partiklar,</i> <i>kol-och förbrännings-</i> <i>produkter, insektsdelar</i> <i>med inslag av sporer,</i> <i>hyfer, pollen och växtdelar</i>	6,8 milj. Typ: Cladosporium sp. med inslag av Penicillium sp.	56,8	22,1
--	--	---	------	------

\*\* Partikeltyp angiven i fallande mängd \* Cfu = kolonibildande enheter

### Utlåtande:

Riktvärdet för svampförekomst i filter överskrider markant.

Mycket riklig och viabel mögelsvampförekomst föreligger i samtliga filterprover indikerande hög fuktbelastning av filtermaterialet. Fuktbelastningen har troligen varit av sådan omfattning och kontinuitet att mögelsvamp har etablerat sig och tillväxt i filtret vilket också kunnat verifieras vid den mikroskopiska analysen av filtermaterialet.

Den rikliga svamppåväxten i filtret kan ge upphov till luktolägenhet och hälsobesvär om föroreningarna från tillväxten (partikulära och gasformiga) kan spridas till ineluften. Hälsoriskerna är störst för personer med allergi eller annan överkänslighet.

Mögelsvampen i filtermaterialet tillhör svampsläkten som normalt förekommer i ventilationsfilter från uteluftsventilerad anläggning.

Typen av svamp såväl som lukten från filtermaterialet kan ha betydelse för allergikers symtombild.

Lukten i filtret antas bero av och fått sin karaktär av förbränningsprodukter (framförallt fossila bränslen) samt komposteringsprocessen i filtret.

Pollenförekomsten i filtret indikerar att filterbyte utförts före pollensäsongens slut vilket är en brist som kan ge hälsomässiga effekter. Förekomst av pollen i filtret kan på så sätt ge upphov till allergiska besvär hos pollenallergiker även utanför pollensäsongen, framförallt om filtret utsatts för fukt. Fukten befrämjar nedbrytning av organiskt material i filtret inkl. pollenkorn vars innehåll av allergena ämnen frisätts i form av mindre partiklar som kan spridas med tilluften.

Fuktigheten i filtermaterialet (uppmätt i provburken efter jämnvikt) visar att filtermaterialet blivit utsatt för hög fuktbelastning.

2006-01-16

**TEKOMO AB**

**Byggnadshygieniskt laboratorium**

Eva Nyman

<b>Adress</b>	<b>Telefon</b>	<b>Mobiltel.</b>	<b>E-mail</b>	<b>Bankgiro</b>	<b>Reg. nr.</b>
Kontor och laboratorium Hamnargatan 11 A 235 32 Vellinge	040 - 42 13 30 <b>Fax</b> 040 - 42 13 40	0705 - 47 23 20 0708 - 47 23 25	consult@tekomo.se <b>Internet</b> www.tekomo.se	5145-9923	556606-9364

## Bilaga 2

*Tabell B-1 Partikelavskiljning med olika RF i Vellinge*

Datum	Tid	0,5	0,7	Temp. (°C)	RF (%)
Ons 23/11	13.30-13.50	0,34	0,33	7,494	61,083
Fre 2/12	9.55-10.20	0,34	0,35	3,591	74,008
Mån 12/12	10.10-10.40	0,49	0,53	7,695	70,639
Tis 20/20	10.05-10.35	0,46	0,48	4,792	83,09

*Tabell B-2 Partikelavskiljning 0,5 och 0,7 vid olika RF i Trelleborg*

Datum	Tid	0,5	0,7	Temp. (°C)	RF (%)
Ons 23/11-05	9.20-10.30	0,58	0,74	3,696	70,928
Fred 2/12	11.00-11.30	0,62	0,71	3,512	75,262

*Tabell B-3 Partikelavskiljning med olika RF i Lund, objekt 2*

Datum	Tid	0,5	0,7	Temp. (°C)	RF (%)
Mån 14/11	10.50-11.25	0,26	0,34	9,064	62,979
Tis 29/11	10.55-11.30	0,25	0,22	2,396	84,004
Fre 9/12	13.15-13.40	0,21	0,26	-0,199	76,519
Fre 16/12	10.25-11.00	0,3	0,43	-	-