

# Utvärdering av luftburna partiklar i en träslöjdsal

- Fältstudie på Tunaskolan i Lund



LUNDS  
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

Lunds Tekniska Högskola  
Ergonomi och Aerosolteknologi

Examensarbete:

Alan Esad

Ahmad Sabih



© Copyright Alan Esad, Ahmad Sabih

Ergonomi och Aerosolteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
221 00 Lund

Ergonomics and Aerosol Technology  
LTH School of Engineering  
Lund University  
Box 118  
SE-221 00 Lund  
Sweden

Tryckt i Sverige  
Media-Tryck  
Biblioteksdirektionen  
Lunds universitet  
Lund 2014

# Sammanfattning

<b>Titel:</b>	Utvärdering av luftburna partiklar i en träslöjdsal – Fältstudie på Tunaskolan i Lund
<b>Författare:</b>	Alan Esad, Ahmad Sabih
<b>Handledare:</b>	Aneta Wierzbicka
<b>Bitr. handledare:</b>	Birgitta Nordquist
<b>Examinator:</b>	Anders Gudmundsson

## Problemställning

Inomhusmiljön är en viktig del av vårt liv, med tanke på att vi spenderar ungefär 90 % av vår tid inomhus dagligen. Olika typer av föroreningar förekommer i inomhusmiljön, som kan bidra till hälsoeffekter och upplevd luftkvalité. På sistone har det diskuterats kring hur bra inomhusmiljön är i svenska skolor, som är en förutsättning för hälsa och inlärningskapacitet.

## Syfte

Lärarna i träslöjd på Tunaskolan i Lund har under en längre tid känt besvär med luftkvaliteten i just träslöjdsalen. De kontaktade genom Lunds kommun, institutionen för Ergonomi och Aerosolteknologi, och undrade om det fanns en möjlighet till att undersöka egenskaperna hos de luftburna partiklarna i träslöjdsalen. Syftet var att karaktärisera de luftburna partiklarna, mäta den personliga exponeringen för lärarna samt undersöka hur lärare och elever upplevde den fysiska arbetsmiljön och vilka symptom de hade. Effektiviteten av de nyinstallerade luftrenarna undersöktes också. Utifrån hela studien, utfärdades rekommendationer på hur träslöjdsalen bör utformas, och vilka åtgärder som kan göras för att reducera exponeringen för luftburna partiklar, och säkerställa en god arbetsmiljö för lärare och elever.

## Metod

Mätningar genomfördes för att bestämma mass- och antalkoncentrationen och storleksfördelningen av partiklar i träslöjdsalen. För att kunna göra en jämförelsestudie gjorde vi mätningar i andra typer av klassrum, d.v.s. i syslöjds-salar och i vanliga klassrum. Vi genomförde även en spårgasmätning för att kunna bestämma luftomsättningen och se om allmänventilationen är tillräcklig med hänsyn till dagens krav. Genom vårt frågeformulär undersökte vi hur lärare och elever upplever inomhusmiljön (fysiska faktorer), samt undersökte vilka symptom de upplever. En okulär besiktning av ventilation, utformning

av träslöjdsal samt städning genomfördes i kombination med intervjuer med lärarna och de anställda på Tunaskolan.

### **Resultat och slutsatser**

Koncentrationen av luftburna partiklar i träslöjdsalen, visade sig var högre i jämförelse med resterande klassrum, d.v.s. i genomsnitt  $151 \mu\text{g}/\text{m}^3$  och  $19700 \text{pt}/\text{cm}^3$  i träslöjdsalen till skillnad mot  $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$  och  $6700 \text{pt}/\text{cm}^3$  i syslöjdsalen. Personburna mätningarna visade att träslöjds lärarna exponerades för högre koncentration av luftburna partiklar än andra lärare, i genomsnitt  $796 \mu\text{g}/\text{m}^3$  för träslöjdlärarna och  $191 \mu\text{g}/\text{m}^3$  för vanliga lärare. Det observerades att städare exponeras för jämförbara koncentrationer med träslöjds läraren. Montering av nya luftrenare, gav en minskning i antalkoncentrationen ( $\text{pt}/\text{cm}^3$ ) som domineras av partiklar mindre än  $2,5 \mu\text{m}$ . Dock så blev masskoncentrationen ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) oförändrad vid montering av nya luftrenare, som domineras av de större partiklarna som kan bidra med problem i ögon, näsa, mun och hals. När det gäller allmänventilationen, visade resultaten att träslöjdsalen klarar dagens krav.

Som ett resultat av denna studie rekommenderas följande åtgärder, för att minska exponeringen av luftburna partiklar i träslöjdsalen. Processventilation bör undersökas och dess effektivitet borde kontrolleras och säkerställas, eftersom det visade sig att de nyinstallerade luftrenarna inte reducerade de grövre partiklarna. För att underlätta städningen, skall all material, snickerier och lådor som för närvarande är placerade på golvet, fönsterkarmar och hyllor, placeras i separata skåp. Eleverna skall uppmuntras till att använda de mobila utsugen mer regelbundet och ofta, och för att förhindra större träbitar och verktyg från att sugas in, kan ett sorts galler placeras vid utsuget. Om möjligt bör maskinerna placeras i ett avskilt rum, genom att bygga en innervägg, detta för att minska på mass- och antalkoncentrationen där eleverna arbetar.

För framtida studier rekommenderas att en studie görs på bullerproblemet, med tanke på att det gav ett högt utslag bland de tillfrågade i enkätundersökningen.

Nyckelord: luftburna partiklar, träslöjdsal, skolor, luftkvalité inomhus

## **Abstract**

<b>Title:</b>	Evaluation of airborne particles in a carpentry classroom – Field study on Tunaskolan in Lund
<b>Authors:</b>	Alan Esad, Ahmad Sabih
<b>Supervisor:</b>	Aneta Wierzbicka
<b>Secondary supervisor:</b>	Birgitta Nordquist
<b>Examiner:</b>	Anders Gudmundsson

### **Presentation of the problem**

The indoor environment is an important part of our life, considering that we spend approximately 90 % of our time indoors daily. Different types of contaminants are present in indoor environments, that may contribute to health effects and perceived air quality. Recently there has been discussions, regarding on how good the indoor environment is in Swedish schools, which is a prerequisite to health and learning capability

### **Aim**

The teachers in carpentry in Tunaskolan in Lund, have been experiencing problems with the air quality, in their classrooms. Through the municipality of Lund, the Ergonomics and Aerosol Technology at Lund University was contacted, to examine the characteristics of airborne particles in carpentry classrooms. The aim was to characterize the airborne particles, measure the personal exposure to the teachers and investigate how teachers and students perceive indoor environment (physical factors), as well as symptoms they experience. The effectiveness of the newly installed particle filters was also investigated. Based on the entire study, we wanted to formulate recommendations on how the carpentry classroom should be designed, and what measures could be done to reduce exposure to airborne particles, and ensure a healthy work environment.

### **Method**

Measurements were conducted to determine the mass and number concentration as well as size distribution in carpentry classrooms. For comparison, measurements were also conducted in other type of classrooms i.e. textile and regular classrooms. Personal monitoring of particle concentrations that teachers are exposed to was conducted. We also carried out trace gas measurements to determine the air exchange rate to check, if the general

ventilation meets current requirements. Through questionnaire, we investigated how students and teachers perceive indoor environment (physical factors) as well as symptoms they experience. A visual inspection combined with interviews with teachers and employees at Tunaskolan were conducted.

### **Results and conclusions**

The concentration of airborne particles in the carpentry classroom were higher, in comparison to any other type of investigated classrooms, i.e. on average  $151 \mu\text{g}/\text{m}^3$  and  $19700 \text{pt}/\text{cm}^3$  in carpentry classroom in comparison to  $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$  and  $6700 \text{pt}/\text{cm}^3$  in textile classroom. Personal monitoring revealed that carpentry teachers are exposed to higher concentrations of particles than other teachers, on average  $796 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for carpentry teachers and  $191 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for regular teachers. It was observed that cleaning personnel was exposed to comparable concentrations of particles as carpentry teachers. We observed that the installation of new particle filters, gave a reduction in number concentration ( $\text{pt}/\text{cm}^3$ ), which was dominated by particles smaller than  $2,5 \mu\text{m}$ . However, the mass concentration ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) did not change at all after installation of the new filters, and it is dominated by the larger particles that affects your eyes, nose, mouth and throat. As for the general ventilation, the results showed that the carpentry classroom meets the current requirements.

As a result of this study, we would like to recommend the following measures to reduce exposure to particles in carpentry classrooms. Process ventilation should be investigated and their effectiveness should be checked and ensured, as newly installed filters showed that they do not remove coarse particles. To facilitate the cleaning process, all the materials, woodworks and boxes which are placed currently on the floor, window frames and shelves, should be placed in separate lockers. Students should be encouraged to use the mobile extraction system on regular basis and frequently, and to prevent larger pieces of wood and tools to get sucked in, some sort of grid can be placed at the extraction point. If possible the machines, should be placed in a separate room by building an inner wall, thereby reduce the exposure of the airborne particles where the students do their work.

For future studies, we recommend investigating noise problems, since the majority of the respondents in the survey experienced problems with noise.

Keywords: airborne particles, carpentry classroom, schools, indoor air quality

## Förord

Detta examensarbete motsvarar 30 ECTS-poäng, och är en avslutande del i vår femåriga civilingenjörsutbildning i väg- och vattenbyggnad på LTH. Arbetet har utförts under våren och sommaren 2014, i samarbete med institutionen för Ergonomi och Aerosolteknologi.

Först och främst vill vi tacka vår handledare Aneta Wierzbicka för sin hjälp vid planering och utförande av denna studie, inte minst för all hjälp och kunskap inom området aerosolteknologi. Ett stort tack till Birgitta Nordquist, som försett oss med mätninginstrument till spårgasmätningen. Vi ägnar även vår tacksamhet till Valeria Rizza och Jessica Gabriele som genomförde de personburna mätningarna.

Vi vill slutligen rikta ett stort tack till Christina Lundin, samt de lärare på Tunaskolan som tagit sin tid och hjälpt oss under mätningstillfällena.

Litteraturstudie, metodbeskrivning, diskussion och mätningar har gjorts gemensamt. Sammanställning av resultat har delats upp mellan oss författare, där Ahmad Sabih sammanställde resultat från enkätundersökningen och Alan Esad sammanställde resultat från mätningarna.

Lund i september 2014

Alan Esad & Ahmad Sabih



## Nomenklatur

**Aerodynamisk diameter** – Den diameter en partikel skulle ha om den hade den fallhastighet den har, men var sfärisk och hade densiteten  $1 \text{ g/cm}^3$ .

**DEP** – Disposable Electrostatic Precipitators (elektrostatiskt elektrofilter av engångskaraktär).

**$PM_{2.5}$  (Particular matter)** – Partiklar som har en aerodynamisk diameter av upp till  $2,5 \mu\text{m}$ .

**$PM_{10}$**  – Partiklar som har en aerodynamisk diameter av upp till  $10 \mu\text{m}$ .

**Köldbrygga** – Uppstår i den del av konstruktionen som har en större värmeledningsförmåga än i resterande konstruktion.

**IPM** – Inhalerbara partiklar ( $PM_{100}$ )

**TPM** – Torakala partiklar ( $PM_{10}$ ), som passerar struphuvudet och vidare in i bröstkorgen.

**RPM** – Respirabla partiklar ( $PM_4$ ). Den del av TPM som kommer ner i de gasutbytande delarna av lungan.

**IOM** – The Institute of Occupational Medicine.

**ppm** – Parts per million dvs. antal per miljon, där 1 % motsvarar 10000 ppm.

**Hygieniskt gränsvärde** – Högsta godtagbara genomsnittshalt av en luftförorening i inandningsluften beräknat som ett tidsvägt medelvärde.

**Nivågränsvärde** – Hygieniskt gränsvärde för exponering under en arbetsdag, normalt 8 timmar.

# Innehållsförteckning

<b>1 Inledning</b> .....	<b>1</b>
1.1 Bakgrund .....	1
1.2 Syfte och frågeställning.....	3
1.3 Målgrupp och avgränsningar.....	3
1.4 Rapportens upplägg.....	4
<b>2 Litteraturstudie</b> .....	<b>5</b>
2.1 Inomhusklimat.....	5
2.1.1 Luftkvalitet .....	5
2.1.2 Luftburna partiklar .....	6
2.1.3 Hälsoeffekter på människan .....	7
2.2 Ventilation och krav.....	10
2.2.1 Ventilationstyper.....	11
2.2.1.1 <i>Processventilation</i> .....	12
2.2.2 Filter .....	13
2.2.3 Luftrenare.....	14
2.2.3.1 <i>Maxivent luftrenare</i> .....	14
2.2.3.2 <i>Luftrenare från Cair AB</i> .....	15
<b>3 Metodbeskrivning</b> .....	<b>16</b>
3.1 Mätningar.....	16
3.1.1 Plats av mätningar.....	16
3.1.2 Stationära mätningar .....	16
3.1.2.1 <i>Partikelmätningar</i> .....	17
3.1.2.2 <i>Spårgasmätning</i> .....	18
3.1.3 Personburna mätningar .....	20
3.2 Enkätundersökning .....	21
3.3 Okulär besiktning och intervjuer .....	22
<b>4 Resultat</b> .....	<b>23</b>
4.1 Mätningar.....	23
4.1.1 Partikelmätningar .....	23
4.1.1.1 <i>Masskoncentration och antalkoncentration</i> .....	23
4.1.1.2 <i>Storleksfördelning av partiklar</i> .....	27
4.1.1.3 <i>Masskoncentration från personburna mätningar</i> .....	30
4.1.2 Spårgasmätning .....	30
4.2 Enkätundersökning .....	33
4.3 Okulär besiktning och intervjuer .....	37
4.3.1 Träslöjdsal.....	37
4.3.2 Syslöjdsal .....	39
<b>5 Diskussion</b> .....	<b>41</b>
5.1 Stationära och personburna mätningar .....	41

5.1.1 Spårgasmätning.....	42
5.2 Enkätundersökningen .....	43
5.3 Okulär besiktning och intervjuer.....	44
<b>6 Slutsatser.....</b>	<b>46</b>
<b>Referenslista .....</b>	<b>48</b>
<b>Bilaga 1 – Maxivent luftrenare.....</b>	<b>52</b>
<b>Bilaga 2 – Luftrenare från Cair AB .....</b>	<b>53</b>
<b>Bilaga 3 – Utformning av enkätformulär.....</b>	<b>54</b>
<b>Bilaga 4 – Kompletterande data från enkätundersökningen.....</b>	<b>57</b>



# 1 Inledning

I Sverige pågår för tillfället en omfattande renovering av befintliga byggnader, där syftet är att minska på koldioxidutsläppen genom energieffektivisering, och verka mot ett mer hållbart samhälle. Stor fokus läggs på de ekonomiska incitament som ges, i följd med att vi bosätter oss i energisnåla hus. Dock så finns det en faktor som människan lätt glömmer bort och det är ens egen hälsa. På 70-talet då oljekrisen uppstod chockhöjdes elpriserna, vi agerade genom att täta våra byggnader okontrollerat för att minimera våra energikostnader. Problemet var att tätningen inte kompensades med ett bättre ventilationssystem, utan istället så uppstod den så kallade sjuka-hus-sjukan och människan började uppleva besvär med inomhusmiljön (Energimyndigheten, 2014).

Med tanke på att människan spenderar ca 90 % av sin tid dagligen inomhus, är risken stor att utsättas för hälsoproblem om ventilationssystemet är underdimensionerat (Miljöforskning, 2014). Förutom effekter på hälsan i samband med dålig inomhusmiljö, försämras även prestationsförmågan. Idag så är det 18 % av den vuxna befolkningen som känner besvär i samband med dålig inomhusmiljö, exempel på besvär är trötthet och huvudvärk. De som har astma och allergier är mer känsliga och kan uppleva problem med slemhinnorna samt luftvägarna (Folkhälsomyndigheten, 2014a).

Allmänna råd kring hur en byggnad skall utformas med hänsyn till luftkvalitén, som bland annat beror på partikelföreningar och hur effektiv ventilationen är, återfinns hos Boverkets byggregler (BBR), Arbetsmiljöverket och Socialstyrelsen (Folkhälsomyndigheten, 2014a). Kravet på luftkvalitén skall bestämmas utifrån vilken typ av användning lokalen är avsedd för (Boverkets byggregler, 2011a). Problem kan dock uppstå då aktiviteter i lokalen genererar olika storlekar på partiklar, då dessa måste hanteras på olika sätt. Därför blir det även av betydande roll att ta sig an dessa problem med olika angreppssätt. Därigenom isolera/filtrera bort partiklar, och säkerställa att människans exponering för dessa minimeras.

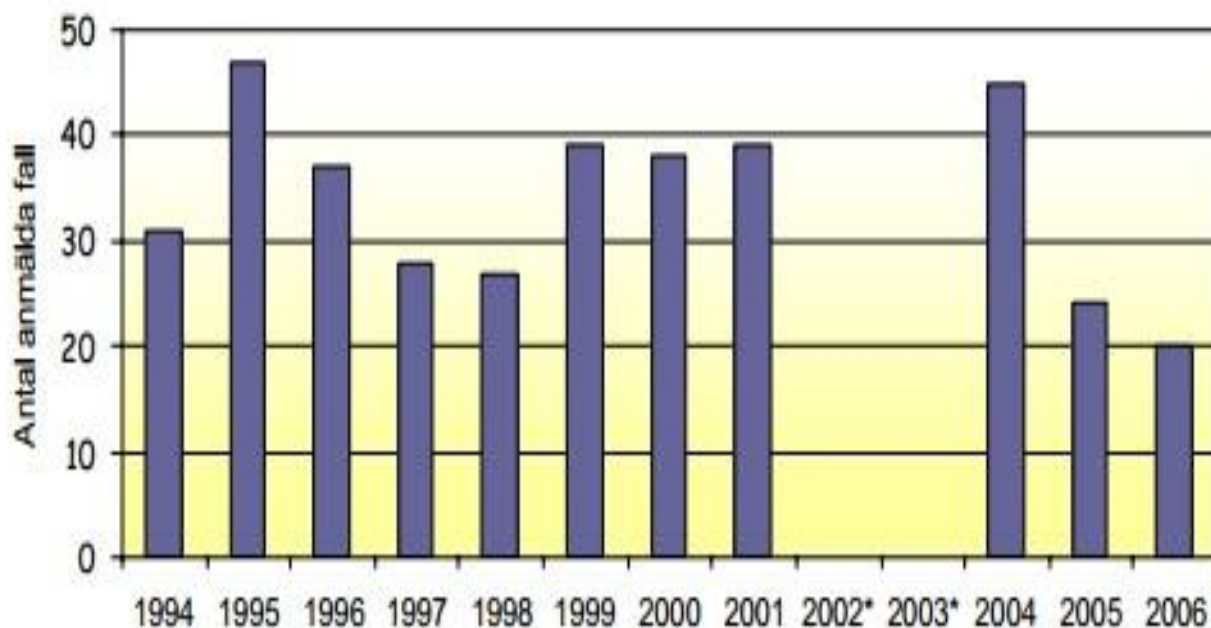
## 1.1 Bakgrund

På senare tid har det diskuterats mycket kring om hur bra inomhusmiljön är i våra svenska skolor. I genomsnitt spenderar en elev ungefär 1000 timmar per år i skolan, samtidigt som rekommendationerna från Socialstyrelsen gällande just inomhusmiljön inte uppfylls (DT, 2014).

En undersökning som Energimyndigheten och Boverket utförde nyligen, visade att 40 % av alla skolor inte blev godkända när en obligatorisk ventil-

ationskontroll genomfördes (Socialstyrelsen, 2014a). Enligt svensk lag skall denna kontroll göras vart tredje år i skolor, med syftet att kontrollera om ventilationssystemet är lika effektivt som när det togs i bruk (Boverkets byggregler, 2011b). Helt klart så är det oacceptabla resultat som har presenterats i svenska skolor på sistone, med hänsyn till luftkvaliteten. Därför kom Socialstyrelsen med idén att driva ett nationellt tillsynsprojekt kring inomhusmiljön, där fokus skall läggas på ventilation och städning. Detta projekt skall verka under tiden 2014-2015, och har i dagsläget tagits över av Folkhälsomyndigheten som bildades den 1 januari 2014 (Socialstyrelsen, 2014b). I samarbete med Folkhälsomyndigheten utför även Arbetsmiljöverket ett liknande projekt under 2013-2016, där målsättningen är att granska 30 % av Sveriges skolor (Arbetsmiljöverket, 2014a). Förhoppningsvis kan dessa projekt leda till att kompetensen ökar bland de som ansvarar för inomhusmiljön.

Viktigt att påpeka är att slöjdsalar inte ingår som en del i projektet hos Folkhälsomyndigheten, utan istället undersöks lokaler utan aktiviteter som genererar föroreningar (Folkhälsomyndigheten, 2014b).



**Figur 1.1** Anmälda arbetssjukdomar 1994-2006 i träindustrier, där trädamm har varit en bidragande faktor till skadan. (Arbetsmiljöverket, 2007)

I Figur 1.1 presenteras anmälda arbetssjukdomar relaterade till trädamm från träindustrin mellan åren 1994-2006. Förvisso är exponeringen av trädamm inte lika hög i träslöjdsalar och samtidigt kan antal anmälda fall vara litet i förhål-

lande till antalet som arbetar inom träindustrin. Dock så är det viktigt att man är medveten om hälsoriskerna, med tanke på att vissa människor är mer känsliga än andra.

## 1.2 Syfte och frågeställning

Lunds kommun kontaktade institutionen för Ergonomi och Aerosolteknologi med en förfrågan, om det fanns möjlighet till att undersöka luftkvaliteten i en träslöjdsal på Tunaskolan, Lund. Det hade kommit klagomål från lärare att de upplever besvär när de vistas i lokalen. Vår uppgift är att undersöka vilken sorts partiklar som alstras i träslöjdsalen, för att vidare komma med förslag på åtgärder för att säkerställa en träslöjdsal utan stora mängder av luftburna partiklar.

Tunaskolan fick även låna in nya luftrenare från Cair AB med DEP luftfilter (elektrostatiskt elektrofilter av engångskaraktär), under en kort period, dessa ersatte det tidigare luftreningssystemet. Mätningar har genomförts med de nya luftrenarna, för att se hur stor reducering av mass- och antalkoncentration av luftburna partiklar som fås. Vi genomförde också mätningar i syslöjdsalen, för att kunna jämföra partikelhalterna. Personburna mätningar gjordes också för att se vilken mängd luftburna partiklar, som de olika lärarna exponeras för.

Frågor som vi vill kunna besvara med hjälp av denna studie:

- Är ventilationen i träslöjdsalen tillräcklig med hänsyn till dagens krav?
- Hur ser mass- och antalkoncentrationen av luftburna partiklar ut i träslöjdsalen?
- Vilka besvär/symptom upplevs av de som vistas i träslöjdsalen?
- Vilka viktiga aspekter skall beaktas vid utformning av en träslöjdsal?
- Hur förändras mass- och antalkoncentrationen efter montering av de nya luftrenarna?

## 1.3 Målgrupp och avgränsningar

Detta examensarbete och dess innehåll är främst riktat till lärarna och eleverna på Tunaskolan, med tanke på att vi endast utförde våra mätningar där. Dock ser vi gärna att andra skolor med liknande problem i sina träslöjdsalar, använder detta examensarbete som ett underlag eller vid jämförelse av resultat.

När luftkvaliteten i en lokal undersöks så kan problem uppstå bland annat p.g.a. föroreningar i luften och mikrobiologiska föroreningar. Dessa problem kan bero på följande faktorer:

- Kemiska nedbrytningar pga. fukt
- Fukt i byggnadskonstruktionen
- Mikrobiell växt och kvalster
- Emissioner från byggnadsmaterial
- Partiklar
- Städning
- Brister i ventilationskälla
- Ventilation som föroreningskälla

(Folkhälsoguiden, 2003).

I vår rapport fokuserar vi på luftburna partiklar och ventilation. Detta med tanke på att klagomålen från lärarna troligtvis beror på dessa faktorer.

#### **1.4 Rapportens upplägg**

Vi börjar med att beskriva allmänt situationen kring inomhusmiljön, där vi nämner de olika nationella tillsynsprojekten som kommer verka under de närmaste åren i de svenska skolorna.

I vårt andra avsnitt har vi en litteraturstudie, detta för att ge en förståelse av ämnet samt en teoretisk grund i vår diskussion. I litteraturstudien skriver vi bland annat om de olika kraven som finns på inomhusmiljön, hälsoeffekterna från luftburna partiklar samt om de olika ventilationstyperna som används för att åtgärda problemen.

Metodbeskrivningen tar upp hur vi gick till väga för att få den information som krävs för att besvara vår frågeställning. Vi börjar med att beskriva vilka typer av mätninginstrument vi använde och vad de mäter. Sedan förklarar vi hur vi tänkte när vi utformade vår enkät för eleverna och lärarna. Slutligen nämner vi hur vi gick tillväga med vår okulära besiktning.

I resultatdelen redovisar vi resultat från mätningarna, enkätundersökningen och okulära besiktningen. Diskussion och slutsatser kommer att baseras på dessa resultat, där vi även jämför med kraven som ställs på ventilationen. Avslutningsvis skriver vi om idéer och tankar kring framtida studier.



## 2 Litteraturstudie

### 2.1 Inomhusklimat

Den upplevda komforten för människan inomhus delas upp i följande faktorer:

- Termiska
- Hygieniska
- Ljudmässiga
- Ljutmässiga

Den termiska komforten är definierad som hur väl vi människor upplever temperaturen inomhus. Hygienisk komfort beror på kvalitén av inomhusluften, dvs. påverkan från föroreningar i form av t.ex. partiklar som vi andas in och deponeras i våra andningsvägar (Warfvinge & Dahlblom, 2010). All form av buller från maskiner, ventilationssystem etc. ingår i den ljudmässiga komforten. Slutligen har vi den ljutmässiga komforten och den beror på bland annat på dagsljusförhållanden (Rockwool, 2014).

Alla dessa faktorer bör beaktas vid utformning av en byggnad och dess lokaler. Enligt (Bokalders & Block, 2009), skall följande krav eftersträvas i skolor:

- Ekvivalent rumstemperatur på 20-21 °C
- Relativ fuktighet, 30-40 % vinter, 40-60 % sommar
- Inget hörbart eller ohörbart ljud
- Låg koncentration av partikulära föroreningar
- Låg koncentration av gasformiga föroreningar
- Bra dagsljusförhållanden

Observera att det inte riktigt finns en definition för vad som är låg koncentration av partikulära föroreningar.

#### 2.1.1 Luftkvalitet

Trivseln i en vistelsezon kan uttryckas genom hur bra luftkvalité som råder. Allmänna råd kring luft återfinns i Boverkets Byggregler (BBR), där det står följande i avsnitt 6:92:

*”Byggnader och deras installationer ska utformas så att de kan ge förutsättningar för en god luftkvalitet i rum där människor vistas mer än tillfälligt. Luften får inte innehålla föroreningar i en koncentration som medför negativa hälsoeffekter eller besvärande lukt.”*

(Boverkets byggregler, 2011a).

Det finns olika typer av föroreningar i luften som kan ha stor negativ inverkan på luftkvalitén. Dessa delas upp i tre olika grupper dvs. gaser, partiklar och lättflyktiga organiska ämnen (VOC). I vår rapport kommer vi att fokusera på partiklarna, med tanke på dess stora utbredning och relevans i en träslöjdsal.

### 2.1.2 Luftburna partiklar

När en människa vistas i en lokal, så kan plötslig irritation upplevas i ögon, näsa och hals. Detta kan bero på de partiklar som genereras i inomhusluften pga. diverse aktiviteter. Storleken hos partiklarna är definierad som den aerodynamiska diametern av partikeln. Dessa kan delas upp och benämnas på följande sätt:

- Grova partiklar – större än 2,5  $\mu\text{m}$
- Fina partiklar – mindre än 2,5  $\mu\text{m}$
- Ultrafina partiklar – mindre än 0,1  $\mu\text{m}$

(Morawska & Salthammer, 2003).

De finare partiklarna som även kallas för  $PM_{2.5}$  uppkommer oftast vid aktiviteter där förbränning utförs. Medan de grövre partiklarna större än 2,5  $\mu\text{m}$  resulterar från mekaniska aktiviteter, likt de som utträttas i en träslöjdsal såsom slipning, svarvning och fräsning. När de gäller  $PM_{10}$ , har tidigare studier visat att det finns en direktförbindelse mellan antalet dödstal och just dessa partiklar (Dockery & Pope, 1993).

För att kunna veta hur partiklarna påverkar inomhusmiljön, är det viktigt att förstå hur de beter sig och transporteras under tiden de är luftburna. De grövre partiklarna genomgår en rad fysiska processer som i sin tur påverkar halten inomhus; deponering, uppvirvling och penetration genom klimatskalet, dörrar och fönster är några av de mer betydelsefulla (Morawska & Salthammer, 2003).

Deponering av partiklar innebär att partiklar som alstras i rumsluften lagras på en yta. För mindre partiklar är det vanligast att det sker genom diffusion. Det kan också uppstå en lokal nedsmutsning genom termodiffusion, den sker vid anslutningar där köldbryggor förekommer (Fuktskadeteknik, 2006). För större partiklar så sker deponeringen med hjälp av gravitationen som en drivande kraft, detta med tanke på att de är tyngre och därmed sedimenterar fortare. Därför är det vanligt förekommande att de större partiklarna ( $>PM_{100}$ ) ligger närmare föroreningskällan, med tanke på att de sedimenterar i en hastighet över 20 cm/s (Bohgard & Albin, 2008). En annan faktor som är viktig att beakta och som påverkar deponeringens utbredning, är storleken på

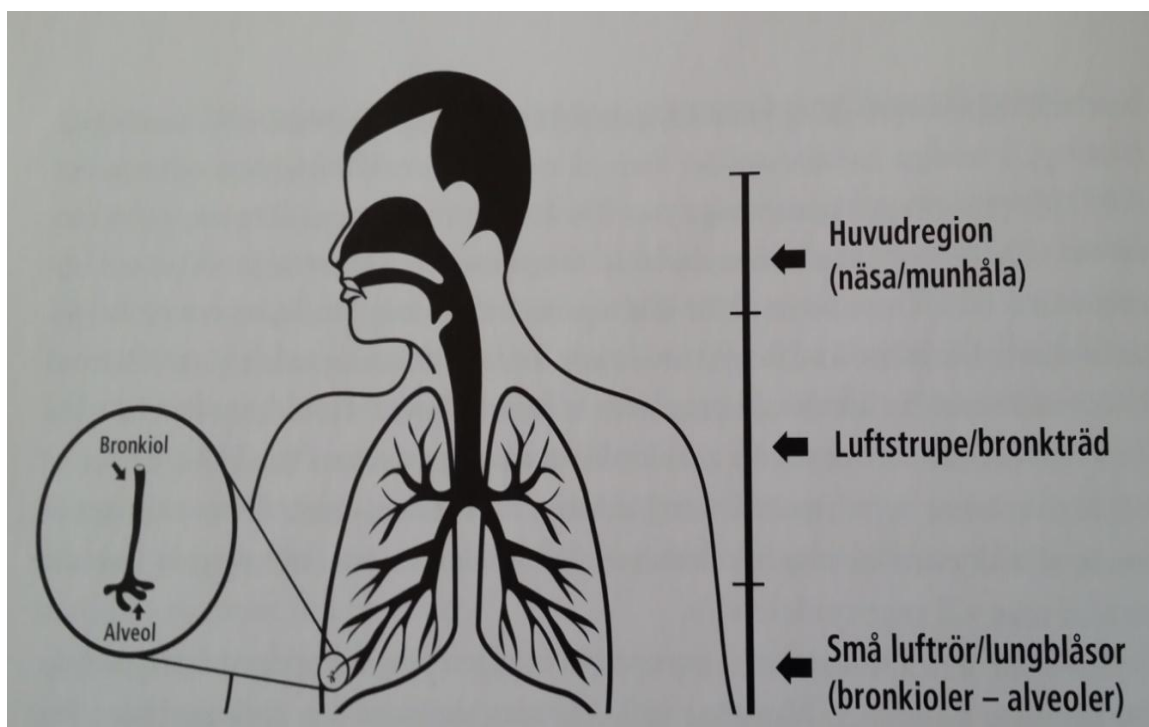
tillgängliga ytor och dess egenskaper dvs. om de är klibbiga, sträva etc. (Morawska & Salthammer, 2003).

Alla dessa partiklar som med hjälp av gravitationen har lagt sig på diverse ytor, kan sedan med en tillräckligt stor kraft bli luftburna igen. Denna process kallas för uppvirvling av partiklar. I ett vanligt rum så fungerar vanliga aktiviteter som drivande krafter t.ex. gång och lekande barn (Morawska & Salthammer, 2003). I t.ex. skolor förekommer torrstädning av dess lokaler varje dag, vilket i sin tur innebär att uppvirvling av sedimenterat damm uppstår till en viss grad (Folkhälsomyndigheten, 2014c).

Penetration genom klimatskalet syftar på de partiklar som transporteras från utomhusluften till inomhusluften. Transporten av partiklarna kan ske genom dörrar, fönster och även från otätheter såsom sprickor i själva klimatskalet (Morawska & Salthammer, 2003). Dock så får partiklarna som kommer från utomhusluften mindre betydelse för den totala koncentrationen, ifall det finns starka föroreningskällor inomhus (Folkhälsomyndigheten, 2014c). Partiklar från utomhusluften kan även komma in genom ventilationssystemet, dvs. genom tilluften (Folkhälsomyndigheten, 2014c).

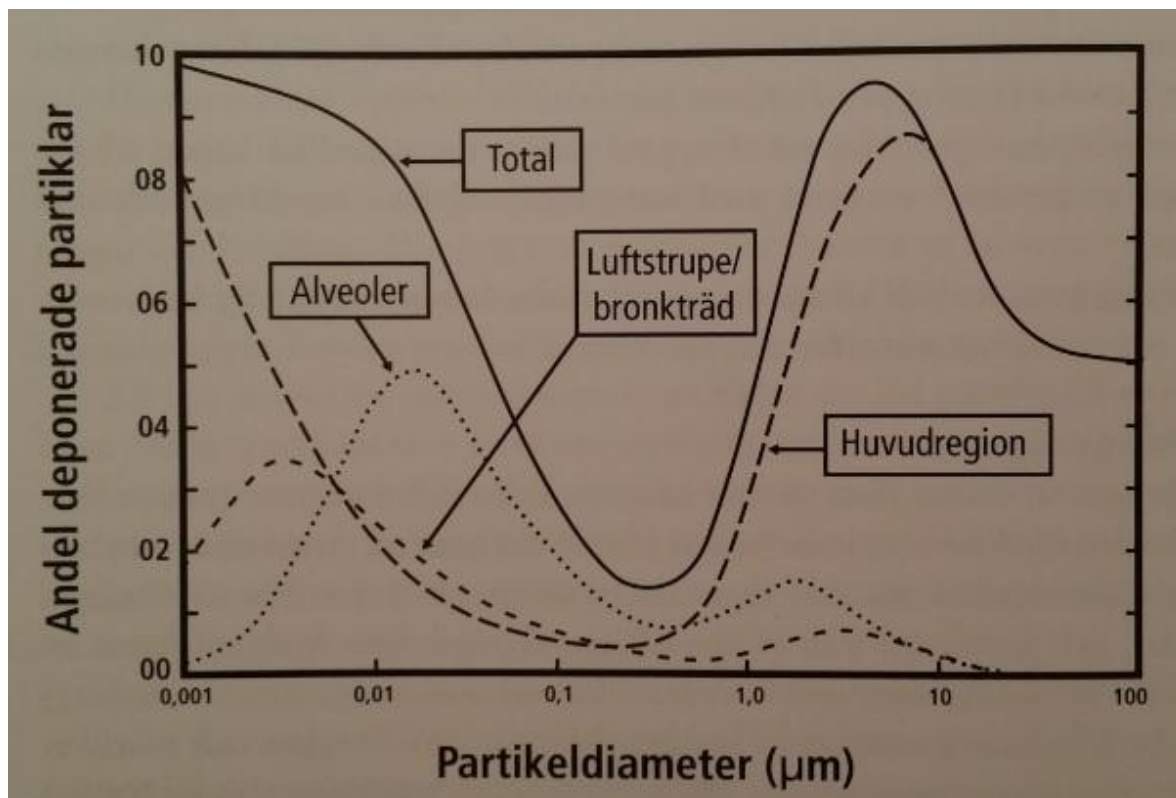
### 2.1.3 Hälsoeffekter på människan

Människans hälsa kan påverkas på olika sätt beroende på hur stora partiklarna är vid inandning.



**Figur 2.1** Principskiss av andningsvägarna. (Bohgard & Albin, 2008)

Figur 2.1 visar en principskiss på hur andningsvägarna hos en människa är uppdelade. Från huvudregionen ner till bronkträdet kan partiklar större än  $PM_5$  deponeras. Mindre partiklar än  $PM_5$  har förmågan att deponeras ända ner i lungblåsorna. Hur stor mängd partiklar vi andas in beror också på vilka aktiviteter vi utför. Under en arbetsdag där den fysiska ansträngningen är relativt låg så andas vi in mellan 10-16  $m^3$  luft. Medan en person som utför tyngre arbete kan andas in upp till 2-4 gånger mer luft (Bohgard & Albin, 2008).

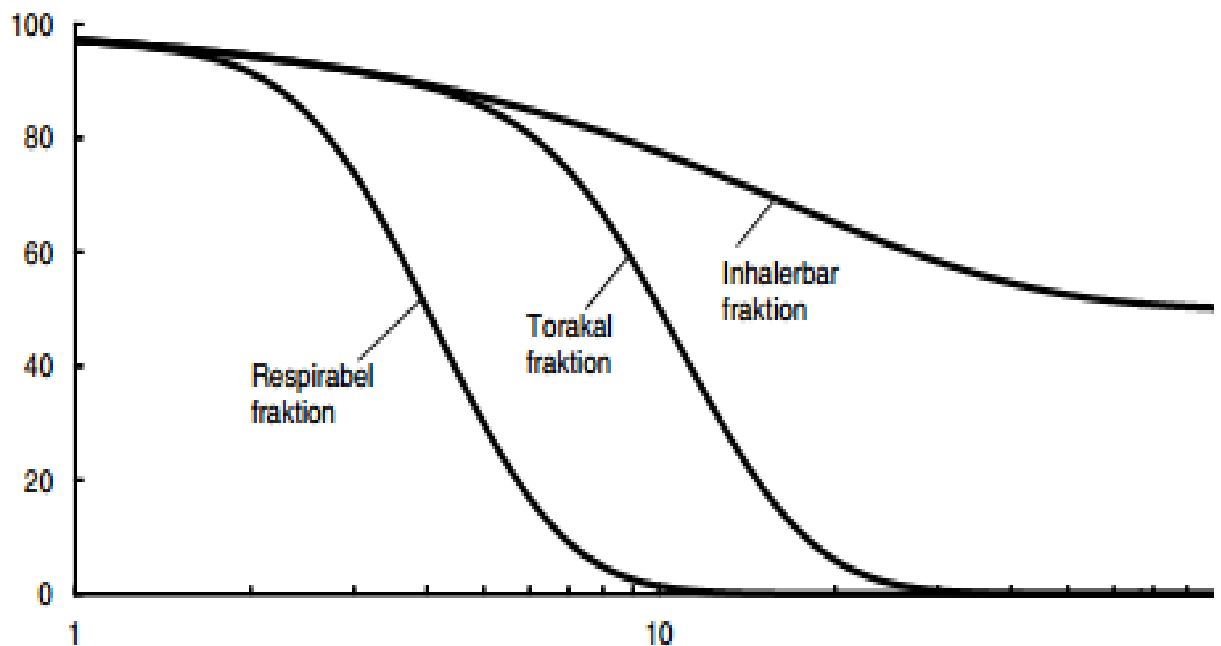


**Figur 2.2** Deposition i andningsvägarna. Sannolikheten för deposition i olika delar av andningsvägarna beror på partiklarnas storlek. (Bohgard & Albin, 2008)

Figur 2.2 illustrerar hur stor sannolikheten att partiklarna som andas in, deponeras i de olika delarna hos människans andningsvägar. För partiklar som är större än 5  $\mu m$ , kan vi se att de främst hamnar i huvudregionen. Anledningen till att kurvan dippar för partiklar som ligger mellan 0,1-1  $\mu m$ , är för att det är partiklar som hamnar i de övre delarna av luftstrupen, och dessa kan människan själv andas/hosta bort. Partiklar som är mindre än 0,1  $\mu m$ , dvs. de finare partiklarna kan med 50 % sannolikhet deponera i alveolerna. Dessa små partiklar utgör en hälsofara, med tanke på att de har lätt för att reagera med vävnader i vår kropp (Bohgard & Albin, 2008).

I en träslöjdsal kan trädamn utgöra en hälsorisk både vid inandning och genom hudpåverkan. När det gäller inandning har flest sjukdomsfall rapporterats för de övre andningsvägarna, där nästappa och rinnsnuva är de mest förekommande. Men även de nedre andningsvägarna kan påverkas, där följderna är astma, hosta och luftrörsinflammation (Arbetsmiljöverket, 2007). I värsta fall kan trädamn eventuellt leda till cancer i de övre andningsvägarna samt näsan (Cancerfonden, 2014).

Dålig städning är en ytterligare bidragande orsak för en sämre inomhusmiljö, som kan leda till hälsoeffekter. Allergi- och sjukdomsframkallande föroreningar finns det gott om inom industribranschen, och förekommer även i träslöjdsalar. Därför är det ytterst viktigt att även städpersonalen har koll på dessa föroreningar och vilka hälsoproblem de kan orsaka för de som vistas i en träslöjdsal och inte minst för städaren själv (Miljökontoret, 2014).



**Figur 2.3** Inhalerbart, torakalt och respirabelt damm. Där x-axeln visar aerodynamisk diameter ( $\mu\text{m}$ ) och y-axeln visar med vilken effektivitet (%) provtagaren fångar upp partiklar. (Arbetsmiljöverket, 2011)

I vår studie har vi använt oss av personburna mätningar, där vi mäter masskoncentrationen ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) med hjälp av en IOM-provtagare som kommer beskrivas mer detaljerat i metodbeskrivningen. Denna provtagare baseras just på Figur 2.3, som beskriver med vilken effektivitet som provtagaren fångar upp partiklar. I vårt fall mäter IOM-provtagaren inhalerbart damm dvs. de partiklar som har en aerodynamisk diameter upp till  $100 \mu\text{m}$ . Det innebär att de kommer fångas upp med en effektivitet på ungefär 50 % enligt Figur 2.3.

## 2.2 Ventilation och krav

Beroende på vilka aktiviteter en lokal är avsedd för, så ställs det olika krav på inomhusluften, och utifrån det anpassas ventilationssystemet.

*Tabell 2.1 Exempel på luftomsättning i olika verksamheter.  
(Modifierad från: Warfvinge & Dahlblom, 2010)*

Verksamhet	Luftomsättning (oms/h)
Bostäder	0,5
Kontorsrum	3
Dagis	3
Skolor	4
Badhus	4
Konferensrum	5
Restaurangkök	15
Operationssal	25
Laboratorium	25

I Tabell 2.1 ser vi hur luftomsättningen varierar inom olika verksamheter. För skolor ligger den på fyra oms/h, vilket innebär att luften skall bytas ut fyra gånger på en timme.

Kraven för vilka flöden som skall tillföras en lokal varierar beroende på om det är en lokal med endast personbelastning eller om det är en lokal där fysiskt arbete utförs. För stillasittande arbete i skolor rekommenderas minst ett tilluftsflöde på 7 l/s per person, sedan skall ett tillägg på 0,35 l/s per m<sup>2</sup> adderas om det finns andra föroreningskällor (Folkhälsomyndigheten, 2014d).

I vanliga fall då en kontroll skall göras på hur bra inomhusluften är, så används halten av koldioxid i luften som en indikator. Koldioxidhalten ökar då personbelastningen ökar i lokalen, och gränsvärdet som inte bör överskridas då är 1000 ppm (Arbetsmiljöverket, 2013). Arbetsmiljöverket har tagit fram föreskrifter på hygieniska gränsvärden, mer specifikt så finns det ett gränsvärde för inhalerbart damm inom kategorin trädam. Detta gränsvärde som mer korrekt kallas för nivågränsvärde ligger på 2000 µg/m<sup>3</sup>. Nivågränsvärdet baseras på en genomsnittshalt under en hel arbetsdag dvs. 8 timmar. Våra personburna mätningar som redovisas senare i arbetet, kommer att jämföras med just nivågränsvärdet (Arbetsmiljöverket, 2011).

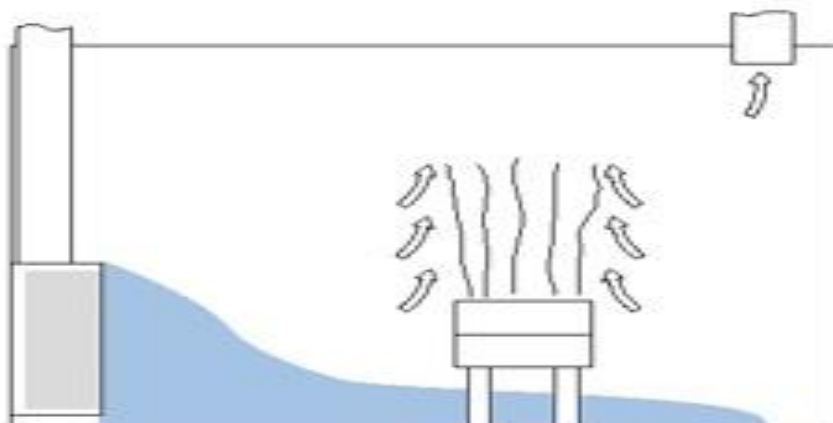
### 2.2.1 Ventilationstyper

Det finns två olika vanligt förekommande ventilationstyper som används i lokaler; omblandande ventilation och deplacerande ventilation. Dessa två typer kallas även för allmänventilation, dvs. att hela lokalen ventileras på samma sätt (Arbetsmiljöverket, 2014b).



*Figur 2.4 Omblandande ventilation i en bostad. (Fresh, 2014)*

Vid **omblandande ventilation** placeras tilluftsdonen högt upp, därifrån tillförs tilluften med hög hastighet. Tilluften är en aning kallare än rumsluften och sjunker därmed ner till golvytan. På så sätt blandas luften i rummet, vilket leder till att luftföroreningar som t.ex. koldioxidhalten reduceras (Warfvinge & Dahlblom, 2010).



*Figur 2.5 Deplacerande ventilation. (Repus, 2014)*

Med **deplacerande ventilation** så tillförs tilluften med låg hastighet. Donet placeras på sådant sätt att den kallare tilluften sprids ut över golvet, för att sedan komma i kontakt med något varmare och slutligen stiga. När det väl stiger så tar det även med sig de föroreningar som finns i rummet ut genom frånluftsdonen som placeras högt upp (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

### 2.2.1.1 Processventilation

För att inte överbelasta allmänventilationen, så kompletterar man idag med processventilation i lokaler där stora mängder av föroreningar förekommer. Denna typ av ventilation har i uppgift att omgående ta hand om de föroreningar som bildas vid föroreningskällan. I Arbetsmiljöverkets föreskrift 2009:02 som handlar om arbetsplatsens utformning nämns följande:

*”25 § Processventilation ska finnas där föroreningskällan så kräver. Den ska vara effektiv och utformad efter hur farlig luftföroreningen är. Den ska vara fast installerad vid arbetsplatser där processventilation behövs mer än tillfälligt och där arbetet så medger. I annat fall ska mobilt utsug användas...”*

(Arbetsmiljöverket, 2013).



**Figur 2.6** Punktutsug vid slipmaskin i träslöjdsalen på Tunaskolan.



Processventilation skall alltså utformas på olika sätt beroende på vilken typ av föroreningar som bildas. De vanligaste processventilationerna som används är:

- Dragbänkar
- Sprutboxar
- Punktutsug
- Dragskåp

Helst så rekommenderas det att kapsla in en process som genererar föroreningar. Dock är detta svårt att genomföra vid träarbete pga. maskinens utformning och risken för skador, därför är det mest lämpligt att använda sig utav punktutsug.

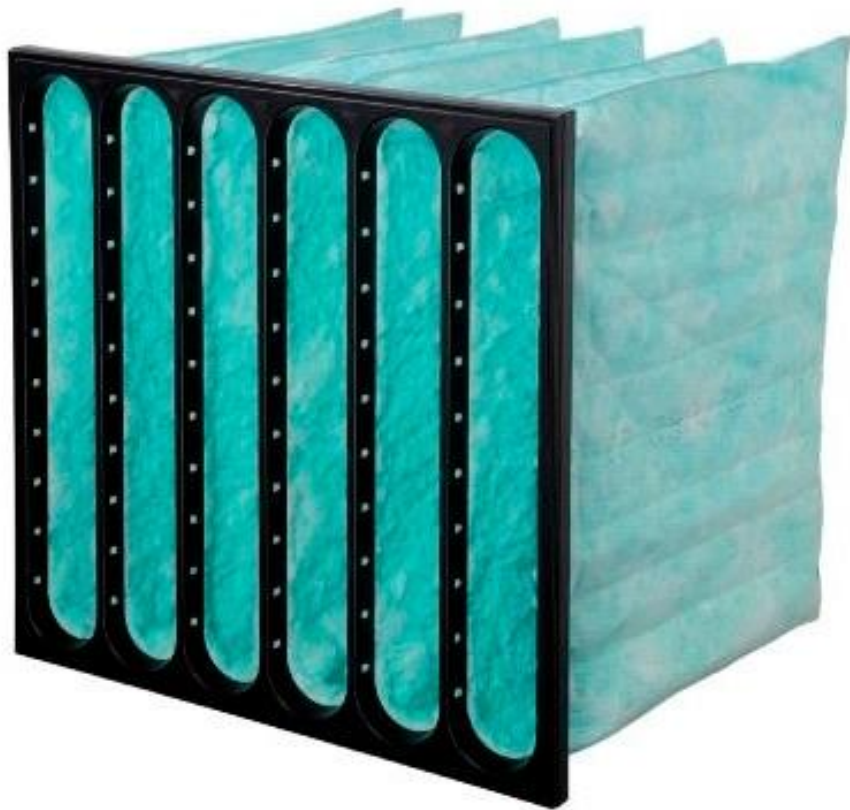
Det är viktigt att punktutsuget placeras så nära föroreningskällan som möjligt, med tanke på att utsuget har en kort räckvidd utanför öppningen (Arbetsmiljöverket, 2013). Även tillräcklig infångningshastighet krävs och då behöver man studera föroreningens spridningshastighet i detalj, som i sin tur påverkas av hastigheten i den omgivande luften. Faktorer som kan påverka lufthastigheten är följande:

- Termiska luftströmmar från kalla och varma ytor
- Maskiners rörelse
- Personers rörelse

(Arbetsmiljöverket, 2013).

### 2.2.2 Filter

För att kunna uppfylla de krav som finns på luften inomhus så används filter antingen i ventilationssystemet eller som luftrenare i lokaler. Filtrens uppgift är att filtrera bort de skadligaste partiklarna för att säkerställa människans komfort inomhus. Det finns olika sätt att avskilja partiklarna, antingen mekaniskt eller elektrostatiskt. Mekanisk avskiljning sker genom tröghetspåverkan, interception och diffusion. Vi kommer inte gå in mer detaljerat på hur dessa mekanismer fungerar, dock så är funktionen för dessa mekanismer likartad dvs. att partiklar fastnar. När det gäller den elektrostatiske avskiljningen så fungerar det på så sätt att partiklarna joniseras, för att därefter filtreras. Problemet med denna metod är att laddningen kan påverkas av fukt och nedsmutsning. Därför är det viktigt att lokalen inte utsätts för höga fukthalter och att rengöring av filtren görs med jämna mellanrum (Warfvinge & Dahlblom, 2010).



**Figur 2.7** Finfilter vid filtrering av utomhusluften. (*Ventilationsfilter, 2014*)

### 2.2.3 Luftrenare

Vid de situationer då det genereras stora mängder föroreningar, räcker det oftast inte med allmänventilationen samt processventilationen. Då är det bra om man kompletterar med en luftrenare.

#### 2.2.3.1 Maxivent luftrenare

Under tiden som det har kommit klagomål om luftkvalitén i den studerade träslöjdsalen, har luftreningen skett genom en s.k. Maxivent luftrenare. Dess uppgift är att rena luften från de partiklar som genereras från de olika aktiviteterna som utförs i just träslöjdsalen. Enligt produktbeskrivningen för Maxivent, filtreras partiklarna i tre steg. Först används ett förfilter som tar hand om de grövre partiklarna. Därefter kommer ett aktivt kolfilter som eliminerar dålig lukt. Slutligen kommer ett mikrofilter som filtrerar bort 99,98 % av antalet partiklar, se Bilaga 1.

För att luftrenaren skall fortsätta vara effektiv och reducera partikelhalten i luften, är det viktigt med underhåll av filtren i form av reparationer och byten. Risken vid uteblivet underhåll, är att filtret täpps igen och en reduktion av uppsamlingsförmågan sker.

### *2.2.3.2 Luftrenare från Cair AB*

Under maj månad så fick Tunaskolan låna in sex stycken Cair luftrenare med DEP-filer. Till skillnad från Maxivent är dessa luftrenare tystare och förbrukar dessutom mindre energi. Anledningen till att man lånade in dessa, var för att se om eleverna och främst lärarna upplevde någon förbättring av inomhusluften. DEP filterteknologin använder sig av ett tvåstegs elektrofilter. I det första steget finns det en kolfiberborste. Denna är elektriskt ansluten mot en aluminiumring med en tillräckligt hög spänning så att joner kan bildas, dess uppgift är att tillföra mikropartiklarna med en elektrisk laddning. I det andra steget fälls dessa elektriskt uppladdade partiklarna ut på filterkassetten, när dessa med hjälp av luftströmmen passerar filtret, se Bilaga 2 för mer information (Cair, 2014).

## 3 Metodbeskrivning

Syftet med detta examensarbete, är att få en förståelse över vad som bidrar till den påstådda dåliga inomhusluften i träslöjdsalen. För att få den information som behövs till vår studie, har vi valt att utföra följande delar:

- Mätningar (Partiklar och luftomsättning)
- Enkätundersökning
- Okulär besiktning och intervjuer

### 3.1 Mätningar

Vilka mätmetoder som väljs beror självklart på syftet med mätningen. I vår rapport har vi valt att ta med både stationära mätningar som är mer lokal-baserade och personburna mätningar som är individbaserade. Med de stationära mätningarna undersöktes mass- och antalkoncentrationen, samt storleksfördelningen av partiklarna i träslöjdsalen på Tunaskolan, både före och efter montering av nya luftrenare. Stationära mätningar gjordes också i syslöjdsalen. Mätning av luftomsättningen genomfördes, för att sedan kunna jämföra hur det förhåller sig till dagens krav och rekommendationer. De personburna mätningarna genomfördes förutom på lärare i träslöjd även på lärare i syslöjd och vanliga lektioner samt en städare.

#### 3.1.1 Plats av mätningar

Mätningarna genomfördes på Tunaskolan i Lund, som byggdes under 1960-talet. I Tunaskolan finns ett från- och tilluftssystem för allmänventilation. Alla salar där mätningarna genomfördes var placerade på markplan. Träslöjdsalen har en rumsvolym på 302 m<sup>2</sup>.

#### 3.1.2 Stationära mätningar

För att få en förståelse om hur partiklarna varierar i antal och storlek i träslöjdsalen, har vi valt att utföra fem stationära mätningar under olika lektionstillfällena. Förutom mätningar i träslöjdsalen har vi även utfört mätningar i syslöjdsalen, detta för att kunna göra en jämförelsestudie. Mätningarna gjordes under fem tillfällen, varav ett av tillfällena inkluderade en spårgasmätning för att bestämma luftomsättningen. Tiden för varje stationär partikelmätning varierade beroende på hur långt lektionstillfället var, men i genomsnitt varade mätningarna 90 min. Mätningssinstrumenten placerades i mitten av varje sal på bordshöjd, för att få en representativ genomsnittlig mass- och antalkoncentration av de luftburna partiklarna.

**Tabell 3.1** Datum för gjorda stationära mätningar, vilken lokal samt vilka mätningssinstrument som användes.

Datum	Träslöjd	Syslöjd	APS	DustTrak	P-Trak	Spårgas
25/03-14		x		x	x	
26/03-14	x	x		x		
27/03-14	x			x	x	
24/04-14	x		x	x	x	
15/05-14	x		x	x	x	x

En mätning uteblev (20/05-2014), p.g.a. att träslöjdsalen skulle genomgå en renovering och därmed hade de ansvariga för renoveringen varit tvungna att stänga av allmänventilationen. Vi har endast gjort en mätning med de nya luftrenarna, denna genomfördes den 15/05-2014. Varje mätning varade under ett lektionstillfälle, dvs. då det fanns aktiviteter och personbelastning, förutom den mätning som utfördes den 27/03-2014 i träslöjdsalen där vi inte hade någon personbelastning. Under mätningens gång antecknade vi våra observationer, vi kom även fram till gemensamt med läraren att de skulle utföra liknande aktiviteter de två sista mätningarna, för att kunna göra en jämförelsestudie med en relativt likartad generering av partiklar.

### 3.1.2.1 Partikelmätningar

Med våra mätningssinstrument har vi kunnat mäta både masskoncentrationen ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) och koncentrationen av antalet partiklar ( $\text{partiklar}/\text{cm}^3$ ).

- APS (Aerosol Particle Sizer)
- DustTrak
- P-Trak

Med mätningssinstrumentet **APS** mättes den aerodynamiska diametern hos partiklarna och även koncentrationen av antalet partiklar. Partiklar som detekteras i instrumentet kan variera mellan 0,8 – 20  $\mu\text{m}$  i storlek. Det som händer är att instrumentet mäter tiden det tar för partikeln att accelerera mellan ett system av laserstrålar, för att på så sätt kunna bestämma storleken på partiklarna. (Folkhälsomyndigheten, 2014c). Framtagning av masskoncentrationen från APS, har gjorts genom att anta en densitet på 1  $\text{g}/\text{cm}^3$  för partiklarna vid konverteringen från antalkoncentrationen.

**DustTrak** mäter masskoncentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) i ett intervall för partiklar med den aerodynamiska diametern 0,1-10  $\mu\text{m}$ . Vilket innebär att man får med både de grövre partiklarna och de finare partiklarna i mätningresultaten. Masskoncentrationen tas fram genom att mäta ljusintensiteten, där en laserstråle

belyser partiklarna som sprider olika mängd ljus beroende på antalet och storleken. En del av det spridda ljuset samlas sedan upp i en detektor som omvandlar det spridda ljuset till spänning. Med en mikroprocessor avläses spänningen, och omvandlas till masskoncentration genom att korrigeras med en intern kalibrerings konstant. De värden som man får fram är dock approximerade värden, och anledningen till att mätinstrumentet inte visar exakt värde beror bland annat på kalibreringen av mätningssinstrumentet och partiklarnas brytningsindex (Wierzbicka, 2008).

**P-Trak** är ett mätningssinstrument som mäter partikelhalten (partiklar/cm<sup>3</sup>). Den detekterar partiklar inom intervallet 0,02-1 µm, dvs. förutom de finare partiklarna tar den även med de ultrafina partiklarna som är mindre än 0,1 µm. I P-Trak finns ett prov som är mättat med en alkohol. Provet kyls sedan ner till en temperatur mellan 17-25 °C, för att sedan genom kondensering få partiklarna att växa. Partiklarnas spridning av ljus detekteras sedan genom att en laserstråle passerar provet (Wierzbicka, 2008).

### 3.1.2.2 Spårgasmätning

Spårgasmätningen gjordes med medicinsk lustgas  $N_2O$ , och syftet med denna mätning var att bestämma luftomsättningen i den studerade lokalen, i vårt fall träslöjdsalen. Proceduren går ut på att tillföra en beräknad mängd lustgas i lokalen, som med tiden kommer att avta pga. läckage i klimatskalet, mekanisk ventilation och eventuell vädring (Nordquist, 1998). När vi genomförde spårgasmätningen, kontrollerades att alla fönster och dörrar var stängda för att förhindra vädring.

Det finns tre olika sätt att utföra en spårgasmätning på:

- Konstant spårgasflöde
- Konstant spårgasnivå
- Spårgasavklingning

Vi genomförde vår mätning med spårgasavklingning, detta med tanke på att det är en metod som vi är bekanta med sedan tidigare från en kurs under vår utbildning. Metoden med spårgasavklingning går ut på man tillför en beräknad mängd lustgas  $N_2O$  i lokalen, som sedan avtar vilket vi nämnde tidigare. För att kunna veta hur gasen avtar, används mätslangar som sensorer.



*Figur 3.1 Spårgasmätning där fyra stycken mätslangar hängs upp på stativ.*

Mätslangen delas upp i flera grenar, varvid alla sätts upp på ett varsitt stativ som vi har spridit ut i lokalen, se figur 3.1. Dessa kopplas till en gasanalysator, där spårgaskoncentrationen bestäms, som i sin tur är kopplad till en skrivare. För att denna mätning skall vara någorlunda representativ för vilken luftomsättning som finns i lokalen, krävs det perfekt omblandning av lustgasen. Till vår hjälp använde vi oss utav två stycken fläktar som vi placerade på godtyckliga platser i bordshöjd. Slutligen fick vi en linjär kurva som skrivaren tar fram, denna visar just hur lustgasen avtar i rummet. Med hjälp av denna kurva kunde vi sedan bestämma vilken luftomsättning lokalen har. För säkerhets skull genomförde vi spårgasmätningen två gånger.

### 3.1.3 Personburna mätningar

För att komplettera de stationära mätningarna, har vi blivit tillhandahållna resultat från de personburna mätningarna med IOM-provtagare. Dessa mätningar gjordes under uppsyn av två italienska studenter, Valeria Rizza och Jessica Gabriele, som under vårterminen 2014 gjorde ett projekt genom Erasmus utbytesprogram. Förutom mätningar på lärare i träslöjd, utförde de även mätningar på lärare i syslöjd och vanliga klassrum samt en städare.



**Figur 3.2** Exempel på placering av en IOM-provtagare på en testperson.  
(Emproco, 2014)

Till sin hjälp använde de IOM-provtagare, denna utrustning mäter inhalerbara partiklar (IPM), dvs. de partiklar som har en aerodynamisk diameter upp till 100  $\mu\text{m}$ . Detta är partiklar som kan komma in till andningsvägarna genom näsa och mun (Galsonlabs, 2014). Innan en mätning påbörjas så vägs filtret som skall fånga in luftburna partiklar, därefter placeras själva utrustningen inom testpersonens andningszon som i Figur 3.2.



*Tabell 3.2 Datum för gjorda personburna mätningar, provnummer, tid för mätning samt vilken typ av lektion*

Datum	Provrnr.	Starttid (tt:mm)	Sluttid (tt:mm)	Typ av lektion
09/05-14	1	08:00	13:45	Syslöjd
09/05-14	2	08:00	15:30	Vanlig lektion
12/05-14	3	08:10	13:24	Vanlig lektion
12/05-14	4	08:10	13:39	Vanlig lektion
13/05-14	5	09:00	14:50	Träslöjd
13/05-14	6	08:20	14:40	Träslöjd *
14/05-14	7	08:00	15:00	Syslöjd *
14/05-14	8	08:00	15:40	Vanlig lektion
15/05-14	9	08:40	14:30	Städare
15/05-14	10	08:30	14:30	Vanlig lektion

\* Innebär att mätningen gjordes på lärare i en annan sal, än den ursprungliga salen från den stationära mätningen.

Under mätningens gång så suger filtret in luft med hastigheten 2 l/min (Emproco, 2014). Efter mätningen så vägs filtret ännu en gång, därefter beräknas den mängd luft som har strömmat igenom filtret. Slutligen för att få masskoncentrationen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) så divideras viktökningen ( $\mu\text{g}$ ) av filtret med den totala beräknade volymen ( $\text{m}^3$ ) luft som strömmat igenom provtagaren.

Sammanlagt gjordes det tio stycken mätningar på olika lärare under olika lektionstillfällen som frivilligt ställde upp, varav en mätning gjordes på en städare. Tiden för varje mätning varierade beroende på hur lång arbetsdag testpersonen hade, men tidsmedelvärdet för mätningarna hamnade på 370 min, vilket motsvarar lite mer än 6 timmar. Viktigt att påpeka är att ena mätningen gjordes i träslöjdsalen med de nyinstallerade luftrenarna och den andra mätningen i en träslöjdsal med de gamla luftrenarna.

### 3.2 Enkätundersökning

När det råder problem med inomhusklimatet, är det av stort värde att fråga de som vistas i lokalen om de olika problemen de upplever. Därför skapade vi en egen enkät utifrån Örebromodellen (Inomhusklimat, 2014). Med hjälp av vår enkät undersöktes hur lärarna och eleverna upplever samt reagerar på skolmiljön, i vårt fall träslöjdsalen. Syftet med enkätundersökningen är att få reda på om deras upplevda besvär, möjligtvis har någon koppling till partiklarna i träslöjdsalen. Målgruppen som vi fokuserade på var träslöjdlärarna och eleverna som vistas i träslöjdsalen. Eftersom inomhusklimatet beror på en mängd

olika faktorer så finns det många frågor som kan ställas. Vi har dock försökt att begränsa antalet frågor och fokuserat på de som är avgörande när det gäller trivseln i skolmiljön. Detta p.g.a. att en enkät kan upplevas som tråkig att besvara om den är för lång, speciellt för eleverna. Sammanlagt delade vi ut 40 stycken enkäter under olika lektionstillfällen. Enkätens utformning finns att studera i sin helhet, se Bilaga 3.

### **3.3 Okulär besiktning och intervjuer**

Den 28 februari 2014, besökte vi Tunaskolan för att genomföra en okulär besiktning av träslöjdsalen. Tillsammans med lärare från Tunaskolan och en anställd från Lunds kommun, diskuterade vi även gemensamt vilka problem som upplevs i salen. Speciell hänsyn togs till utförda aktiviteter, placering av luftdon, utformning av inredning och maskiner samt städning. Vi tog egna bilder på plats för att illustrera våra observationer.

## 4 Resultat

Här kommer en sammanställning av resultaten från mätningarna, enkätundersökningen och den okulära besiktningen.

### 4.1 Mätningar

I detta avsnitt redovisas resultat från partikelmätningarna och spårgasmätningen.

#### 4.1.1 Partikelmätningar

##### 4.1.1.1 Masskoncentration och antalkoncentration

I metodbeskrivningen nämndes det att de stationära mätningarna genomfördes under fem tillfällen. Dock har endast de två sista mätningstillfällena kontrollerats med hänsyn till vilka aktiviteter som utförs. Jämförelsestudien baseras på dessa två mätningar, d.v.s. 24/04-2014 och 15/05-2014, där det senare datumet är med de nya luftrenarna.

*Tabell 4.1 Resultat från mätningar med DustTrak ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).*

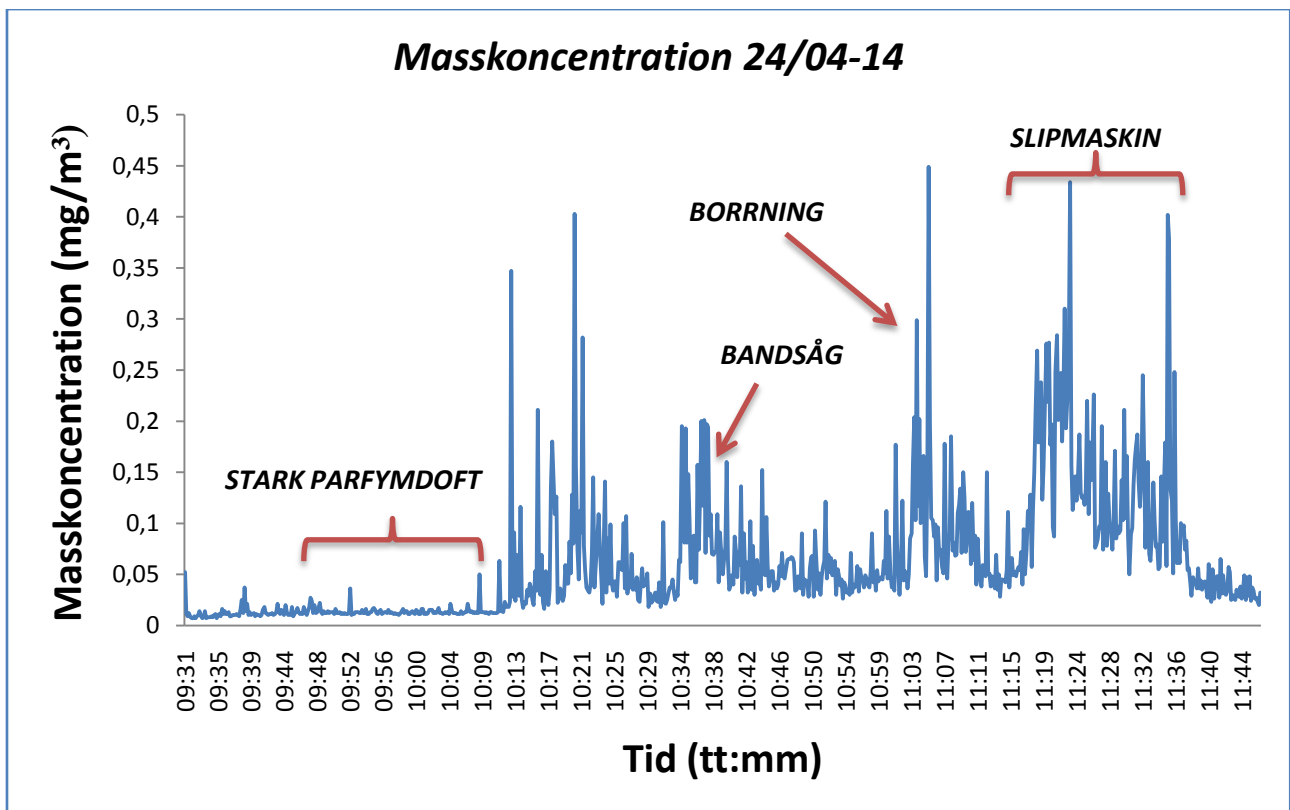
Datum	Typ av sal	Medel ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Max ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Min ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
25/03-2014	Syslöjd	41	649	8
26/03-2014	Syslöjd	61	450	8
26/03-2014	Träslöjd	237	1314	29
27/03-2014	Träslöjd	154	1876	12
24/04-2014	Träslöjd	61	449	7
15/05-2014	Träslöjd	57	461	7

I Tabell 4.1 och 4.2 visas resultaten från DustTrak respektive P-Trak, där redovisas både det lägsta och högsta värdet, men även medelvärdet för hela mätningen. Observera att masskoncentrationen inte förändras signifikant efter montering av nya luftrenare, då aktiviteterna i träslöjdsalen var kontrollerade. Något som är intressant att notera är att masskoncentrationen skiljer sig mycket mellan 26/03-2014 och 24/04-2014, med tanke på att gamla luftrenare verkade under båda lektionerna. Detta kan bero på att inte samma aktiviteter utfördes, men även att maskinerna användes med olika intensitet.

Tabell 4.2 Resultat från mätningar med P-Trak (pt/cm<sup>3</sup>).

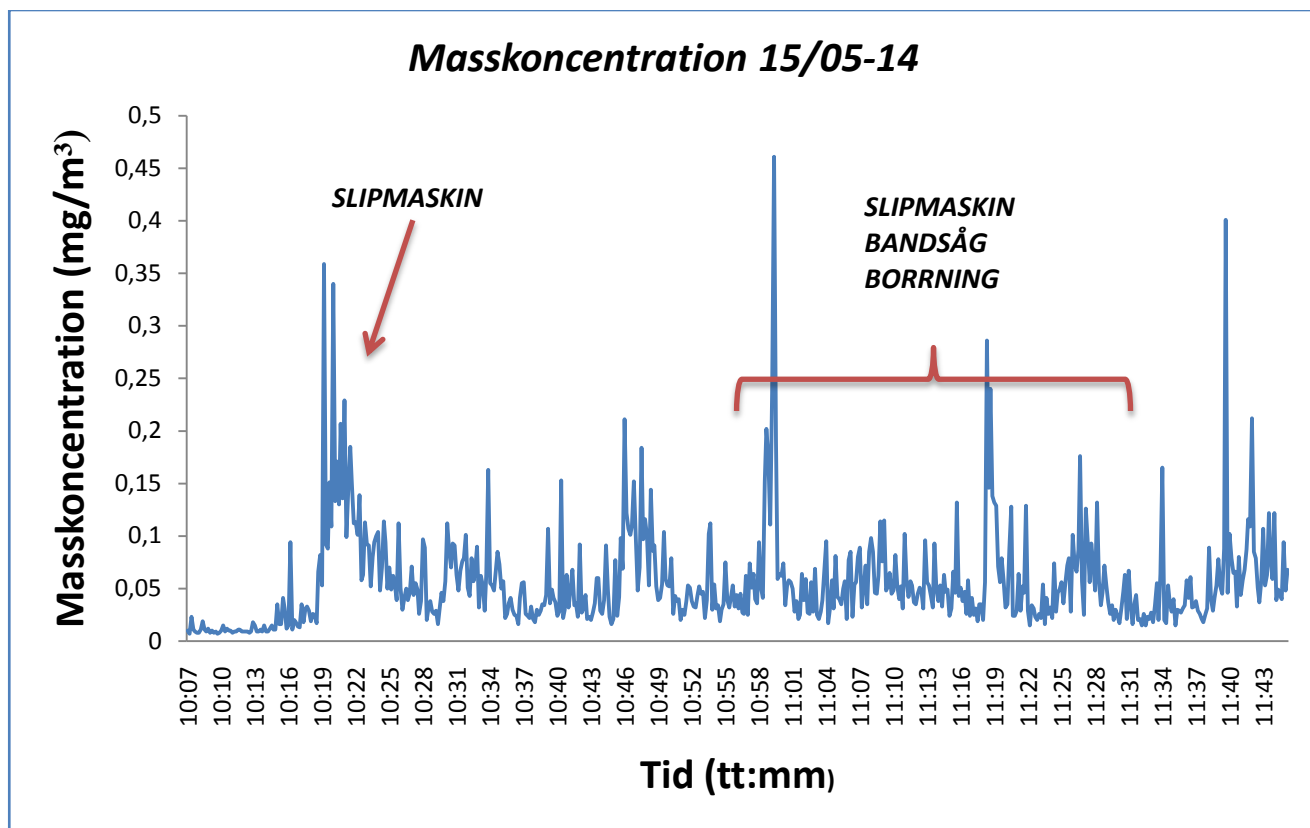
Datum	Typ av sal	Medel (pt/cm <sup>3</sup> )	Max (pt/cm <sup>3</sup> )	Min (pt/cm <sup>3</sup> )
25/03-2014	Syslöjd	6700	16900	1800
27/03-2014	Träslöjd	14300	52400	1800
24/04-2014	Träslöjd	25000	136900	2200
15/05-2014	Träslöjd	8600	33700	400

Med mätdata från DustTrak och P-Trak har diagram tagits fram, som visar hur både masskoncentrationen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) och antalkoncentrationen ( $\text{pt}/\text{cm}^3$ ) varierar över tiden. I metodbeskrivningen förklarades kortfattat att DustTrak ger approximerade värden, vilket innebär att det verkliga värdet kan vara antingen högre eller lägre. Det ger dock information om att masskoncentrationen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ökar p.g.a. någon aktivitet. I diagrammen är det markerat vilken typ av maskin som användes just då. Båda lektionerna innefattade samma klass och därmed utförde de liknande aktiviteter. Den lektion som hölls den 24/04-2014 hade gamla luftrenare medan den lektion som hölls den 15/05-2014 var med de nya luftrenarna.



Figur 4.1 Masskoncentrationen i träslöjdsalen 24/04-2014 med Maxivent luftrenare.

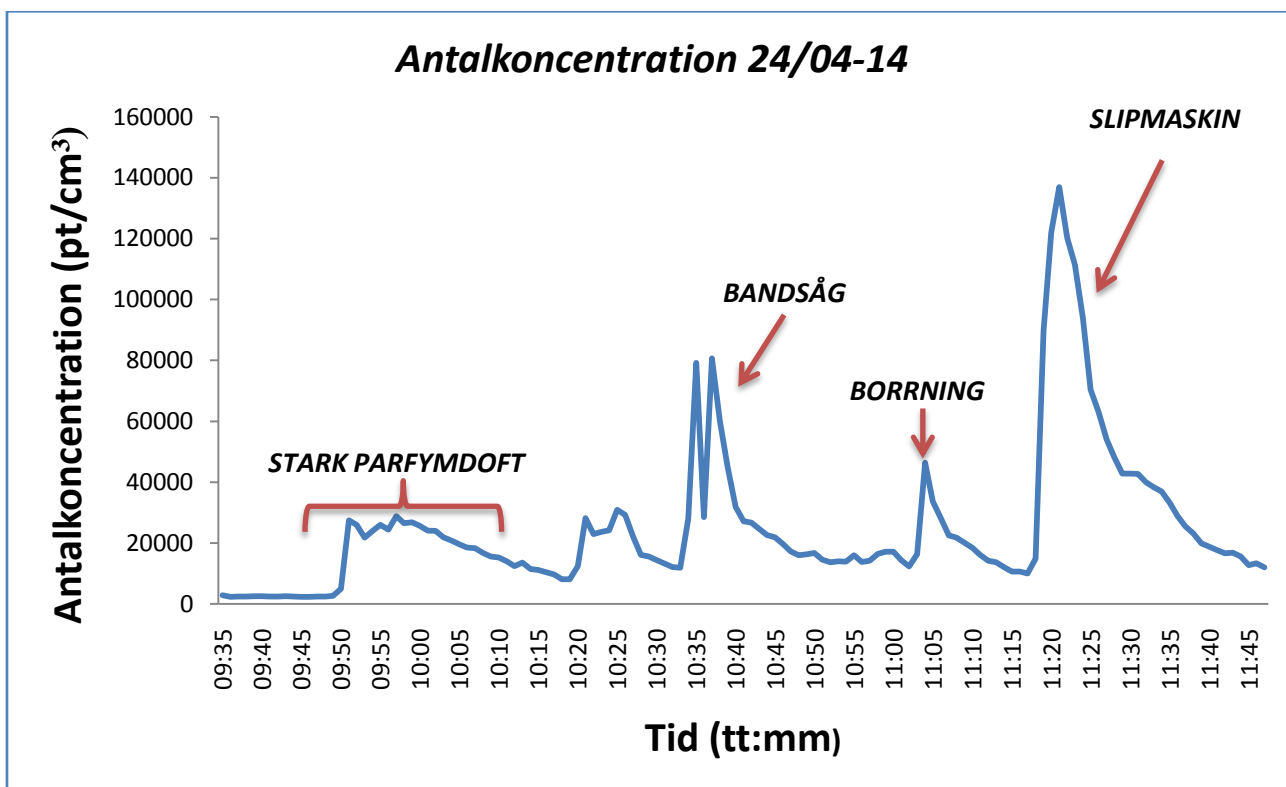
Figur 4.1, illustrerar hur masskoncentrationen ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) varierar med tiden, och även vilka maskiner såsom bandsåg, bormaskin och slipmaskin som användes under en viss tid. Dessa aktiviteter bidrar troligtvis till en ökning av masskoncentrationen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



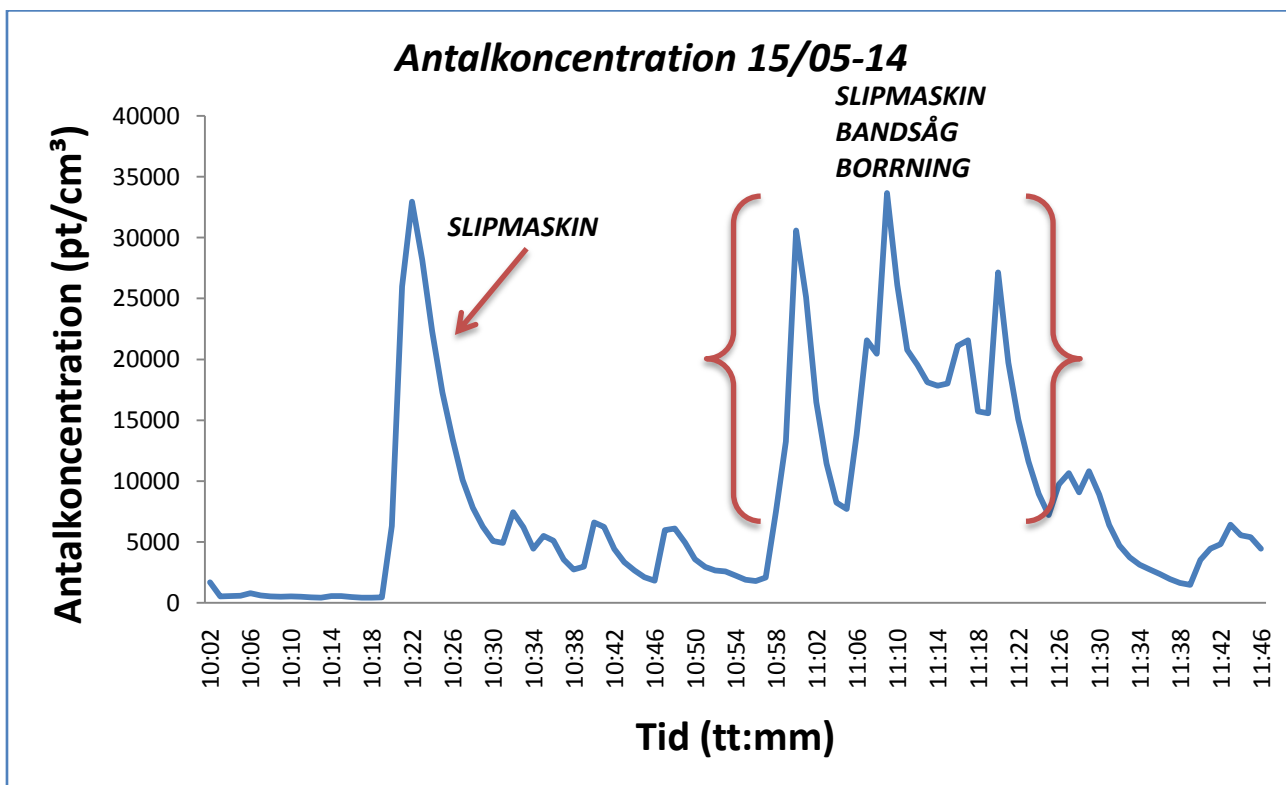
**Figur 4.2** Masskoncentrationen i träslöjdsalen 15/05-2014 med luftrenare från Cair AB.

Om en jämförelse görs på hur masskoncentrationen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) varierar mellan dessa två lektioner, observeras det att de ligger på en likartad nivå, vilket även kan bekräftas i Tabell 4.1. Viktigt att påpeka är att utöver dessa maskiner så utträttades handarbete av eleverna vid arbetsbänkarna såsom, hyvling och putsning med sandpapper. Med tanke på att vi inte hade någon kontroll över vilka aktiviteter som gjordes i de tidigare mätningarna, har en jämförelsestudie inte kunnat göras.

Nästföljande två diagram presenterar antalkoncentrationen ( $\text{pt}/\text{cm}^3$ ). Utifrån mätningarna med DustTrak observeras det att masskoncentrationen ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) är ungefär densamma, men om en jämförelse görs mellan Figur 4.3 och Figur 4.4, fås en relativt stor skillnad i antalkoncentrationen ( $\text{pt}/\text{cm}^3$ ). I Tabell 4.2 kan redovisas att max- och medelvärdet är mycket mindre för den mätning som utfördes 15/05-2014. Detta är alltså då som träslöjdsalen hade de nya luftrenarna.



*Figur 4.3* Antalkoncentrationen i träslöjdsalen 24/04-2014 med Maxivent luftrenare.

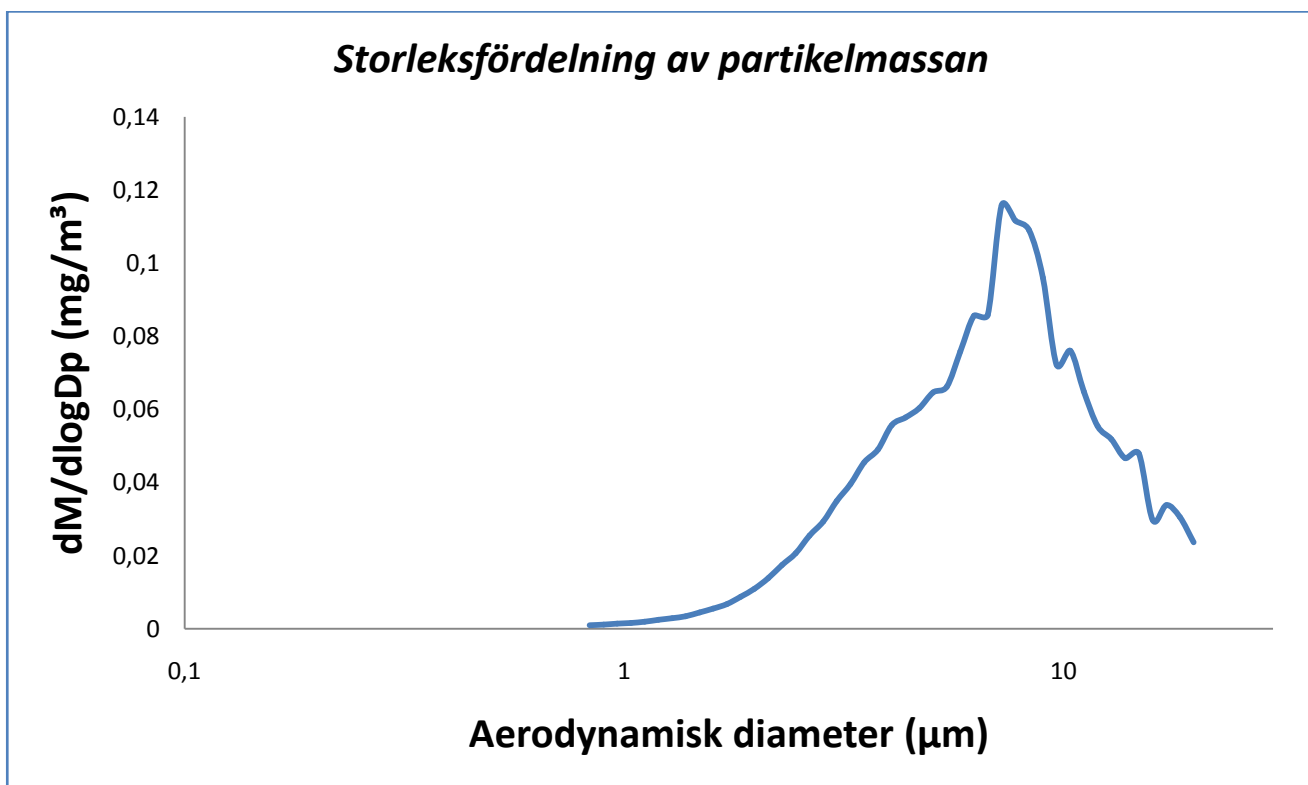


*Figur 4.4* Antalkoncentrationen i träslöjdsalen 15/05-2014 med luftrenare från Cair AB.

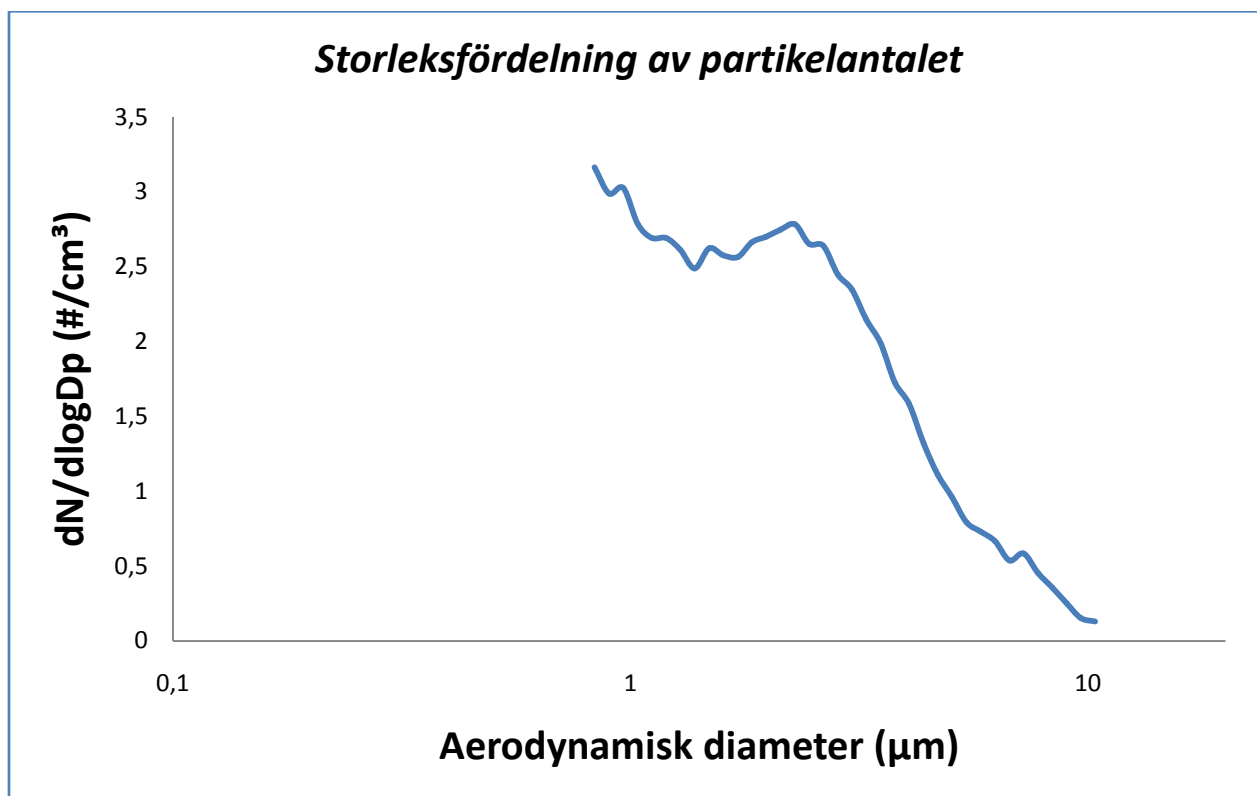
#### 4.1.1.2 Storleksfördelning av partiklar

För att veta vilka partiklar som förekommer mest samt vilka partiklar som utgör störst massa, är det lämpligt att undersöka storleksfördelningen av partiklarna. Inom aerosolteknologi är det vanligast att man använder sig av en lognormalfördelad kurva, detta med tanke på att det ger en bättre passform än en normalfördelad kurva (TSI, 2014). Det som sker är att en normalisering av storleksintervallet görs.

De storleksfördelningar som studerats baseras antingen på antalet partiklar eller på massan. Analys av rådata med antalet partiklar och masskoncentrationen från APS gjordes, där studerades under vilket tidsintervall högst utslag skedde samt vilken aktivitet som påverkade. Utifrån det tidsintervallet togs storleksfördelningar fram, just för att kunna se vilken typ av partiklar som är mest förekommande samt vilka partiklar som utgör störst del av totalmassan.



**Figur 4.5** Storleksfördelning av medelmasskoncentrationen mellan 11:10-11:40 den 24/04-2014 vid användning av slipmaskin.



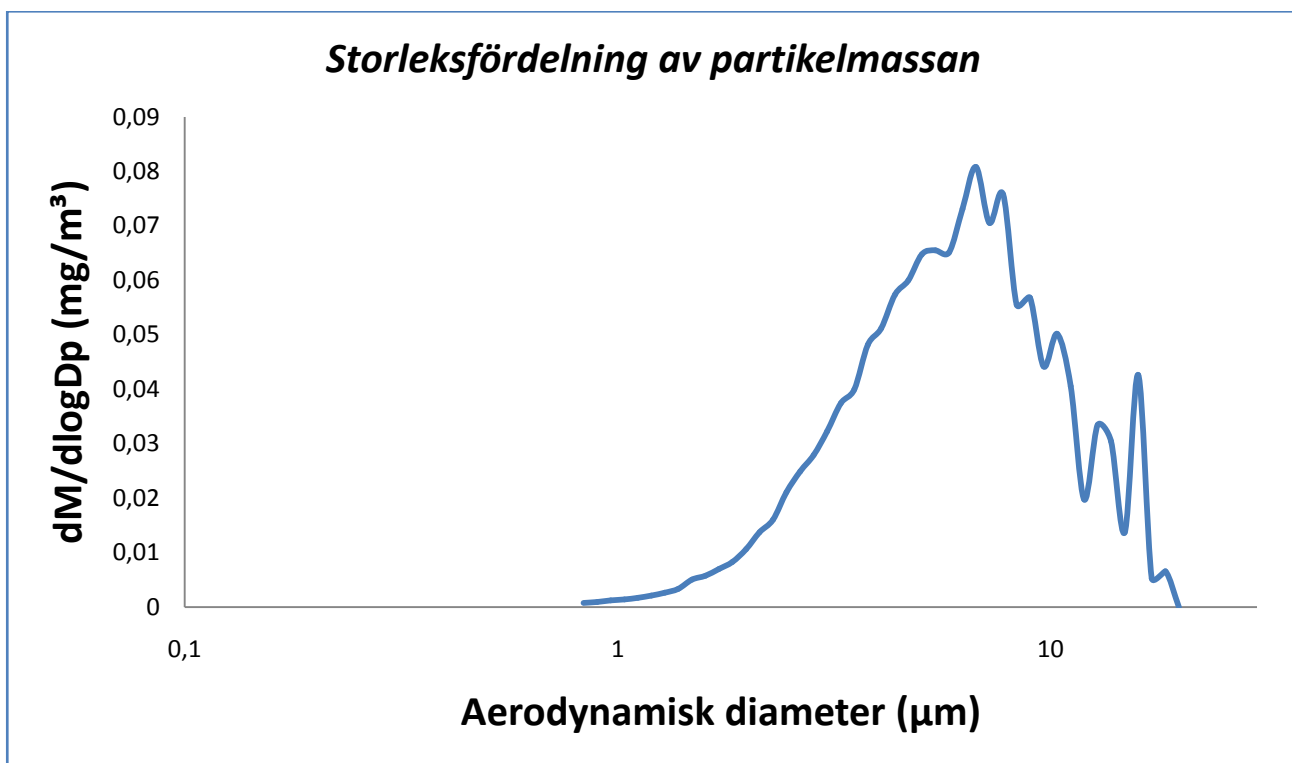
**Figur 4.6** Storleksfördelning av medelantalkoncentrationen mellan 11:10-11:40 den 24/04-2014 vid användning av slipmaskin.

I Figur 4.5 och 4.6 visas storleksfördelningar för ett visst tidsintervall, mer specifikt då slipmaskinen var igång den 24/04-2014. Figur 4.5 visar att partiklar med en aerodynamisk diameter större än 6 µm utgör störst del av den totala massan. Detta innebär inte att det dessa partiklar utgör majoritet till antalet. Därför studeras även Figur 4.6, där observeras att partiklar med en storlek mellan 0,8- 2,5 µm är de mest förekommande.

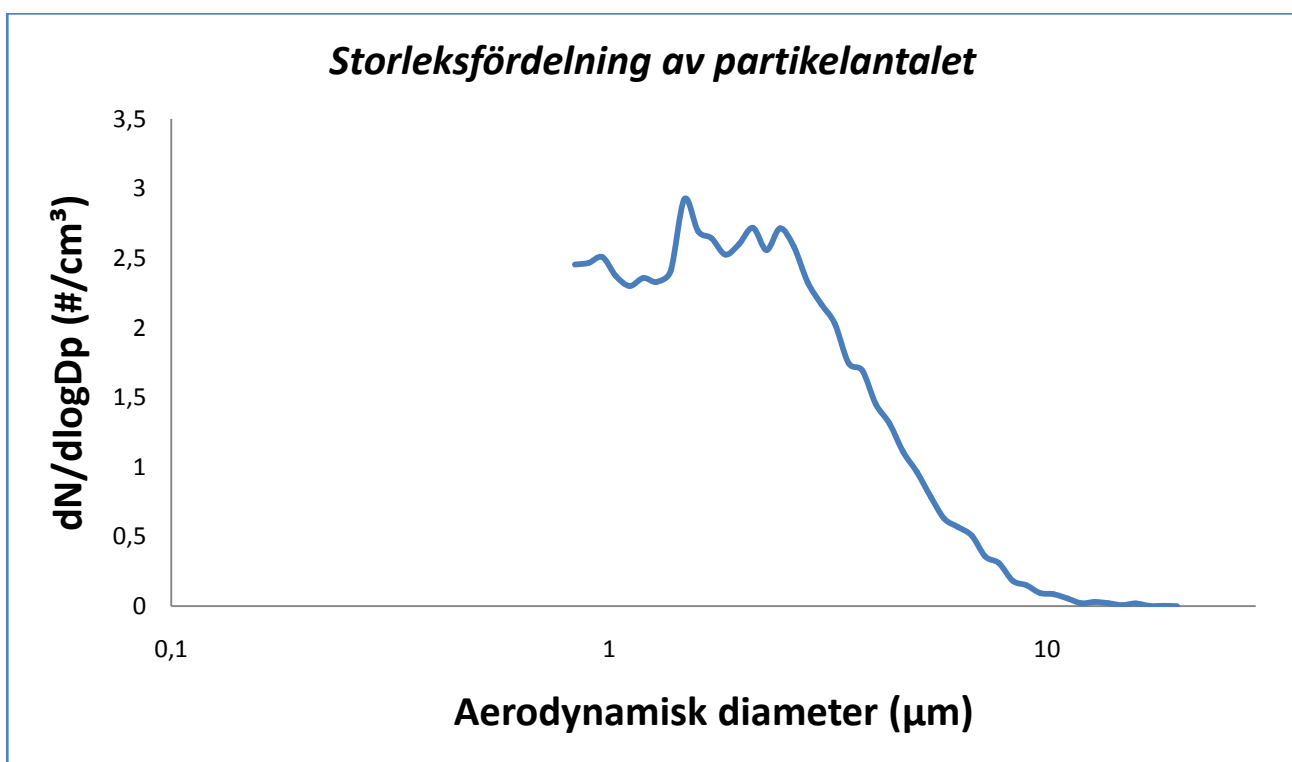
Samma sak har gjorts för mätningarna den 15/05-2014, här studeras också ett visst tidsintervall där slipmaskinen var igång. I Figur 4.7 observeras en liknande fördelning som i Figur 4.5. Däremot visar Figur 4.8 likt Figur 4.6 att partiklar med en aerodynamisk diameter mellan 0,8-2,5 µm är dem mest förekommande. Dock så tenderar denna kurva till att minska för mindre partiklar, till skillnad från kurvan i Figur 4.6.

Med tanke på att APS mäter partiklar med en aerodynamisk diameter mellan 0,8-20 µm, kan man inte med säkerhet veta hur storleksfördelningen ser ut för partiklar mindre än just 0,8 µm.





**Figur 4.7** Storleksfördelning av medelmasskoncentrationen mellan 10:05-10:20 den 15/05-2014 vid användning av slipmaskin.



**Figur 4.8** Storleksfördelning av medelantalkoncentrationen mellan 10:05-10:20 den 15/05-2014 vid användning av slipmaskin.

#### 4.1.1.3 Masskoncentration från personburna mätningar

I Tabell 4.3 redovisas resultaten från de personburna mätningarna. Där den testperson som utsattes för högsta masskoncentrationen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) presenteras först, och där resterande testpersoner kommer i fallande ordning.

**Tabell 4.3** Totala masskoncentrationen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) från de personburna mätningarna, filtrets vikt (mg) efter mätning och volymen luft ( $\text{m}^3$ ) som strömmat genom provtagaren.

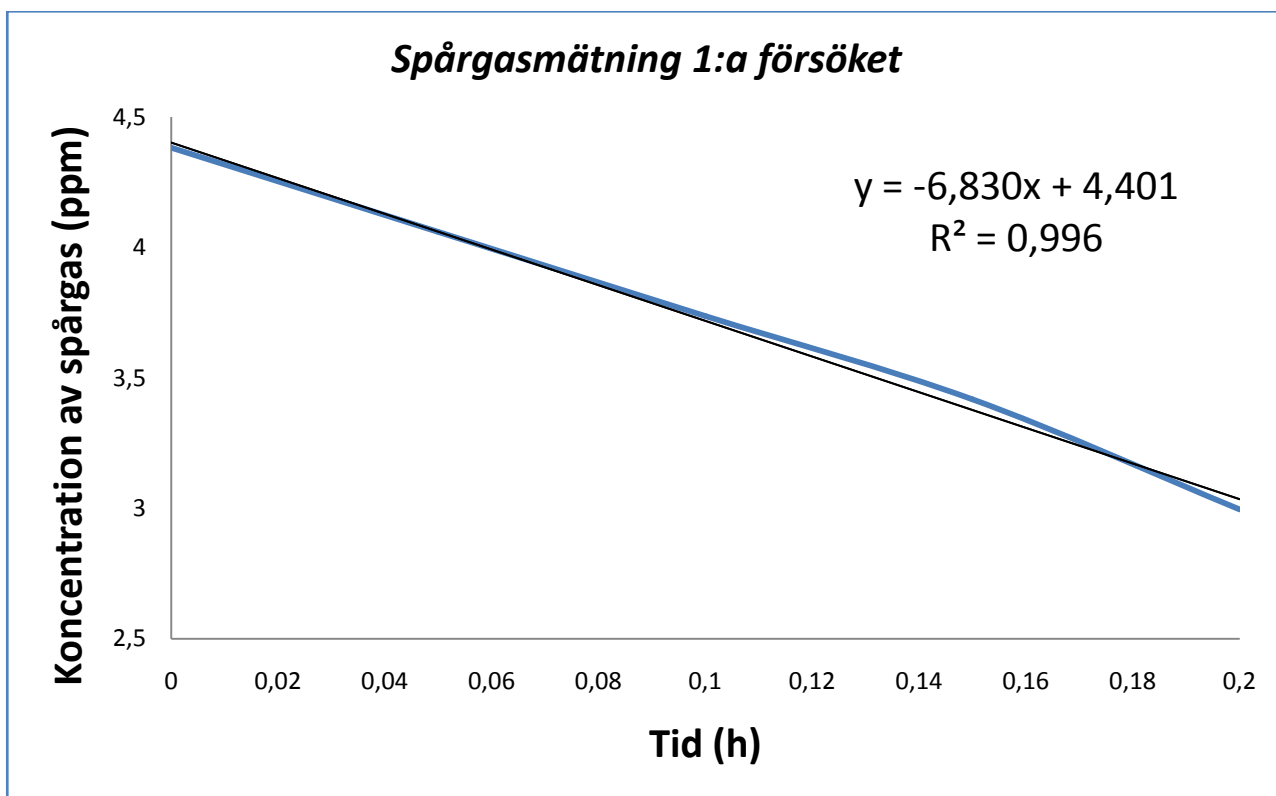
Provnr.	Typ av lektion	Vikt ( $\mu\text{g}$ )	Volym ( $\text{m}^3$ )	Totala masskonc. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
6	Träslöjd	610	0,766	796
5	Träslöjd *	570	0,716	796
9	Städare	370	0,700	529
10	Vanlig lektion	270	0,710	380
7	Syslöjd *	140	0,866	162
3	Vanlig lektion	100	0,624	160
4	Vanlig lektion	100	0,658	152
1	Syslöjd	100	0,668	150
8	Vanlig lektion	120	0,804	149
2	Vanlig lektion	100	0,882	113

\* Innebär att mätningen gjordes på en lärare i en annan sal, än den ursprungliga salen från den stationära mätningen.

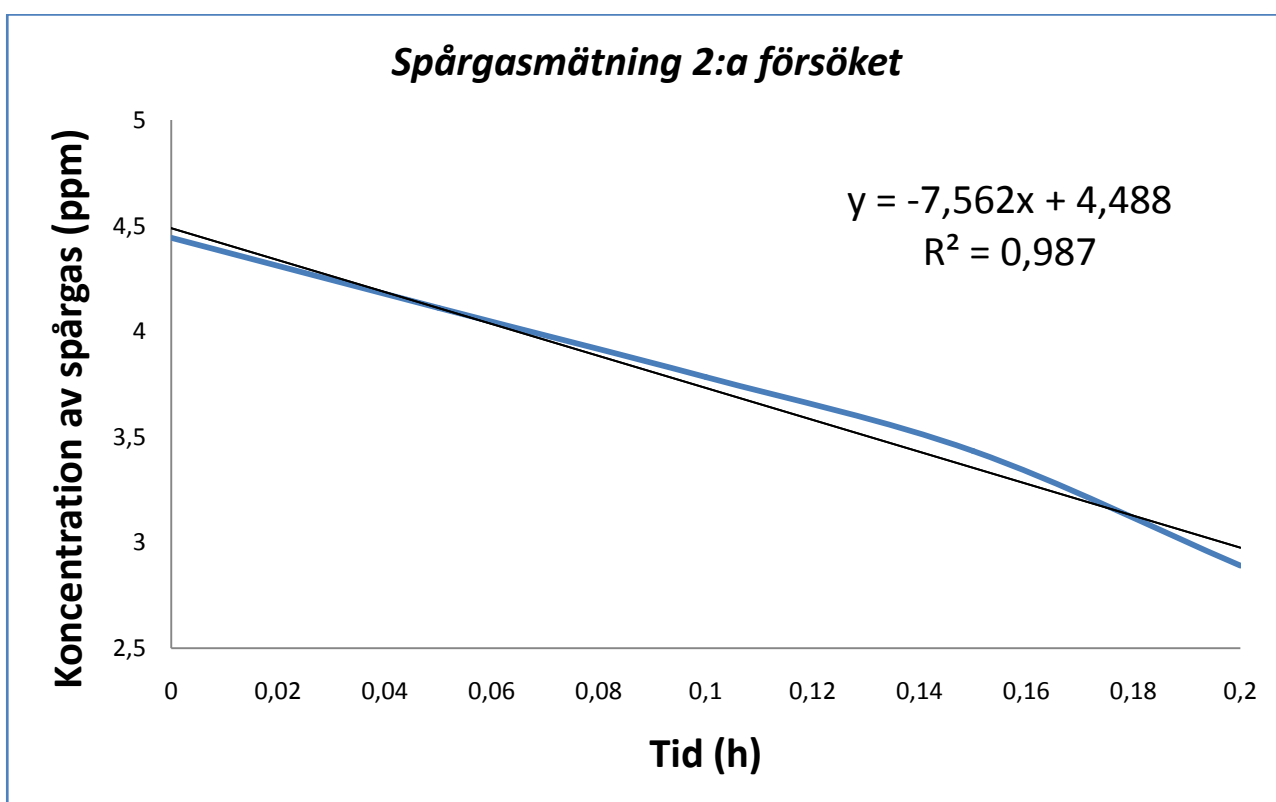
Mätningarna för träslöjdlärarna (provnummer 5 och 6), visade sig ha en masskoncentration på  $796 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Observera att för mätningarna i träslöjdsalarna, utfördes den ena mätningen med gamla luftrenare, och den andra med nya luftrenare. Det provnummer som gav det tredje största utslaget var provnummer 9, och tillhör städaren. Där visade det sig att masskoncentrationen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) låg på  $529 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . För resterande provnummer var masskoncentrationen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) mer eller mindre densamma, förutom för provnummer 10 som avser en testperson från ett vanligt klassrum. Där uppmättes i genomsnitt en masskoncentration på  $380 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , och beror troligtvis på att testpersonen var utomhus när denne skulle på lunch.

#### 4.1.2 Spårgasmätning

För att kunna ta fram vilken omsättning (oms/h) som råder i träslöjdsalen utifrån spårgasmätningen, har en linje tagits fram där koncentrationen av spårgas visas på x-axeln och tiden på y-axeln. Determinationskoefficienten  $R^2$  är ett statistiskt mått på hur väl regressionslinjen approximerar de verkliga mätvärdena. Desto närmre det kommer  $R^2=1$ , ju större linjärt samband finns.



*Figur 4.9* Linje som beskriver luftomsättningen i träslöjdsalen (mätning 1).



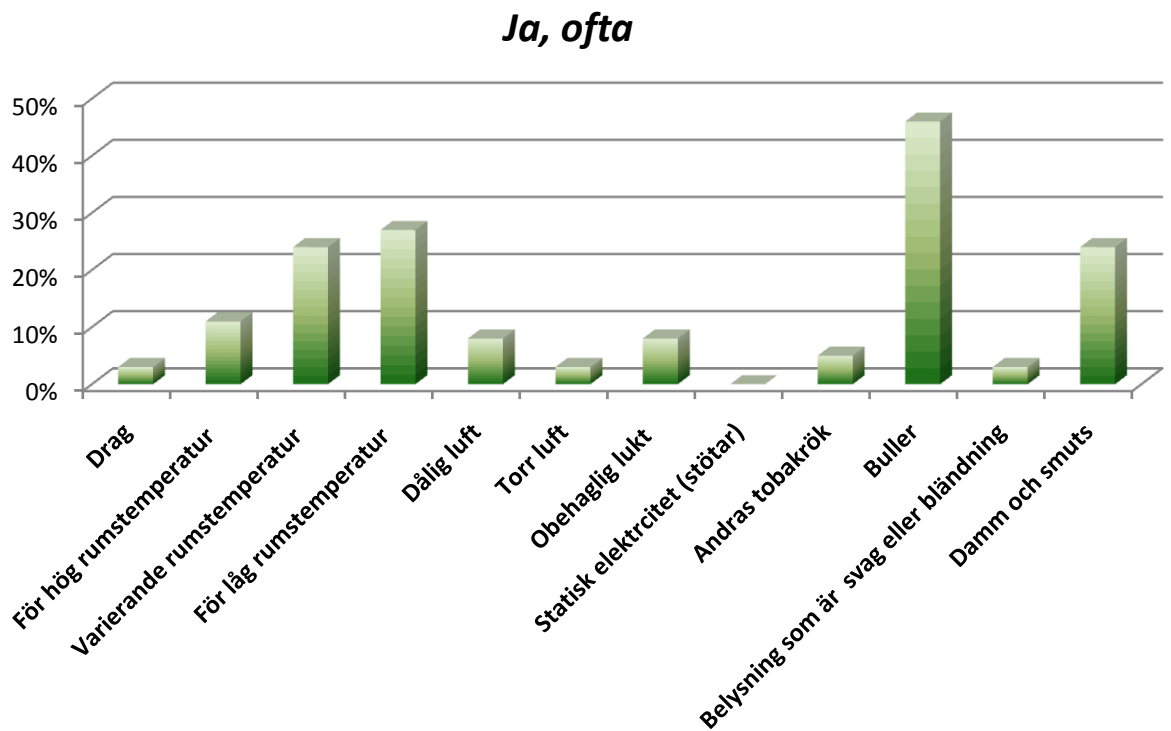
*Figur 4.10* Linje som beskriver luftomsättningen i träslöjdsalen (mätning 2).

Från regressionslinjen togs ekvationen på formen  $y = kx + m$  fram, se ekvation i Figur 4.9 och 4.10. Lutningen i linjen ger information om vilken omsättning av luften som är aktuell i träslöjdsalen. Från den första spårgasmätningen visar det sig att i träslöjdsalen råder en luftomsättning på 6,83 oms/h. Den andra spårgasmätningen resulterade i en luftomsättning på 7,56 oms/h.

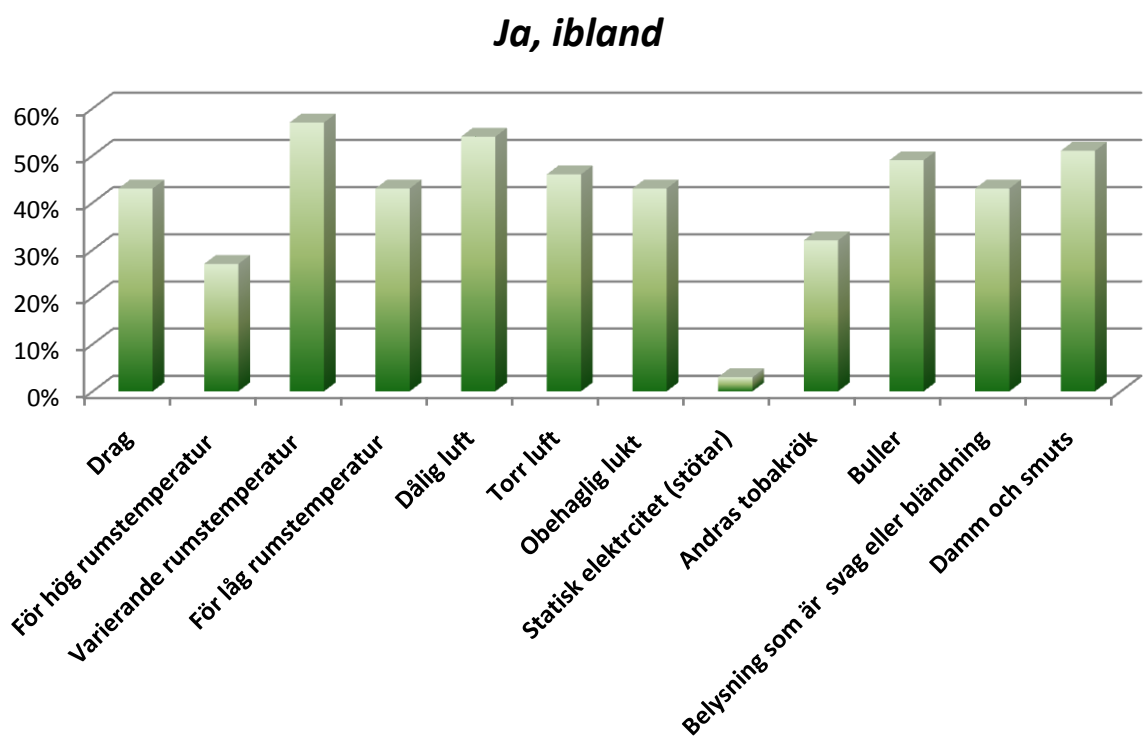
## 4.2 Enkätundersökning

Resultat från hur elever och lärare upplever de fysikaliska faktorerna, samt vilka symptom som är de mest förekommande.

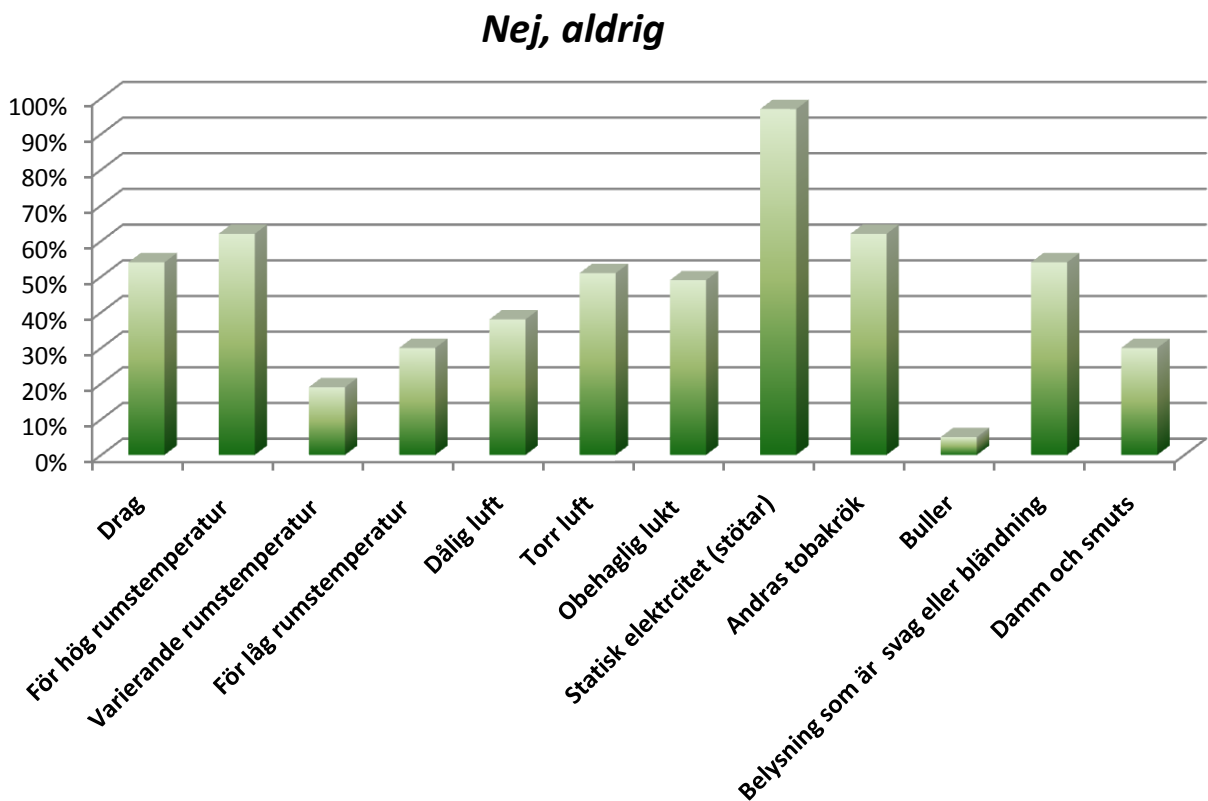
a.



b.



c.



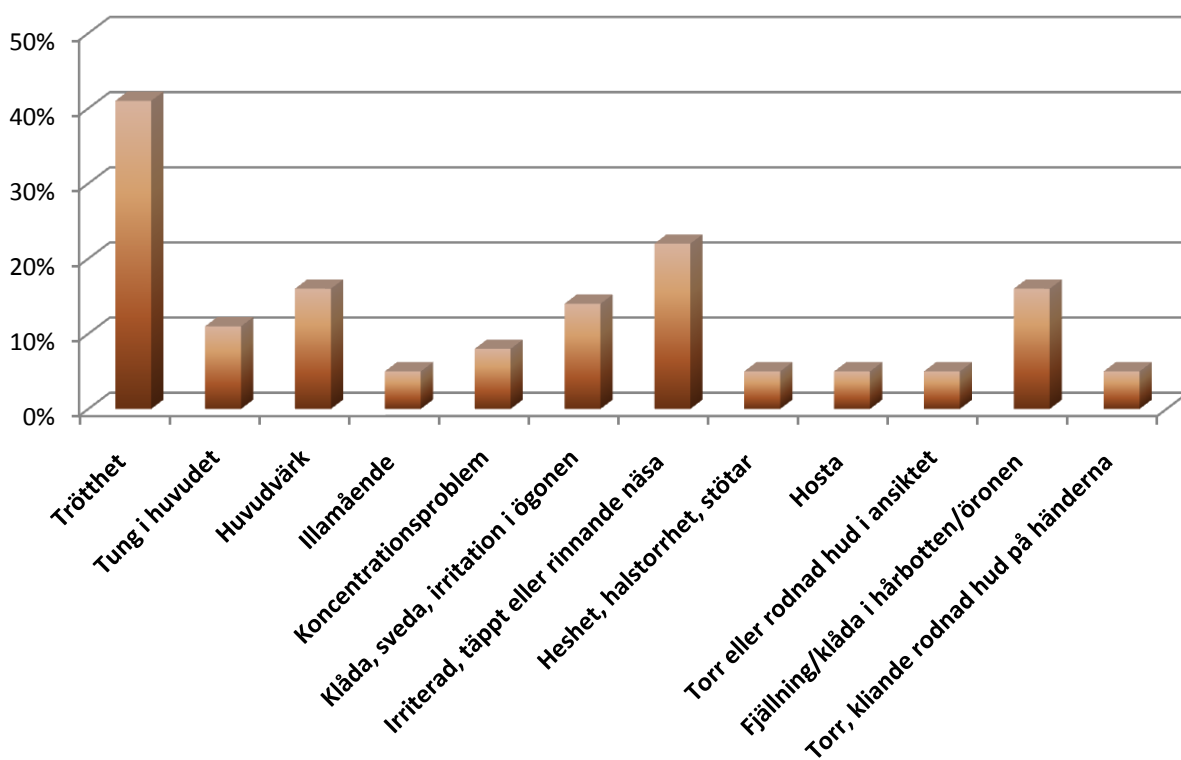
**Figur 4.11a-c** Har du de senaste månaderna känt dig besvärad av någon eller några av följande faktorer i din skola? a.) Ja, ofta b.) Ja, ibland c.) Nej, aldrig.

Figur 4.11a visar att de fyra främsta faktorerna som eleverna/lärarna upplever ofta är buller, för låg rumstemperatur, varierande rumstemperatur samt damm och smuts. En stor andel ser också ut att uppleva dessa faktorer ibland, se Figur 4.11b. För att bekräfta att buller är ett utbrett problem, studeras Figur 4.11c, där resultatet visar att en mycket liten andel svarade att de aldrig har problem med buller.

Det verkar som att de tillfrågade upplever störst problem när det gäller den termiska komforten och buller. Problem med den hygieniska komforten där partikulära föroreningar ingår d.v.s. damm, förekommer också till en viss del nog för att tas i beaktning.

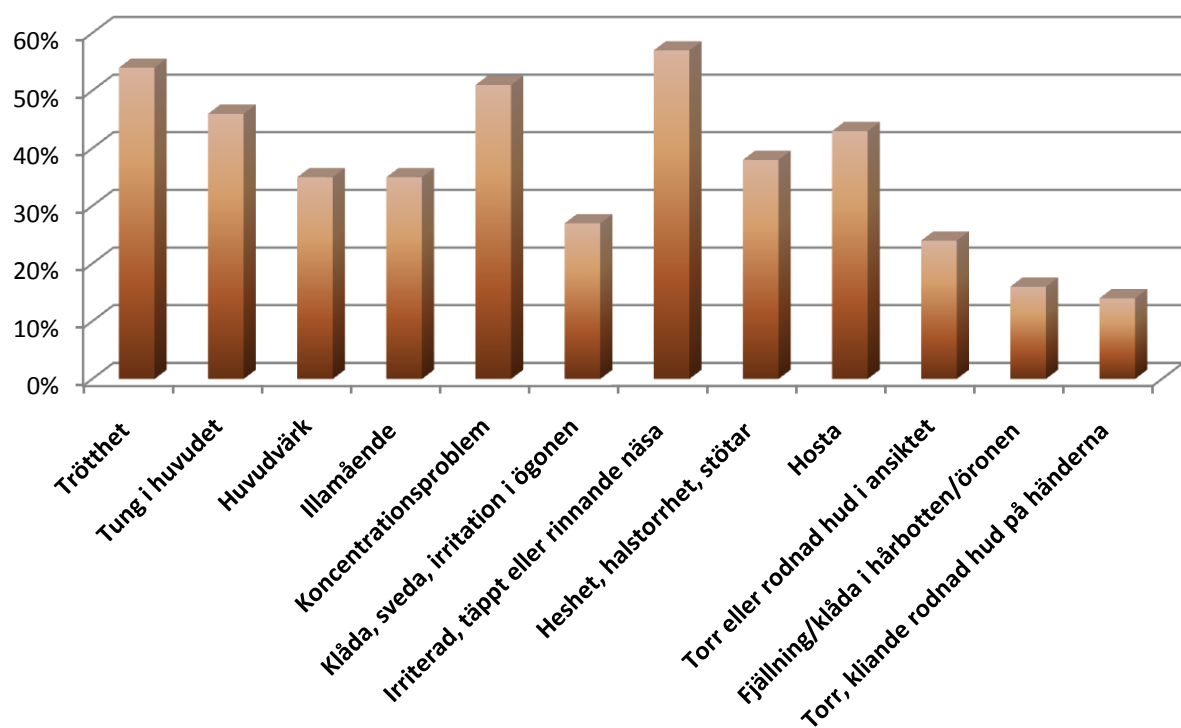
a.

### Ja, ofta

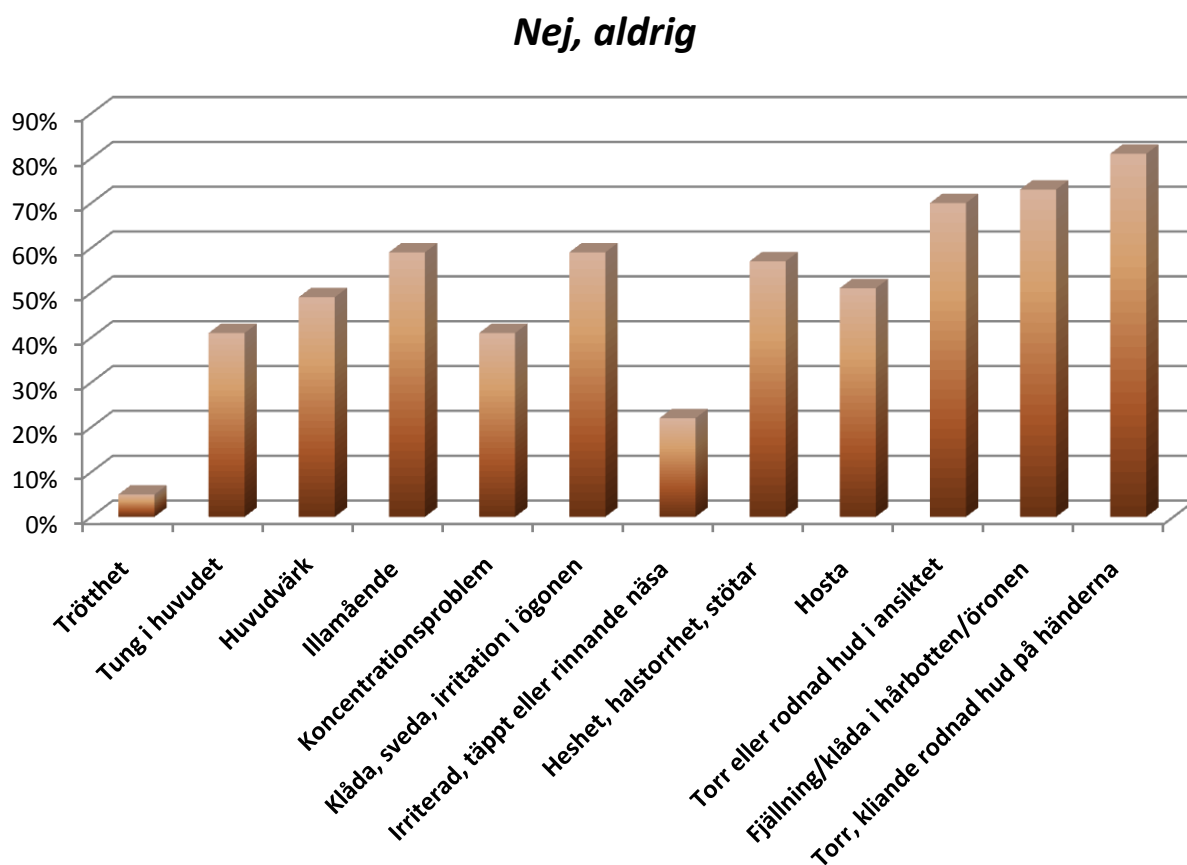


b.

### Ja, ibland



c.



**Figur 4.12a-c** Har du de senaste månaderna haft någon/några av nedanstående besvär/symptom? a.) Ja, ofta b.) Ja, ibland c.) Nej, aldrig.

Från Figur 4.12a-c observeras att de symptom som flest lider av är trötthet, följt därpå av rinnande näsa och irritation i ögonen. Det är ungefär 50 % som haft dessa besvär ibland den senaste tiden. Just rinnande näsa är ett besvär som är intressant, med tanke på höga partikelhalter i träslöjdsalen kan ge upphov till det. Figur 4.12c visar att endast 20 % aldrig har problem med rinnande näsa, och att mindre än 5 % av de tillfrågade aldrig har problem med trötthet.



## 4.3 Okulär besiktning och intervjuer

### 4.3.1 Träslöjdsal

Träslöjdsalen använder sig av ett från- och tilluftsystem som ventilations-system där till- och frånluften styrs av fläktar vilket innebär att ventilations-ansvarig har kontroll över mängden luft som strömmar. Ventilationstypen är en omblandande ventilation. På Tunaskolan finns det två stycken träslöjdsalar, i den ena träslöjdsalen där stationära mätningar inte genomfördes, uppmärksammades det att flera lådor var placerade på hyllan precis under frånluftsdonen. Dessa lådor kan fungera som ett hinder för den förorenade luften att ta sig ut, vilket kan leda till en ökad koncentration av föroreningar i salen. Detta var inte något problem i den andra träslöjdsalen med tanke på att frånluftsdonen där inte var placerade ovanför hyllorna. Men något som var gemensamt för de båda träslöjdsalarna var att luften kändes tung, då vi vistades där.

Som ett komplement till allmänventilationen fanns det två stycken luftrenare, vars uppgift är att reducera partikelhalten. Luftrenaren kan ställas in på fyra olika nivåer beroende på hur effektiv filtreringsprocess som eftersträvas. Men med tanke på att både lärare och elever upplever hög bullernivå vid den högsta nivån så ställs luftrenaren in på lägsta nivån. Detta kan vidare medföra till att önskad effekt för filtrering inte uppnås. Högsta nivån körs endast då det inte är något lektionstillfälle.



*Figur 4.13 Mobilt utsug för städning runt arbetsbänkarna.*

Maskinerna i träslöjdsalen är placerade längs med väggen, där vissa av maskinerna har ett inbyggt punktutsug, se Figur 2.6 i tidigare avsnitt. Det finns även mobila utsug, se Figur 4.13. Dessa är placerade ovanför varje arbetsbänk, och så finns de också längs med väggarna för de maskiner som inte har inbyggt punktutsug. De mobila utsug som var placerade ovanför arbetsbänkarna verkade svårtillgängliga för eleverna. Lärarna konstaterade även att de inte används så ofta med tanke på risken för att suga in större träbitar och verktyg.



*Figur 4.14* Bearbetat trä på golvet.



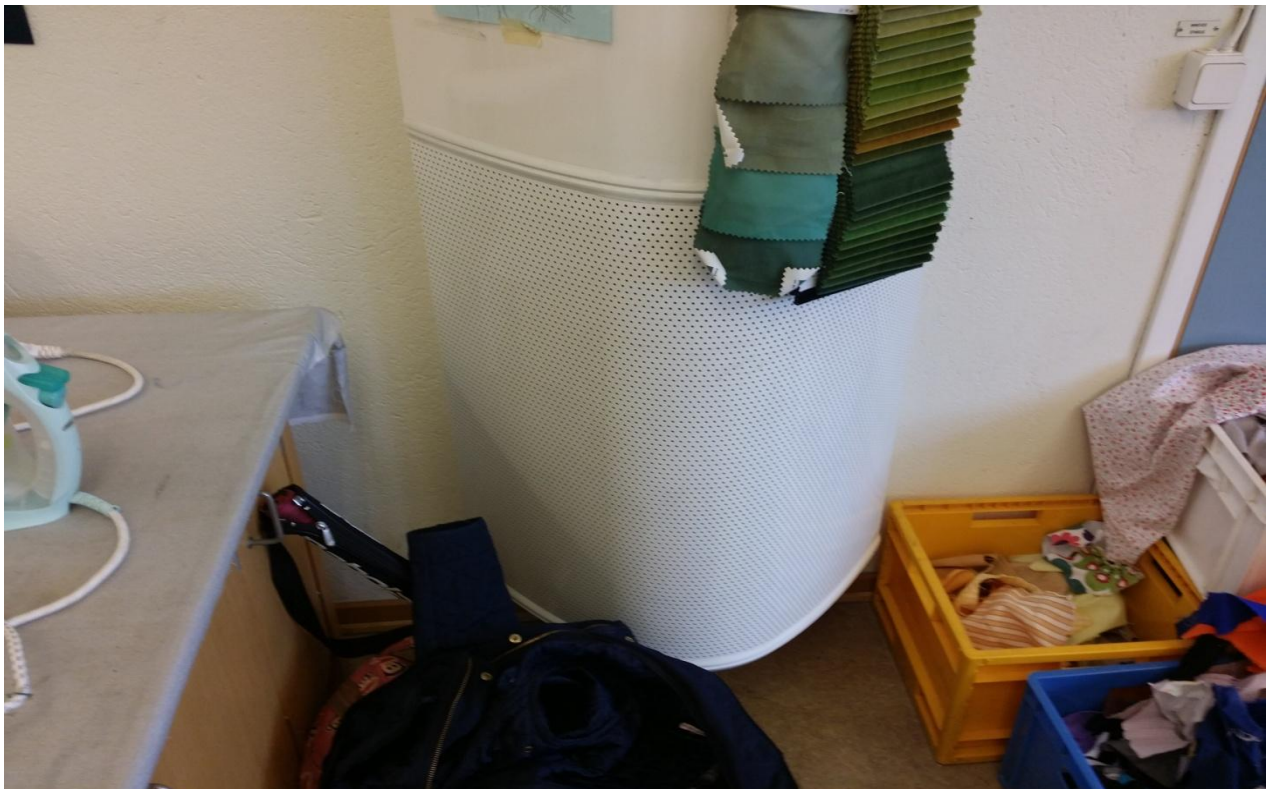
*Figur 4.15* Sortiment av trämaterial

Mellan lektionstillfällena observerades det att golvet inte städas rent med mobila utsug, vilket sedan kan leda till uppvirvling av partiklar. Figur 4.14 illustrerar hur det såg ut runt en arbetsbänk, inte bara under den okulära besiktningen men även under de tillfällen som mätningar genomfördes.

I den ena änden av träslöjdsalen finns det ett stort sortiment av olika träslag, se Figur 4.15. Där ett tjockt lager av trädamm hade samlats och det var även svåråtkomligt för städning. Även alla snickerier och lådor var placerade på golvet, fönsterkarmar och hyllor.

#### 4.3.2 Syslöjdsal

Till skillnad från träslöjdsalen så finns det deplacerande ventilation i syslöjdsalen istället för omblandade ventilation. Först och främst kan det konstateras att luften där upplevdes mycket behagligare. Detta var väntat med tanke på att det inte genereras föroreningar på samma sätt som i en träslöjdsal. I sin helhet var syslöjdsalen mer lättåtkomlig för städning än träslöjdsalen, och de flesta materialen var placerade i skåpen.



**Figur 4.16** Tilluftsdonet i syslöjdsalen

Figur 4.16 visar placering av tilluftsdonet för den deplacerande ventilation, det finns två stycken längs med ena väggen. På andra sidan syslöjdsalen finns frånluftsdonet som är placerat nära innertaket. I syslöjdsalen fanns det också

en luftrenare, men läraren förklarade att denna aldrig var igång pga. bullernivån som den ger ifrån sig.

## 5 Diskussion

### 5.1 Stationära och personburna mätningar

För att få en bra överblick över vilken mass- och antalkoncentration som genereras i träslöjdsalen, har stationära samt personburna mätningar genomförts.

När de gäller de stationära mätningarna jämfördes endast de två sista mätningstillfällena, d.v.s. före och efter montering av nya luftrenare. Under de två sista mätningarna var aktiviteterna likartade och kontrollerade, därmed var en jämförelsestudie möjlig.

Det visade sig att masskoncentrationen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) inte skiljde sig så mycket mellan mätningarna, även om det var nya luftrenare i den senare mätningen. Men mätningen av antalkoncentrationen ( $\text{pt}/\text{cm}^3$ ) visade sig ge en reduktion på ungefär 65 % av antalet partiklar i luften, med de nya luftrenarna. Med P-Trak som mäter antalkoncentrationen ( $\text{pt}/\text{cm}^3$ ) mellan intervallet 0,02-1  $\mu\text{m}$ , får vi alltså med de mindre partiklarna. Medan DustTrak som mäter masskoncentrationen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) från intervallet 0,1-10  $\mu\text{m}$  får med de större partiklarna. Då dessa mindre partiklar utgör en så liten del av den totala massan, har vi inte fått en så stor skillnad i masskoncentrationen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) efter montering av de nya luftrenarna. Därför kan det konstateras att de grövre partiklarna inte har reducerats, och problem med hälsan kan fortfarande uppstå.

I normala fall när storleksfördelningar på luftburna partiklar studeras, är partiklar mindre än 1  $\mu\text{m}$  de mest förekommande med hänsyn till antalstorleksfördelningen, medan massstorleksfördelningen oftast domineras av partiklar större än 2,5  $\mu\text{m}$ . Resultat från antalstorleksfördelningen av partiklarna dvs. med hänsyn till antalet, visar att partiklar mindre än ungefär 2,5  $\mu\text{m}$  är de som genereras mest av i träslöjdsalen. För storleksfördelningen med hänsyn till massan mellan intervallet 0,8-20  $\mu\text{m}$ , observerades att partiklar ungefär mellan 6-11  $\mu\text{m}$  är de som utgör störst del av totalmassan.

Lärarna i träslöjdsalen påpekade också att de upplevde luftkvalitén som mycket bättre med de nya luftrenarna. Men efter att ha studerat resultaten från de stationära och personburna mätningarna, är det inte självklart att endast luftrenare från Cair AB kan säkerställa en förbättrad luftkvalité inomhus. Båda mätningarna som utfördes på träslöjdlärarna med IOM-provtagare, gav en masskoncentration runt 800  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Med tanke på att de grövre partiklarna utgör större delen av totalmassan, konstateras att dessa inte reduceras med hjälp av nya luftrenare.

Om värdet  $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$  från de personburna mätningarna jämförs med nivågränsvärdet för trä och damm, som ligger på  $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , visar det sig att masskoncentrationen är under nivågränsvärdet. Men samtidigt skall det påpekas att nivågränsvärdet är mer anpassat för träindustrier, därför kan värdet som erhållits från träslöjdlärarna inte betraktas som direkt acceptabelt, med tanke på att det är fyra gånger större i jämförelse med värdena från vanliga klassrum. Den lösning som skall prioriteras först är att säkerställa en god processventilation, och på så sätt minska spridningen av de partiklar som genereras från maskinerna. Ett förslag är att bygga in maskinerna i ett enskilt rum, genom att bygga en innervägg som delar träslöjdsalen. För att läraren skall kunna ha koll på sina elever, är det mest optimala om innerväggen har en stor andel glasad yta.

Tidigare mätningsresultat utförda av andra i träslöjdsalar har inte kunnat hittas, och därför har ingen jämförelse gjorts med andra studier. Det närmaste som hittats är en studie från Arbetsmiljöverket, men där är deras resultat från träindustrier, vilket inte är direkt jämförbart med tanke på den stora skillnaden av genererade föroreningar.

### 5.1.1 Spårgasmätning

Från spårgasmätningen visade resultaten att luftomsättningen ligger på ungefär 7 oms/h i träslöjdsalen. Tidigare i litteraturstudien togs kravet för stillasittande arbete fram, som låg på 7 l/s per person, och att ett tillägg på 0,35 l/s per  $\text{m}^2$  skulle göras i fallet med föroreningar. I träslöjdsalen vistades oftast 15 elever och en lärare, dvs. personbelastningen var på 16 personer. För att få fram vilken luftomsättning som krävs för 16 personer, som vistas i en sal med föroreningar, gjordes följande beräkning:

Personbelastning =	16 personer
Krav på flöde per person =	7 l/s
Totalt flöde m.h.t. personer =	112 l/s
Krav på tillägg per $\text{m}^2$ =	0,35 l/s
Golvarea $\text{m}^2$ =	112
Totalt flöde m.h.t. föroreningar =	39,2 l/s

Detta ger ett totalt flöde på  $544 \text{m}^3/\text{h}$  efter omvandling, och med en rumsvolym på ca  $302 \text{m}^3$ , fås en luftomsättning på 1,8 oms/h. Detta kan verka som ett lågt värde, men svårigheten här blir att tolka vad som är en förorening enligt föreskrifterna. Tillägget på 0,35 l/s per  $\text{m}^2$  är möjligtvis mer anpassat för föroreningar såsom emissioner från material, lukter etc. Även om det visar sig

att träslöjdsalen klarar kravet med råge, är det viktigare att allmänventilationen justeras på sådant sätt att det känns behagligt för de som vistas där.

## 5.2 Enkätundersökningen

När lärarna och eleverna fick svara på vilken faktor som besväras dem mest, så visade det sig att hela 46 % av dem som svarade störs av buller. Ingen av de som svarade på enkäten preciserade källan till de buller som de upplever i övriga kommentarer. Det är svårt att avgöra källan med tanke på att de kan komma från maskinerna, luftrenarna, allmänventilationen och ljud från utsidan. För under tiden som mätningarna genomfördes, har en renovering av hela Tunaskolan pågått varvid buller kan ha upplevts. Vi märkte själva inte av något oljud från allmänventilationen och luftrenarna var igång på nivå 1, och ingen som svarade på enkäten kommenterade som sagt om renoveringen var källan till bullret. Därför rekommenderas att framtida studier görs på Tunaskolan för identifiering av buller, med tanke på att så många upplever besvär.

Av de tillfrågade upplevde över 50 % varierande temperatur ibland och ungefär 40 % upplevde för låg temperatur ibland. Anledningen till detta kan vara att uppvärmningen av rummet inte är tillräcklig effektiv, för att motverka kallras från fönster. Något som hade kunnat göras i framtiden är att mäta temperaturen vid olika ställen i lokalen och även på olika höjdnivåer, för att undersöka hur temperaturen varierar i rummet.

När det gäller besvär från damm och smuts, svarade 24 % att de besväras av det ofta, medan 50 % besväras av det ibland. Med tanke på den höga masskoncentrationen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) av partiklar i träslöjdsalen jämfört med vanliga klassrum, så är det förståeligt. De 24 % som svarade att de upplever besvär ofta är möjligtvis extra känsliga, och kanske har allergier. Men efter att ha studerat enkäterna i detalj för att se om de som har allergier, är dem som upplever besvär med damm och smuts, visade det sig att det inte finns någon koppling, se Figur B.1 i Bilaga 4.

Det finns ett flertal hälsoproblem som kan nämnas i samband med brister i inomhusmiljön. När det gäller partiklar som andas in i de övre andningsvägarna, så upplevs ofta nästäppa och rinnsnuva. Av de som blev tillfrågade upplevde 22 % just dessa besvär ofta, och 57 % upplevde de ibland. Det är mycket möjligt att de upplever det p.g.a. mängden partiklar i träslöjdsalen. Men det kan också vara så att de som upplever dessa besvär ofta, är pollenallergiker, med tanke på att enkäten besvarades i april månad då det är säsong för pollen.

Ett annat besvär som många upplevde var trötthet, hela 41 % svarade ofta och endast 5 % svarade att de aldrig upplever det. Anledningen till trötthet kan variera stort, att vistas i träslöjdsalen där det alstras mycket föroreningar kan leda till att man blir trött och eventuellt tung i huvudet. Även buller som visade sig vara ett vanligt förekommande besvär kan ha en påverkan. Men även detta är svårtolkat med tanke på att det inte finns information på vad de tillfrågade har för vanor hemma, där de kanske t.ex. lägger sig sent på kvällen eller äter dåligt på morgonen.

Att säga att luften i träslöjdsalen är orsaken till de flesta symptomen är inte så självklart, dock så ställdes en fråga som tog upp om just inomhusklimatet i skolan påverkar deras prestationer, se Figur B.2 i Bilaga 4. Där 16 % anser att det ofta beror på inomhusklimatet och 51 % svarade att det ibland kan ha en påverkan. Efter ett samtal med lärarna från träslöjdsalen, trodde alla att deras problem med hälsan berodde på det dåliga inomhusklimatet.

### **5.3 Okulär besiktning och intervjuer**

Under okulära besiktningen observerades, att det finns en hel del förbättringar som kan göras. Först och främst finns det för mycket snickerier som ligger framme och dammar, mest effektiva åtgärden här är att städa undan allt från fönsterkarmar, hyllor etc. och placera det i skåpen som finns tillgängliga. Ett annat förslag är att sortimentet med alla träslag skall placeras i ett enskilt rum om så är möjligt. Detta förhindrar inte bara trädamm från att deponera på dessa ytor, utan underlättar även städarens jobb.

När det gäller städningen används torrstädning på daglig basis, och några gånger per lästermin görs en ordentlig våtstädning. Efter ett samtal med städaren på skolan, visade det sig att det största problemet för dem, har varit att alla snickerier ligger framme. Förhoppningsvis kan deras arbete underlättas om den första åtgärden som rekommenderades görs.

Med tanke på att inga mätningar gjordes på hur effektiva punktutsugen är vid maskinerna så kan inge uttalande göras om hur väl de fungerar. Dock så visade mätningarna att träslöjdsalen fortfarande innehar grövre partiklar även efter montering av nya luftrenare. Därför rekommenderas att en studie görs på punktutsugens effektivitet, och att man även tittar på om bullret från maskinerna är acceptabelt. För de mobila utsugen, rekommenderas att eleverna använder sig av dessa i slutet av lektionen, för att göra ren runt sin arbetsbänk. Om man vill säkerställa att det inte finns någon risk för att träbitar och verktyg sugas in och sätter stopp för utsuget, kan man placera någon form av galler som förhindrar dessa från att sugas upp.





## 6 Slutsatser

- Från de stationära och personburna mätningarna visar det sig att både mass- och antalkoncentration är högre i träslöjdsalen än i resterande klassrum.
- Baserat endast på de personburna mätningarna som mäter masskoncentrationen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), observerades det att båda lärarna från träslöjdsalarna var exponerade för högsta uppmätta koncentrationerna. Även städaren som utför ett annat arbete, visade sig vara exponerad för en jämförbar koncentration som lärarna i träslöjdsalarna.
- Montering av nya luftrenare visade sig ge en signifikant reduktion av antalet luftburna partiklar ( $\text{pt}/\text{cm}^3$ ), som domineras av de mindre partiklarna. Men från både de stationära och personburna mätningarna, konstateras det att masskoncentrationen ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) var nästintill oförändrad. Masskoncentrationsfördelningen visade att inomhusluften fortfarande domineras av de större partiklarna, som med hög sannolikhet kan deponeras i ögon, näsa, mun och hals.
- I resultaten från spårgasmätningen framgår att luftomsättningen i träslöjdsalen är tillräcklig, med hänsyn till dagens rekommendationer och krav på allmänventilation. Det som var konstigt, är att den beräknade luftomsättningen utifrån kraven blev så låg. Antagligen är det så att tillägget som görs p.g.a. föroreningar är för litet, och kanske bör tillägget med föroreningar variera beroende på vilken typ.
- Enkätundersökningen resulterade i att eleverna och lärarna främst hade problem med buller och den termiska komforten. När det gäller buller, så kan det ha en koppling med att många av de tillfrågade även hade problem med trötthet.

För att förbättra situationen i träslöjdsalen rekommenderas att följande åtgärder genomförs:

- Alla snickerier och lådor som var placerade på fönsterkarmar och hyllor, måste placeras i skåp. Det reducerar inte bara andelen yta som luftburna partiklar kan deponeras på, men det underlättar även för städaren med tanke på hur svåråtkomligt det är att damma av i nuvarande situation.

- Mobila utsugen som finns utspridda i träslöjdsalen används inte ofta om alls. För att minska sannolikheten för uppvirvling av partiklar, rekommenderas att dessa används för rengöring av arbetsbänk efter varje lektionstillfälle. För att förhindra större träbitar och verktyg från att sugas in, kan ett galler monteras vid utsuget så att endast bearbetat trä sugas in.
- Placera maskinerna i ett avskilt rum, genom att bygga en innervägg som till största andelen består av glas. På så sätt kommer mass- och antalkoncentrationen av partiklarna att minska där eleverna arbetar.
- Säkerställa en processventilation som är effektiv, och att den används då en maskin är i bruk.

För framtida studier rekommenderas att en undersökning görs på buller, detta med tanke på att så många upplevde besvär med det. De mobila utsugen är för närvarande inte lättillgängliga för städning, och det vore intressant om någon hade kunnat ta fram en design på ett utsug som är integrerat med elevernas arbetsbänk.

## Referenslista

- Arbetsmiljöverket (2014a). *Arbetsmiljöinspektion*. Hämtad 2014-03-09 från: <<http://www.av.se/teman/skola/inspektioner/index.aspx#1>>
- Arbetsmiljöverket (2014b). *Allmänventilation*. Hämtad 2014-03-21 från: <<http://www.av.se/teman/ventilation/industrilokaler/allmanventilation/>>
- Arbetsmiljöverket (2013). *Arbetsplatsens utformning*. Hämtad 2014-04-24 från: <[http://www.av.se/dokument/afs/afs2009\\_02.pdf](http://www.av.se/dokument/afs/afs2009_02.pdf)>
- Arbetsmiljöverket (2011). *Hygieniska gränsvärden*. Hämtad 2014-07-04 från: <[http://www.av.se/dokument/afs/afs2011\\_18.pdf](http://www.av.se/dokument/afs/afs2011_18.pdf)>
- Arbetsmiljöverket (2007). *Exponering för trädamm*. Hämtad 2014-06-04 från: <[http://www.av.se/dokument/publikationer/rapporter/RAP2007\\_02.pdf](http://www.av.se/dokument/publikationer/rapporter/RAP2007_02.pdf)>
- Bohgard & Albin (2008). *Arbete och teknik på människans villkor*. Solna. Prevent. ISBN: 978-91-7365-037-3.
- Bokalders & Block (2009). *Byggekologi – Kunskaper för ett hållbart byggande*. Stockholm. AB Svensk Byggtjänst. ISBN: 978-91-7333-362-7.
- Boverkets byggregler (2011a). *Hygien, hälsa och miljö*. Hämtad 2014-03-08 från: <<https://rinfo.boverket.se/BBR/PDF/BFS2011-6-BBR18.pdf>>
- Boverkets byggregler (2011b). *OVK*. Hämtad 2014-03-09 från: <[http://www.boverket.se/Global/Lag\\_o\\_ratt/Dokument/Boverkets-Forfattningssamling/OVK-konsoliderad-BFS2011-16-tom-BFS2012-6.pdf](http://www.boverket.se/Global/Lag_o_ratt/Dokument/Boverkets-Forfattningssamling/OVK-konsoliderad-BFS2011-16-tom-BFS2012-6.pdf)>
- Cair (2014). *DEP tekniken*. Hämtad 2014-05-15 från: <<http://www.cair.se/dep.html>>
- Cancerfonden (2014). *Munhåle-, svalg- och strupcancer*. Hämtad 2014-05-23 från: <<http://www.cancerfonden.se/sv/cancer/Cancersjukdomar/Munhale--svalg--och-strupcancer/>>
- Dockery & Pope (1993). *An association between air pollution and mortality*. Hämtad 2014-09-07 från: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8179653>>
- DT (2014). *Elever presterar sämre vid låg ventilation*. Hämtad 2014-08-28 från: <<http://www.dt.se/allmant/dalarna/elever-presterar-samre-vid-lag-ventilation>>

Emproco (2014). *Indoor Air Quality*. Hämtad 2014-06-30 från:  
<[http://www.emproco.com/emproco.php?cat=256&id\\_category=39](http://www.emproco.com/emproco.php?cat=256&id_category=39)>

Energimyndigheten (2014). *Ventilation*. Hämtad 2014-03-08 från:  
<<https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Varmvatten-och-ventilation/Ventilation/>>

Folkhälsoguiden (2003). *Hälsobesvär*. Hämtad 2014-03-10 från:  
<<http://www.folkhalsoguiden.se/upload/Milj%C3%B6/Milj%C3%B6%20-%20infomaterial/Faktatext%20om%20inomhusmilj%C3%B6%20inklusive%20referenser.pdf>>

Folkhälsomyndigheten (2014a). *Inomhusmiljö*. Hämtad 2014-03-08 från:  
<<http://folkhalsomyndigheten.se/amnesomraden/halsoskydd-och-miljohalsa/inomhusmiljo/>>

Folkhälsomyndigheten (2014b). *Projektmanual*. Hämtad 2014-03-09 från:  
<<http://folkhalsomyndigheten.se/documents/tillsyn-regelverk/tillsyn-miljobalken/projektmanual-inomhusmiljo.pdf>>

Folkhälsomyndigheten (2014c). *Partiklar*. Hämtad 2014-05-08 från:  
<<http://www.folkhalsomyndigheten.se/pagefiles/12962/partiklar-inomhusmiljo.pdf>>

Folkhälsomyndigheten (2014d). *Allmänna råd om ventilation*. Hämtad 2014-06-08 från: <<http://www.folkhalsomyndigheten.se/documents/publicerat-material/foreskrifter/Allmanna-rad-ventilation-fohmfs-2014-18.pdf>>

Fresh (2014). *Ventilation mellan rum*. Hämtad 2014-03-30 från:  
<<http://www.fresh.se/sv/din-inomhusmiljo/tilluft-franluft-sjalvdrag.php>>

Fuktskadeteknik (2006). *Nedsvärtning av bostäder*. Hämtad 2014-05-30 från:  
<<http://www.fuktskadeteknik.com/wp-content/uploads/2013/05/Nedsvartning-i-bostader.pdf>>

Galsonlabs (2014). *The IOM method*. Hämtad 2014-06-29 från:  
<<http://www.galsonlabs.com/resourcecenter/bulletin.php?c=15>>

Inomhusklimat (2014). *Enkäter*. Hämtad 2014-03-29 från:  
<<http://www.orebroll.se/sv/uso/Patientinformation/Kliniker-och-enheter/Arbets--och-miljomedicinska-kliniken/Tjansteutbud/Enkatutvardering/>>

- Miljöforskning (2014). *Miljögifter inomhus*. Hämtad 2014-03-08 från: <<http://miljoforskning.formas.se/sv/Nummer/Mars-2012/Innehall/Ovriga-artiklar/Miljogifter-inomhus/>>
- Miljökontoret (2014). *Städa bör man... -råd för skolor och förskolor*. Hämtad 2014-06-26 från: <[http://www.uppsala.se/Upload/Dokumentarkiv/Externt/Dokument/Skola\\_o\\_forskola/st%C3%A4da\\_broschyr.pdf](http://www.uppsala.se/Upload/Dokumentarkiv/Externt/Dokument/Skola_o_forskola/st%C3%A4da_broschyr.pdf)>
- Morawska & Salthammer (2003). *Indoor Environment – Airborne Particles and Settled Dust*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. ISBN: 3-527-30525-4.
- Nordquist (1998). *Vädring i skolor – ett komplement till normal ventilation?* Lund. KFSAB. ISSN: 1103-4467.
- Repus (2014). *Deplacerande ventilation*. Hämtad 2014-04-02 från: <[http://repus.se/repusweb\\_sw/index.php?id=32,0,0,1,0,0](http://repus.se/repusweb_sw/index.php?id=32,0,0,1,0,0)>
- Rockwool (2014). *Vad är inomhusklimat?* Hämtad 2014-09-02 från: <<http://www.rockwool.se/v%C3%A4gledning/inneklimatguiden/vad+%C3%A4r+inomhusklimat>>
- Socialstyrelsen (2014a). *OVK*. Hämtad 2014-03-09 från: <<http://www.socialstyrelsen.se/nyheter/2013april/bristeriskolornasallergiarbetetrotsalltflermedastma>>
- Socialstyrelsen (2014b). *Nationellt tillsynsprojekt*. Hämtad 2014-03-09 från: <<http://www.socialstyrelsen.se/nyheter/2013juni/nationellttillsynsprojektominomhusmiljoiskolan2014-2015>>
- TSI (2014). *Lognormal distributions*. Hämtad 2014-06-14 från: <[http://www.tsi.com/uploadedFiles/\\_Site\\_Root/Products/Literature/Applications\\_Notes/PR-001-RevA\\_Aerosol-Statistics-AppNote.pdf](http://www.tsi.com/uploadedFiles/_Site_Root/Products/Literature/Applications_Notes/PR-001-RevA_Aerosol-Statistics-AppNote.pdf)>
- Ventilationsfilter (2014). *Finfilter*. Hämtad 2014-03-30 från: <<http://www.ventilationsfilter.info/>>
- Warfvinge & Dahlblom (2010). *Projektering av VVS-installationer*. Sverige. Lund, Studentlitteratur AB. ISBN: 978-91-44-05561-9.
- Wierzbicka (2008). *What are the characteristics of airborne particles that we are exposed to?* Diss. Lunds Universitet. Lund.



## Bilaga 1 – Maxivent luftrenare

### För dig som vill ha ren luft i din arbetslokal

Finns även med joniseringsenhet som ökar bortfiltreringen av mikropartiklar  
(Läs mer på baksidan)

Renar effektivt luften från

- Dammpartiklar
- Pollen
- Flyktiga organiska föreningar t.ex. lösningsmedel
- Mikroorganismer
- Rök och sotpartiklar

ÅSS Maxivent Luftrenare filtrerar i tre steg:

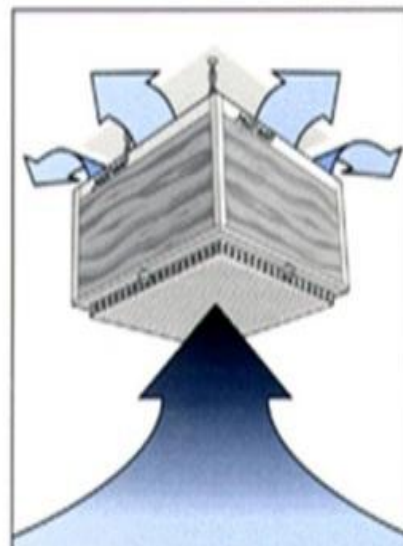
- Förfilter – avskiljer större partiklar
- Aktivt kolfilter – tar bort dålig lukt
- Mikrofilter – filtrerar bort 99,98% av partiklarna i luften

Användningsområden:

- Trä och metallslöjdsalar
- Textilslöjdsalar
- Snickerier
- Plastindustri / båttillverkning
- Konst och hantverksateljéer
- Kontor / kopieringsrum
- Pappersindustrier
- Lagerlokaler



Utförande med joniseringsenhet på bilden





## Bilaga 2 – Luftrenare från Cair AB

### Bruks –och installationsanvisning för Cair -luftrenaren modell DEP 900 Q2

*Läs hela bruksanvisningen innan luftrenaren installeras för att undvika de risker som trots allt finns med elektriska produkter.*

#### **Så här fungerar luftrenaren**

Cairs luftrenare baseras på den s.k DEP filterteknologin ( Disposable Electrostatic Precipitator ) bestående av två steg.

Steg 1 - kolfiberborsten placerad i centrum av locket svarar för elektrisk uppladdning av mikropartiklar.

Steg 2 –filterkassetten svarar för partiklarnas avskiljning från luftströmmen genom apparaten .

Lufttransporten ombesörjs av en mekanisk fläkt.

Kolfiberborsten är elektriskt ansluten till så pass hög spänning gentemot en aluminiumring att ett moln av joner bildas. Jonerna förflyttar sig snabbt mot aluminiumringen , varvid partiklarna i luftströmmen till apparaten får en elektrisk laddning .

Elektriskt uppladdade partiklar fälls ut på DEP - filterkassetten pappersytor när dessa med luftströmmen transporteras genom filtret.

**Obs !** *Det är inte farligt att beröra kolfiberborsten under apparatens drift men det kan upplevas obehagligt på grund av risk för elektrostatisk urladdning .*

## Bilaga 3 – Utformning av enkätformulär

### Frågor om besvär och trivsel i salen

Kön      man       kvinna

#### Hemförhållande:

Bostadstyp    villa, radhus       Lägenhet

Antal boende      vuxna       barn

Finns det heltäckningsmatta?      ja       nej

Finns det husdjur?      ja       nej

Finns det tecken på dålig lukt/ mögelskador      ja       nej

Har du de senaste **3 månaderna**  
känt dig besvärad av någon eller  
några av följande faktorer i din skola

Ja, ofta  
(varje vecka)

Ja,  
ibland

Nej  
aldrig

Drag  
För hög rumstemperatur  
varierade rumstemperatur

För låg rumstemperatur  
Dålig luft  
Torr luft

Obehaglig lukt  
Statisk elektricitet som gör att du lätt får  
stötar  
Andras tobaksrök

Buller  
Belysning som är svag eller ger bländning  
Damm och smuts

Trivs du i skolan      JA, ofta   
Ja ibland   
Nej, aldrig

Anser du att inomhusklimatet i  
skolan påverkar dina  
skolprestationer      JA, ofta   
Ja ibland   
Nej, aldrig

Besväras du av buller      Ja       Nej

Om ja, varför?      ventilationen stör   
buller utifrån (trafik o dyl)   
buller från skolgården   
skrapljud från stolar

Har du de senaste <b>3 månaderna</b> haft något/några av nedanstående besvär/symtom?				Om jag: tror du att detta beror på din skolmiljö ?		
	Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej aldrig	Ja	Nej	Vet ej
Trötthet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tung i huvudet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Huvudvärk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
illamående	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
koncentrationsförmåga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klåda, sveda, irritation i ögonen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Irriterad, täppt eller rinnande näsa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Heshet, halstorrhet stötar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hosta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Torr eller rodnad hud i ansiktet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fjällning/klåda i hårbotten/öronen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Torr, kliande rodnad hud på händerna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Annat.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vad tycker du om miljön i	mycket bra	bra	acceptabel	dålig	mycket dålig
• skåphallar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• slöjdsalen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• syslöjdsalen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Besväras du av <b>smuts</b> ?	Ja <input type="checkbox"/>	Nej <input type="checkbox"/>
om ja , varför ( flera alternativ möjliga)	allmänstädningen otillräcklig	<input type="checkbox"/>
	allmänstädningen dåligt utförd	<input type="checkbox"/>
	smuts på skåp och dyl	<input type="checkbox"/>
	ingen storstädning	<input type="checkbox"/>
	annat ange vad :	<input type="checkbox"/>
	.....	

Har du någon form av <b>allergi</b> ? ja <input type="checkbox"/> nej <input type="checkbox"/>
Om ja mot vad ?

Har du <b>astma</b> eller andningsproblem?
ja <input type="checkbox"/> nej <input type="checkbox"/>

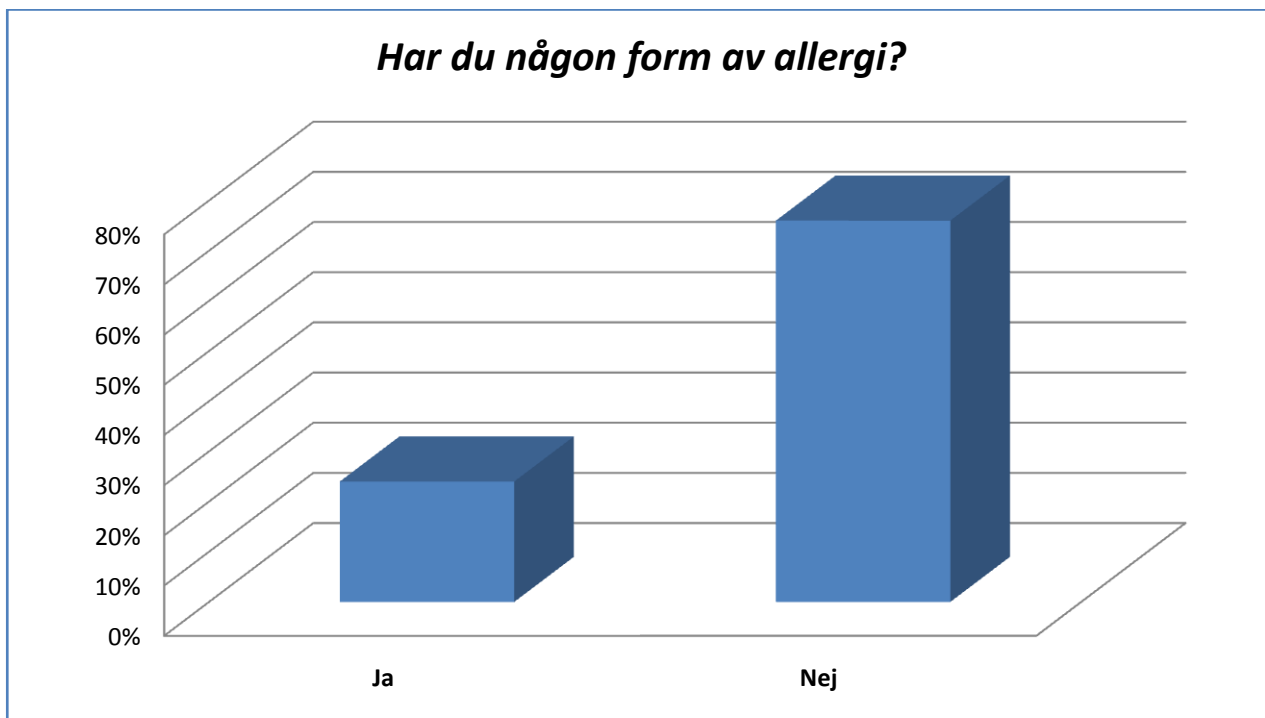
Besväras du av damm i luften ?

ja

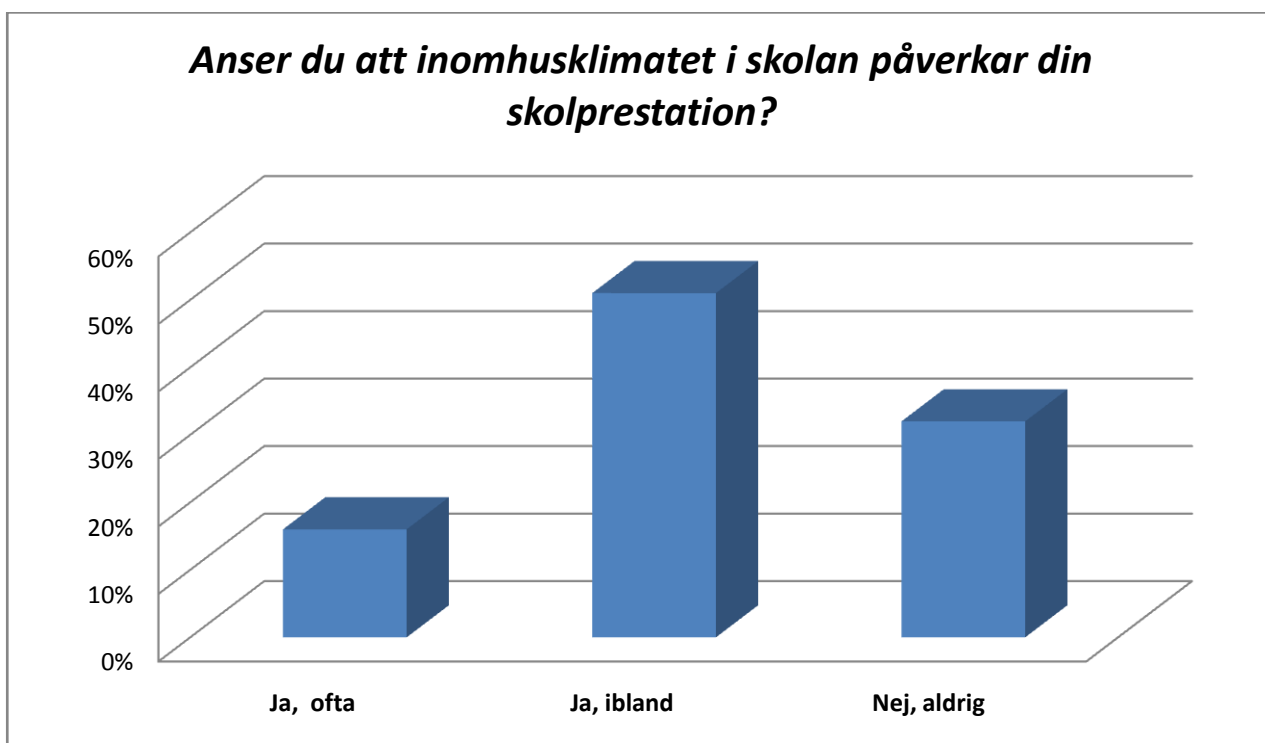
nej

**Övriga synpunkter**

## Bilaga 4 – Kompletterande data från enkätundersökningen



*Figur B.1* Andel av de tillfrågade som har någon form av allergi.



*Figur B.2* Andel av de tillfrågade som tror att inomhusklimatet i skolan påverkar deras skolprestation?