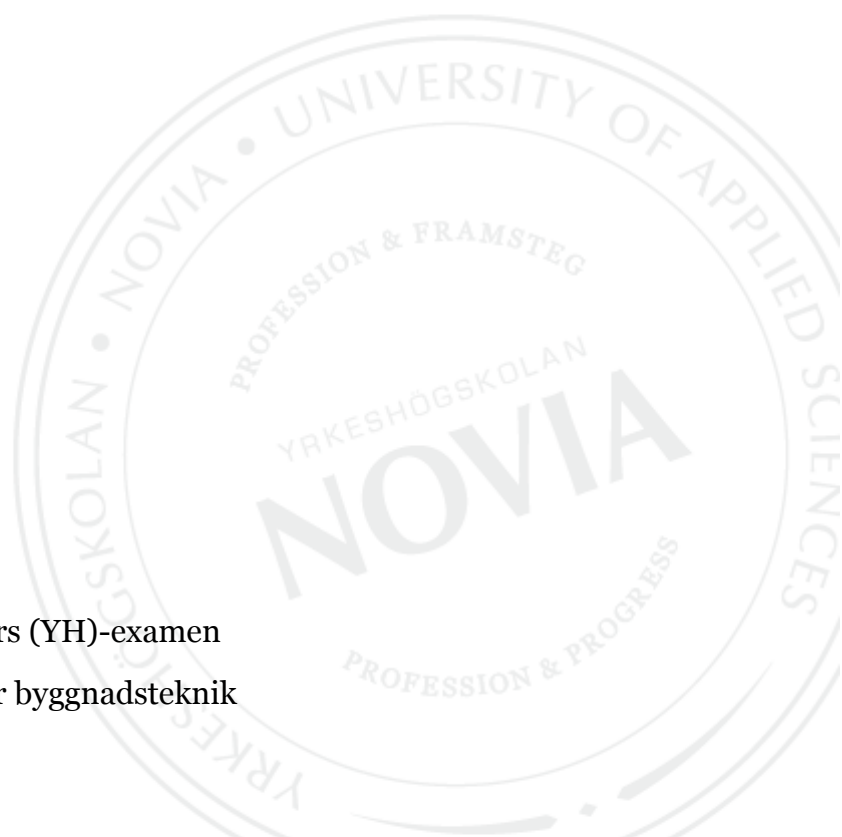


# **Undersökning av inomhusluft i Gymnasiet i Petalax**

Nicklas Ingves

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen  
Utbildningsprogrammet för byggnadsteknik  
Vasa, 2013



# EXAMENSARBETE

Författare: Nicklas Ingves  
Utbildningsprogram och ort: Byggnadsteknik, Vasa  
Inriktningalternativ: Byggnadsproduktion  
Handledare: Anders Borg & Minna Lundberg

*Titel: Undersökning av inomhusluft i Gymnasiet i Petalax*

---

Datum: 18.04.2013

Sidantal: 33

Bilagor: 3

---

## Abstrakt

Syftet med detta examensarbete var att undersöka om byggnadens skick är orsak till symptom på ohälsa, som en del studerande upplever, samt att i så fall ge förslag till åtgärder. Till de undersökta utrymmena hör fem klassrum i gymnasiet i äldre del. Beställare av arbetet är Tekniska avdelningen vid Malax Kommun.

I undersökningen har följande metoder använts för att kontrollera byggnadens skick: okulärbesiktning, analys av flyktiga organiska föreningar (VOC), materialprovtagningar för analysering av mikrober, luftflödesmätningar samt undersökningar med videoendoskop.

Från resultaten av materialproven framkom att halten av strålsvamp i ett av klassrummen översteg riktvärdet. På basen av att mikrober som indikerar fukt- och mögelskador har hittats är det möjligt att en fuktskada torkat i ett annat klassrum. Dessutom konstaterades att ventilationen, med avseende på luftflödesmängden, inte är tillräcklig. På basis av resultaten i den gjorda undersökningen rekommenderas att en mer utförlig undersökning av förekomsten av mikrober utförs. Dessutom föreslås att även ventilationssystemet undersöks mera ingående. Till undersökningen av ventilationssystemet hör både kontroll av ventilationskanalerna och orsaken till varför luftflödesmängden inte är tillräcklig.

---

Språk: svenska  
ventilation

Nyckelord: inomhusmiljö, VOC-prov, skolbyggnad,

---

# OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Nicklas Ingves  
Koulutusohjelma ja paikkakunta: Rakennustekniikka, Vaasa  
Suuntautumisvaihtoehto: Rakennustuotanto  
Ohjaajat: Anders Borg & Minna Lundberg

Nimike: *Sisäilman tutkimus Petolahden lukiossa*

---

Päivämäärä: 18.04.2013

Sivumäärä: 33

Liitteet: 3

---

## Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia onko rakennuksen kunto syy opiskelijoiden terveydellisiin oireisiin ja vielä antaa ehdotukset toimenpiteistä. Tutkittaviin huoneistoihin kuulu viisi luokkahuonetta lukion vanhassa osassa. Tilaaja on Maalahden kunnan Tekninen osasto.

Seuraavia menetelmiä on käytetty tutkimuksessa: okulaarinen katsastus, haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) analyysi, mikrobi-analyysi materiaalinäytteistä, ilmavirran mittaukset sekä tutkimukset videoendoskoopilla.

Tulokset materiaalinäytteistä näyttivät, että luokkahuoneessa sädesienien pitoisuus ylitti ohjearvon. Toisessa luokkahuoneessa kosteusvaurio indikaattorin mikrobit saattavat viitata osittain jo kuivuneeseen kosteus- ja homevaurioon. Sen lisäksi todetaan, että ilmavirta ilmanvaihtojärjestelmässä on epätydyttävä. Tulosten mukaan suositellaan, että yksityiskohtaisempi tutkimus mikrobi-esiintymistä suoritetaan. Vielä ehdotetaan, että tarkempi tutkimus ilmanvaihtojärjestelmässä suoritetaan. Tutkimukseen kuulu sekä ilmanvaihtojärjestelmän kanavien tarkastus että epätydyttävän ilmavirran synn tutkiminen.

---

Kieli: ruotsi Avainsanat: sisäilmasto, VOC-näyte, koulurakennus, ilmanvaihtojärjestelmä

---

# **BACHELOR'S THESIS**

**Author:** Nicklas Ingves  
**Degree Programme:** Construction engineering  
**Specialization:** Building production  
**Supervisors:** Anders Borg & Minna Lundberg

**Title:** *Examination of indoor air in Gymnasiet i Petalax*

---

**Date:** 18.04.2013

**Number of pages:** 33

**Appendices:** 3

---

## **Abstract**

The purposes of this Bachelor's thesis work were to examine if some students' symptoms of illness are caused by conditions in the building of Gymnasiet in Petalax, and also to make suggestions for action. The examined parts of the building are five classrooms in the oldest part of the school. The commissioner of this thesis is the Technical Department at the municipality of Malax/Maalathi.

The following methods have been used during the examinations of the condition of the building: ocular inspection, analysis of volatile organic compounds (VOC), analysis of microbes in the building materials, airflow measurements and video endoscope examinations.

The examinations revealed that the amount of aktinomyces in one of the classrooms was higher than the recommended value. In another classroom, indications of a previous damp damage, i.e. damp and mould indicating microbes, were found. It was also found out that the airflow in the ventilation system was not good enough. Based on the results of these examinations a more precise examination of the presence of microbes is recommended. It is also suggested that the ventilation system should be further examined. The channels in the ventilation system need to be studied more closely and the cause of the weak airflow in the ventilation system should be found.

---

**Language:** Swedish **Key words:** indoor environment, VOC, school building, ventilation

---

# Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
2. Syfte och problemprecisering.....	1
3. Teoretisk bakgrund.....	2
3.1 Allmänt om byggnadens inverkan på hälsan .....	3
3.2 Kvaliteten på inomhusluft i skolor.....	4
3.3 Kemiska ämnen i inomhusluften .....	4
3.3.1 Flyktiga organiska ämnen (VOC) .....	5
3.3.2 Aromatiska kolväten .....	6
3.3.3 Alkoholier.....	6
3.3.4 Aldehyder och ketoner .....	7
3.3.5 Syror och estrar .....	8
3.3.6 Terpener .....	8
3.3.7 Mikrobiellt alstrade flyktiga organiska ämnen (MVOC).....	8
3.4 Kemikalier i byggnads- och inredningsmaterial .....	9
3.4.1 Målfärg.....	10
3.4.2 Svårflyktiga kemikalier i byggnadsmaterial .....	10
3.5 Fukt.....	11
3.6 Mikroorganismer .....	12
4. Metoder och tillvägagångssätt.....	13
4.1 Okulär besiktning.....	13
4.2 VOC- kemisk luftanalys .....	14
4.3 Materialprovtagningar.....	15
4.3.1 Odling av materialprov.....	16
4.3.2 Analysering av materialprov .....	16
4.4 Undersökning med videoendoskop.....	18
4.5 Luftflödesmätning.....	19
5. Resultat och åtgärdsförslag .....	21
5.1 Resultat av okulär besiktning.....	21
5.2 Resultat av VOC-provtagningar .....	23
5.3 Resultat av materialprovtagningar .....	23

5.3.1 Tolkning av materialprov .....	24
5.4 Resultat av undersökning med videoendoskop.....	26
5.4.1 Filmning av dränering .....	26
5.4.2 Undersökning med videoendoskop av ventilationskanaler.....	26
5.5 Resultat från luftflödesmätning .....	28
6. Kritisk granskning och diskussion .....	30
6.1 Förslag till fortsatta undersökningar .....	31
Källförteckning.....	32

## Bilagor

### **Bilageförteckning**

Bilaga 1	Planritning av byggnaden med provtagningsställen markerade
Bilaga 2	Bestämning av lättflyktiga, organiska föreningar i inomhusluft
Bilaga 3	Definiering av mikrober i byggnadsmaterial

## 1. Inledning

När studerande i en skola får symptom som kan bero på byggnadens skick är det skäl nog att undersöka byggnadens kondition. Inomhusklimatet i en byggnad påverkas av både temperatur och luftkvalitet. Faktorer som påverkar luftkvaliteten är främst ventilation och luftföroreningar. Eftersom många av de ämnen som är kända att ge upphov till problem med hälsan är gasformiga, kan ämnena därför lätt förflytta sig med luften i ventilationen. Det finns många olika källor till problemen som kan ge symptom hos en del personer. Därför är det inte alltid så lätt att konstatera varifrån problem uppstår. Orsaken till symptomen kan uppkomma ifrån fuktskador, bristfällig ventilation, materialemissioner, dålig städning eller en sammansättning av flera orsaker. (Utbildningsstyrelsen, 2009, s. 7–8)

Detta examensarbete handlar om att undersöka varifrån problemen kommer som lett till symptom på ohälsa hos en del studerande vid Gymnasiet i Petalax. En av orsakerna till att denna undersökning gjorts är att en studerande fått läkarintyg på att denne inte får vistas i de nu undersökta klassrummen. Läkarintyget har givits på grund av symptom som kan misstänkas vara orsakade av byggnadens skick. Det som främst kommer att tas upp i detta examensarbete är vilka metoder som använts för de olika undersökningarna, allmänt om byggnaders inverkan på hälsan samt att ge förslag på vad som borde göras för att åtgärda problemen. Analyseringen av luftprover har utförts av laboratorieingenjör Minna Lundberg vid yrkeshögskolan Novia. Odlingen och analyseringen av materialprover har utförts av laboratorieingenjör Mika Korpi vid Vasa Yrkeshögskola. Uppdragsgivare är Tekniska avdelningen vid Malax Kommun.

## 2. Syfte och problemprecisering

Syftet med detta examensarbete är främst att undersöka huruvida orsaken till en del studerandes symptom på ohälsa är byggnadsrelaterade. Därtill att ge förslag till åtgärder på basen av resultaten. Undersökningarna har begränsats till fem utrymmen varav samtliga fem utrymmen är avsedda för undervisning. Utrymmena finns i byggnadens äldre del,

byggd 1985. Orsaken till att undersökningen endast omfattar dessa utrymmen, är att symptomen hos studerande har uppdagats i dessa rum. I denna undersökning sökes svar på följande frågor:

- På vilket sätt inverkar byggnadens skick på symptomen som studerande fått?
- Är ventilationssystemets skick en bidragande orsak till symptomen, om så är fallet, på vilket sätt?
- Är luftflödet tillräckligt?
- Vilka åtgärder kan göras för att förbättra situationen?

### **3. Teoretisk bakgrund**

I detta kapitel förklaras på vilket sätt byggnaden och inomhusluften inverkar på hälsan. Det som tas upp är dels allmänt om byggnadens inverkan på hälsan och dels även mera inriktat på skolbyggnaders inverkan på hälsan. Dessutom presenteras här de faktorer som inverkar på inomhusluften och dess kvalitet. Hit hör bland annat i inomhusluften vanligt förekommande kemiska ämnen och föreningar, fukt samt mikroorganismer.

Frågorna som nämndes i föregående kapitel och som genom detta examensarbete försöker besvara torde ge en relativt bra bild av de aktuella problemen. Byggnadens skick kan på olika sätt inverka på studerande och deras hälsa. Det som är väsentligast att få reda på är om symptomen faktiskt är orsakade av byggnadens skick. Om så är fallet, bör problemets ursprung hittas.

Ventilationssystemet kan också vara en inverkande orsak till de problem som uppstått. Många av de ämnen som inverkar på människans hälsa kan lätt sprida sig i luften och då också via ventilationen. Därför är det mycket viktigt att ventilationen fungerar som den ska, så att luften som på olika sätt har förorenats, renas och ersätts tillräckligt. Här kommer luftflödet också in i bilden. För att inomhusluften ska vara behaglig för dem som vistas där bör tillräckligt med frisk luft komma in i utrymmet, samtidigt som gammal luft sugs ut. Om luftflödet inte är tillräckligt kan det innebära att ämnen som kan inverka på hälsan inte



avlägsnas ur inomhusluften tillräckligt effektivt. Ett annat problem som kan uppstå vid otillräckligt luftflöde är att luften känns tung och kvav.

Det finns många olika typer av åtgärder som kan utföras i en byggnad, beroende på vilken typ av problem det är fråga om. Det som först och främst kan vara skäl att utföra är fortsatta undersökningar på ett specifikt problem. En annan sak kan vara att kontrollera att underhållet, till exempel av ventilationssystemet, har skötts som det ska.

### **3.1 Allmänt om byggnadens inverkan på hälsan**

I vår omgivning finns många olika källor som påverkar inomhusluften i våra hus. Kemikalier har olika ursprung som till exempel från datorer och plastmattor och utgör en del av den blandning av kemiska ämnen som inomhusluften består av. Produkterna eller materialen avger mest mängd ämnen när de är nya och avtar till en ganska konstant nivå efter några månader. Om materialen värms upp, exempelvis när man använder en skrivare tillförs större mängder av ämnen i luften. (Glas, 2012 , s. 55)

Även de som vistas i byggnaden tillför ämnen till luften via till exempel olika hygienprodukter och rengöringsmedel. Saker som förs in i byggnaden, såsom växter, kan också öka halten av ämnen i inomhusluften. Vattenskador kan påverka luftkvaliteten i byggnaden. Eftersom vatten krävs för att en mikrotillväxt ska ske är detta en bidragande faktor till att nya kemiska ämnen bildas när byggnadsmaterial på olika sätt bryts ner. Man kan ännu inte säga hur människan påverkas av de ämnen som upplöses i luften, men klart är att en del människor får symptom av att vistas i byggnader med osund luft. (Glas, 2012 , s. 55)

Ett begrepp som blivit allmänt för att benämna en byggnad som inverkar negativt på människors hälsa är SBS (Sick Building Syndrome) eller på svenska ”sjuka hus-syndromet”. SBS kallas ofta även för ospecifik byggnadsrelaterad ohälsa. Med begreppet SBS menas symptom som uppkommer när personen vistas i en byggnad och som försvinner när personen inte vistas i byggnaden. (Kompetenscentrum Byggnad - Luftkvalitet - Hälsa 2 (KLUCK, 2012 , s. 14)

World Health Organisation, WHO, beskriver att SBS omfattar följande symptom: mental trötthet, hudrodnad, ögon-, näs- och halsirritation, huvudvärk, hög frekvens av luftvägsinfektioner och hosta, känsla av torra slemhinnor och hud, illamående och yrselkänsla samt heshet, pipande andning, klåda och ospecificerad överkänslighet. (Kåvestad, 2010, s. 7)

Ett annat begrepp som också används för att benämna byggnader som inverkar negativt på människors hälsa är BRO, byggnadsrelaterad ohälsa. Begreppet BRO används när en diagnostiserad sjukdom kan relateras till att sjukdomen orsakats av en källa som finns i byggnaden eller av luftburna föroreningar i byggnaden. (Nyback & Snickars, 2012, s. 17)

### **3.2 Kvaliteten på inomhusluft i skolor**

Det har gjorts betydligt färre studier inriktade på inomhusluftskvaliteten i skolor än i andra specifika byggnadstyper. Man har i en undersökning av kvalitet av inomhusluften i europeiska skolor kunnat konstatera att orsaken till skolans problem med inomhusluften ofta är att underhållet inte skötts tillräckligt, ventilationen har fungerat dåligt, att man inte har städats tillräckligt samt att konstruktionen varit undermålig. Dålig inomhusluft i skolor inverkar på hälsan hos både elever och lärare. Vanliga symptom på ohälsa är astma och SBS, men man har också kunnat konstatera att prestationsförmågan hos studerande påverkas av dålig luftkvalitet. (Liljelind & Glader, 2012, s. 65)

### **3.3 Kemiska ämnen i inomhusluften**

Det är många människor som anser att de sjukdomar och besvär de har beror på inomhusluften i hus där de vistas. Enligt miljöhälsorapporten från 2001 säger sig en miljon svenskar i åldersgruppen 19 till 81 år ha symptom som de anser bero på inomhusmiljön. Det innebär att cirka 18 procent av den vuxna befolkningen i Sverige anser sig ha problem på grund av dålig inomhusluft. (Socialstyrelsen, 2006, s. 6–7)

Eftersom vi människor vistas en stor del av dygnets timmar inomhus, är inomhusluften och dess kvalitet en bidragande faktor till människans välbefinnande. Mängden föroreningar i luften är ofta flerfaldigade inomhus jämfört med utomhus. Man kan inte ännu i dagsläget ge någon rekommendation när problem med inomhusluften bör åtgärdas, eftersom det inte finns tillräckliga underlag av forskning och vetenskapliga studier för detta. Därför används istället hur luftkvaliteten upplevs av de som använder byggnaden som vägledning i hur problemen ska åtgärdas. Kemiska föroreningar bildas på flera olika sätt som till exempel från utandningsluft och svett, byggnadsmaterial, hushållsprodukter, föroreningar från utomhusluften samt aktiviteter i byggnaden så som matlagning. (Socialstyrelsen, 2006, s. 6–7)

Det finns dock två undantag där riktvärden för halten av enskilda ämnen har givits. Dessa två är 2-etyl-1-hexanol och TXIB. Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) rekommenderar att halten av TXIB bör understiga  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  som toluenekvivalenter eller  $16\mu\text{g}/\text{m}^3$  som ren förening. Motsvarande halter för 2-etyl-1-hexanol är  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  som toluenekvivalenter eller  $15\mu\text{g}/\text{m}^3$  som ren förening. Med toluenekvivalent menas att halten av föreningen räknas i förhållande till halten av toluen. (Valvira, 2011, s. 4)

### 3.3.1 Flyktiga organiska ämnen (VOC)

Organiska ämnen som finns i luften indelas efter hur flyktiga de är, alltså beroende på hur lätt de förångas, vilket bestämmer hur lätt de kan röra sig i luften. Flyktigheten är ofta kopplad till ämnets kokpunkt, ju högre kokpunkt desto lägre flyktighet. Flyktiga organiska ämnen, VOC (Volatile Organic Compounds) har indelats i fyra olika grupper beroende på ämnets kokpunkt: VVOC mycket flyktiga, VOC flyktiga, SVOC halvflyktiga samt POM partikelbundna. Kokpunkten hos dessa ämnen ligger mellan  $50\text{--}250\text{ }^\circ\text{C}$  (Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa). Totalhalt VOC, TVOC, är den totala mängden av flyktiga organiska föreningar från n-hexan till och med n-hexadekan. De VOC-ämnen som är utanför detta spektrum rapporteras också men tas inte med i TVOC. (Järnström, 2011, s. 12)

Man har genom kartläggningar kunnat få en bra bild av vilka VOC som vanligen finns i inomhusluften och i hur stora koncentrationer de finns. I en nybyggnad är den största

orsaken till att flyktiga organiska ämnen bildas, emissionen från de material som använts i byggnaden. Stegvis minskar denna emission och största delen kommer senare i stället från användningen av byggnaden. Mängden och sammansättningen av VOC beror på byggnadens ålder, årstiderna samt på om människor använder byggnaden. Det finns ofta betydligt större mängd VOC i inomhusluften i nyare byggnader än i äldre byggnader. Detta eftersom mängden VOC med tiden ventileras ut ur byggnadsmaterialen. (Socialstyrelsen, 2006, s. 9)

Det har påträffats flera hundra olika VOC i inomhusluften. De flesta påträffas också i utomhusluften, men i mycket mindre koncentration. I allmänhet är mängden av ett enskilt ämne i inomhusluften under  $1-10\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Detta både i byggnader där hälsoeffekter har konstaterats och i byggnader där inga besvär har rapporterats. (Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa) Följande kapitel, från 3.3.2 till 3.3.7, förklarar mera ingående om de ämnen som räknas till gruppen VOC.

### **3.3.2 Aromatiska kolväten**

De vanligaste förekommande aromatiska kolvätena i inom- och utomhusluften är trimetylbensener, toluen, xylener, bensen samt etylbensen. Vanligen förekommer de flesta av dessa som lösningsmedel i till exempel lim, färg och fogmassor. Ett undantag till detta användningsändamål är bensen som förekommer i bilavgaser i utomhusluften. Bensen utsöndras också från byggnadsmaterial. Dessutom kan tobaksrök öka mängden bensen i inomhusluften. (Socialstyrelsen, 2006, s. 11)

### **3.3.3 Alkohol**

Alkoholer består av kolatomer, väteatomer samt en syreatom. Kolatomen är bunden till syreatomen, varefter väteatomen binds till syreatomen. Av syre och väte bildas en hydroxylgrupp, -OH som är karaktäristiskt för gruppen alkoholer. I inomhusluften är vanliga alkoholer 2-etyl-1-hexanol, etanol, butanol, 2-butoxyetanol, n-butanol samt isopropanol. En ofta uppmärksammas alkohol med tanke på inomhusluft är 2-etyl-1-hexanol. 2-etyl-1-hexanol återfinns i lacker och målarfärger, och bildas genom hydrolys av

en del mjukgörare. Enligt Bra böckers lexikon innebär hydrolys att en kemisk förening sönderdelas när den tar upp vatten. Etanol bildas i människans ämnesomsättning och sprids i inomhusluften via utandningen. N-butanol, isopropanol samt 2-butoxyetanol finns i rengöringsmedel för golv och möbler. (Socialstyrelsen, 2006, s. 11)

### 3.3.4 Aldehyder och ketoner

Vanliga aldehyder som förekommer i inomhusluften är hexanal, formaldehyd, pentanal samt acetaldehyd. Aldehyder är ofta hälsofarliga och kan ge symptom som irritationer i andningsvägar och ögon. Formaldehyd är den aldehyd som vanligast förekommer i inomhusluften. I inomhusluften är formaldehyd en gas som avger en stickande, unken och obehaglig lukt. Formaldehyd används vanligen när polymerer tillverkas, men också i produkter som schampo och textilier (Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa). Polymerer, eller även polymera material, bildas av många små och likartade enheter som sammansätts i långa kedjor. Bland annat plasten polyeten som till exempel används i avloppsrör och plastpåsar är en polymer. (Ehinger, 2008)

Koncentrationen av formaldehyd i inomhusluften blir högre när luftfuktigheten och temperaturen stiger. Främsta orsaken till högre halter formaldehyd i inomhusluften är att resthalter av ämnet frigörs ur polymera material. Formaldehyd kan orsaka irritationssymptom i väldigt låga halter, 5–10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , hos personer som är känsliga. Utomhus är den främsta källan till uppkomsten av formaldehyd bilavgaser från fordon drivna med bensin och etanol. Vanligen är halterna högre inomhus än utomhus. (Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa)

Acetaldehyd används främst i kosmetika och hushållsprodukter. Även människan producerar via ämnesomsättningen acetaldehyd, som sedan sprids med utandningsluften. Utomhus är den viktigaste källan för acetaldehyd, precis som formaldehyd, bilavgaser. Eftersom dessa ämnen är mycket lättflyktiga kan man inte analysera dessa som andra VOC i inomhusluften, utan en annan typ av provtagning med reaktiv absorbent måste användas. (Socialstyrelsen, 2006, s. 12)

Ketoner används vanligen som lösningsmedel i lim och färg. Till gruppen ketoner hör bland annat 2-propanon, även kallad aceton, samt metylisobutylketon (MIBK). Aceton bildas också i människokroppen när fett bryts ner och finns därför i utandningsluften. I lokaler såsom föreläsningssalar och matsalar, där mycket folk vistas, är utandningsluften den största källan till uppkomst av aceton. (Socialstyrelsen, 2006, s. 12)

### **3.3.5 Syror och estrar**

Organiska syror bildas genom att två syreatomer binds till en kolatom och bildar därigenom karboxylgruppen,  $-\text{COOH}$ . Karboxylgruppen kännetecknar syror. Dessa föreningar kallas också karboxylsyror. Ättiksyra används i fogmassor som lösningsmedel och hittas ibland i inomhusluften. Ättiksyra bildas också i människan, som utsöndrar ättiksyra vid andningen samt via svett. Estrar bildas när karboxylsyra och alkohol kondenseras. Estrar har ofta en stark och behaglig lukt och används bland annat som syntetiska luktämnen. Ett exempel på estrar är butylacetat som bildas av ättiksyra och alkoholen butanol. Butylacetat luktar frukt och används som lösningsmedel i bland annat färg och lim. Ämnet detekteras också vanligen i inomhusluften. (Socialstyrelsen, 2006, s. 12–13)

### **3.3.6 Terpener**

Utomhus hittas terpener som utsöndras i stor mängd av träd och andra växter. Inomhus utsöndras terpener från olika träprodukter. Terpener utsöndras främst från träprodukter av barrträd. Terpener används även som doftämnen och lösningsmedel i olika hushållsprodukter och kan därifrån också utsöndras i inomhusluften. De terpener som bildas av dessa källor är limonen, 3-karen och  $\alpha$ -pinen. De två sistnämnda finns i lösningsmedlet terpentin. (Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa)

### **3.3.7 Mikrobiellt alstrade flyktiga organiska ämnen (MVOC)**

MVOC-ämnena uppkommer från mikroorganismer, från exempelvis mögelsvampar. MVOC förekommer i inomhusluft i byggnader med fukt- och mögelproblem. Det finns

stora variationer i strukturen och i produktionen av dessa ämnen. Variationerna beror till exempel på temperatur och fukthalt; i vilket stadiet mögelarten är; vilken typ av mögel som producerar MVOC samt beroende på vilken typ av material som mögelarten växer på. Lukten av MVOC kan vara obehaglig men koncentrationen är dock så låg att de inte är sensoriskt irriterande, det vill säga ger stickande känslor. MVOC-ämnena förekommer inte enbart från mikroorganismer utan kan även utsöndras från material och andra produkter i inomhusluften. Idag är det inte möjligt att genom mätningar särskilja MVOC från andra typer av VOC i inomhusluften (Socialstyrelsen, 2006, s. 13–14). Begreppet MVOC anses vara ett osäkert mått på förekomsten av mögelväxt eftersom MVOC-ämnena kan bero på andra källor och inte enbart mögel i material som är fuktskadat. (Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa)

### **3.4 Kemikalier i byggnads- och inredningsmaterial**

Kemikalier och olika kemiska produkter kommer i mängder in i inomhusluften via olika inrednings- och byggnadsmaterial. Egentligen ska dessa inte utsöndras ur byggnads- och inredningsmaterialen under byggnadens livstid, men de avges ändå i små mängder i inomhusluften. Det är inte lätt att bestämma hur mycket de enskilda materialens emissioner inverkar på den totala mängden ämnen som exponeras i en byggnad. Eftersom material kombineras med varandra i konstruktioner är det många faktorer som påverkar. (Socialstyrelsen, 2006, s. 16)

Om nya material monteras i en byggnad kan de ämnen som utsöndras ur dessa material fastna på andra material i byggnaden, vilket kallas sink-effekten. Processen minskar mängden av det nya ämnet som utsöndras i inomhusluften. Efter en tid då det nya ämnet mer eller mindre har slutat avge emissioner, börjar de ämnen som tagits upp av andra material igen utsöndras i inomhusluften. På grund av denna sink-effekt förlängs tiden som människor utsätts för ämnen som utsöndras ur nya material. (Socialstyrelsen, 2006, s. 16)

### 3.4.1 Målfärg

Vid utveckling av inomhusmålfärger som är vattenbaserade försöker tillverkarna att minska på tillsatsen av organiska lösningsmedel. En del av de ämnen som fortfarande används i målfärg, till exempel propylenglykol och n-butylacetat, avges länge i luften. Därför kan man få mätbara mängder av dessa ämnen lång tid efter att målningsarbetet har avslutats. (Socialstyrelsen, 2006, s. 17)

### 3.4.2 Svårflyktiga kemikalier i byggnadsmaterial

Under senare år har det kunnat konstateras att flera olika typer av svårflyktiga kemikalier har använts eller används fortfarande i byggnadsmaterial. Ämnen, som till exempel polyklorerade bifenyler (PCB) och ftalater, kan läcka ur materialen och avges i inomhusluften i partikelform, i aerosoler eller som gas. PCB som använts bland annat i fogmassor är svårflyktig och svårnedbrytbar. Av de 209 typer av PCB som teoretiskt kan finnas, har cirka 150 olika typer hittats i tekniska produkter och något färre antal i miljön. Man har bland annat konstaterat att djurs fortplantning kan störas av många av dessa ämnen och de kan också vara skadliga för människan. (Socialstyrelsen, 2006, s. 17–18)

PCB är ett halvfast eller flytande ämne som har hög kokpunkt. På 1960-talet användes PCB mycket flitigt inom byggnadsbranschen i bland annat golvmassor, fogmassor och som tätningssmassa i isolerrutor men idag är all användning förbjuden. PCB är i miljön mycket långlivat, i såväl vatten och luft som i olika grödor och i marken. PCB är skadligt för hälsan och kan påverka immunförsvaret, fortplantningsförmågan, nervsystemet samt eventuellt även inverka på utvecklingen av cancer. (Lundblad & Hult, 2006, s. 68–69)

Ftalater används som mjukgörare framförallt i PVC-mattor, men även i bland annat fogmassor, i färg, i förpackningsmaterial, i kosmetika samt i medicinsk utrustning. Ftalater är lågflyktiga ämnen och ingår i gruppen halvflyktiga organiska ämnen, SVOC. En del ftalater har klassats som giftiga eftersom de stör reproduktionen. Fortplantningsförmågan kan nedsättas och fosterskador kan uppkomma. Vanliga ftalater är till exempel dietylhexylftalat (DEHP) och bensylbutylftalat (BBP). BBP är inte bara giftig utan är dessutom klassad som miljöfarlig och mycket farlig för organismer i vatten. Flertalet



ftalater, som de två ovan nämnda, får inte längre användas i tillverkning av leksaker och andra produkter som används i barnvård, där risken finns att barnen kan stoppa produkten i munnen. (Socialstyrelsen, 2006, s. 17–19)

### 3.5 Fukt

Vattenånga finns i överallt i luften. När fuktig luft med hög ånghalt kommer i kontakt med en kall yta, till exempel en fönsterruta, kyls den fuktiga luften ner. Ju mera den fuktiga luften kyls ner, desto mera höjs den relativa fuktigheten. Om luften kyls ner under den så kallade daggpunkten måste luftens mängd av vattenånga minskas, vilket innebär att vattenångan blir till vätska på olika ytor. Detta kallas kondensering. Fukten kan transporteras på olika sätt i konstruktioner och material. För att fukt skall kunna påverka eller skada en byggnad måste det finnas ett ursprung för fukten, en källa. Dessa källor kallas för fuktkällor och dit hör bland annat fukt i form av nederbörd, luftfukt, byggfukt, markfukt och vattenläckage. (Samuelsson, Arfvidsson, & Hagentoft, 2007, s. 124)

Vanliga orsaker till problem i inomhusmiljön är att fukt inte kommer åt att torka ur byggkonstruktioner, vattenskador eller att den relativa fuktigheten (% RH) är förhöjd. Vatten tar sig lätt in i olika material och kan därför, om förhållandena är de rätta, förändra materialens egenskaper och emission. Detta kan leda till att kemiska reaktioner startar och att ämnen som kan vara besvärliga eller skadliga bildas. Exempel på sådana kemiska reaktioner är alkalisk eller sur hydrolys. Det är inte heller säkert att den kemiska processen som startats på grund av hög fukthalt, avbryts, fastän fukten torkats ut. Exempel på detta är när fuktiga spånskivor har monterats, och en hydrolys i det formaldehydbaserade limmet börjar och spånskivan börjar utsöndra formaldehyd. Ämnet kan sedan utsöndras under flera års tid efter monteringen. (Socialstyrelsen, 2006, s. 21)

Material där naturliga oljor har använts i tillverkningen, till exempel i linoleummattor, skadas också av vatten. I linoleummattor bryts bindemedlet ner och avger olika alkoholer, flyktiga fettsyror och aldehyder som sedan kan ge en obehaglig lukt. Exempel på material som är fukt känsliga är lim som är vattenbaserade och som används för montering av ytskikt, till exempel golvmattor. Denna typ av lim kan vid felhantering ge hälsoproblem. Exempelvis i lim för golvmattor av PVC kan ftalater enkelt hydrolyseras om underlaget är

för fuktigt. De vanligaste ämnena som sprids i luften av dylika skador är 2-etyl-1-hexanol och n-butanol. (Socialstyrelsen, 2006, s. 21)

### 3.6 Mikroorganismer

Mikroorganismer, eller mikrober, är livsformer med en eller flera celler som finns i alla miljöer. De flesta mikroorganismerna är ofarliga för människan, men det finns dock ett fåtal arter som är hälsoskadliga. En del av mikroorganismerna blir skadliga på grund av att de producerar toxiner, det vill säga gift. (Folkhälsoinstitutet, 1998, s. 27)

Samverkan mellan mikroorganismer, byggnaden och inomhusmiljön är mycket komplicerad. Mikroorganismer växer på alla typer av byggmaterial om det är tillräckligt fuktigt. När mögelsvampar börjar växa bildar de fruktkroppar, så kallade konidier, som i sin tur bildar sporer. Sporererna ligger i viloläge tills omgivningen är rätt med tanke på näring och fuktighet. Temperaturen är också viktig, optimal temperatur för tillväxt är 20–30 °C. Surhetsgraden (pH) bör också vara lämplig. Ozon och ultraviolett ljus är däremot inte bra för mikroorganismernas tillväxt. I miljön finns sporer överallt, halten varierar beroende på årstid, minst på vintern och mest på sensommaren. Halten av sporer är oftast högre utomhus än inomhus. Sporer har ingen egen specifik lukt och filtreras normalt bort i luftvägarna från inandningsluften. För att bekämpa mögelsvampar används olika gifter samt tillfälligt kan ozon också användas, ozon tar även bort lukter. Dock är det bästa sättet att motverka tillväxten av mikroorganismer, att se till att materialen är torra. (Samuelsson, Arfvidsson, & Hagentoft, 2007, s. 132–133)

Förutsättningar för att mikroorganismer ska växa är att det finns fukt samt att temperaturen och ljuset är rätt. En del bakterier och svampar avger en typisk mögellukt. Lukten finns kvar länge efter att mikroorganismen har torkat och luktämnet inte längre produceras. Typiska ställen där lukten sätter sig är i hår och i textilier. En del bakterier, såsom aktinomyccer bildar en stark och karaktäristisk lukt som förknippas med jord- och potatiskällare. Förutom sporer avger mikroorganismer olika ämnen som glukaner, toxiner och flyktiga organiska ämnen. I kapitel 3.3.7 förklaras mera ingående om det sistnämnda. (Folkhälsoinstitutet, 1998, s. 27–28)

Mögelsvamparter som i rätt omgivning kan bilda toxiner, till exempel *Penicillium expansum*, *Stachybotrys chartarum*, *Aspergillus versicolor* samt *Aspergillus flavus*, bör kontrolleras extra noga och om de hittas i inomhusluften ska de åtgärdas så snabbt som möjligt. En undersökning av eventuella brister i byggnaden, såsom vattenläckage och byggfukt bör alltid utföras om det förekommer mögellukt, bakterier eller mögelsvampar i byggnaden. (Folkhälsoinstitutet, 1998, s. 28)

## **4. Metoder och tillvägagångssätt**

I detta kapitel beskrivs hur en okulär besiktning görs, hur en kemisk luftanalys utförs samt hur provtagning för undersökningen genomförs. Dessutom beskrivs hantering, odling samt analysering av materialprover. Här redogörs för en undersökning med videoendoskop samt hur en luftflödesmätning utförs och analyseras.

### **4.1 Okulär besiktning**

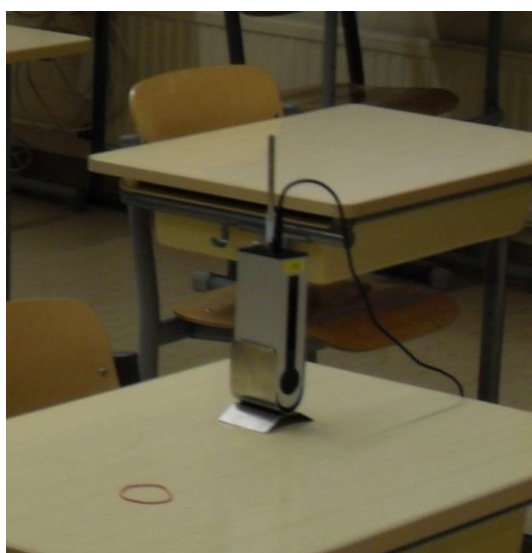
Med okulär besiktning menas att man utan att öppna konstruktioner undersöker det som kan ses med synen till exempel missfärgningar på väggar och fuktfläckar. Med kamera dokumenteras de fel och brister som påträffas. Det kan vara bra att markera de olika upptäckterna på en planritning för att göra det mera överskådligt. På planritningen kan också ritas in var undersökningar gjorts, till exempel var materialprov tagits och var fukt har uppmätts. Exempel på en sådan planritning med markeringar hittas i bilaga 1. (Kåvestad, 2010, s. 47)

Man bör också kontrollera eventuella främmande lukter vid undersökningen. Eftersom luktsinnet vänjer sig snabbt vid nya miljöer är det skäl att ta reda på var lukten är som starkast och undersöka de utrymmena så snabbt som möjligt. En del lukter är ibland så otydliga att bara känsliga personer reagerar på dem. Mängden ämne kan också vara så pass liten att den är svår att mäta. Av den orsaken är det ibland nödvändigt att skära upp en bit i exempelvis golvmaterialet för att lukten ska framträda tydligare. (Kåvestad, 2010, s. 46)

## 4.2 VOC- kemisk luftanalys

Vid en VOC-provtagning i inomhusluft mäts vilka flyktiga organiska sammansättningar som finns samt dess koncentration. Med en VOC-analys kan man kontrollera om det finns ämnen i inomhusluften som kan tyda på en skada eller ämnen som kan uppkomma vid problem med emissioner. De halter som uppmäts är ofta väldigt låga och därför är det mycket sällan de överstiger de gränsvärden som finns. Däremot är de uppmätta halterna tillräckligt höga för att antyda om vidare undersökningar behövs i byggnaden och på så sätt förebygga de eventuella skadorna. (Pegasus lab, 2005)

Flyktiga organiska föreningar i inomhusluften samlas in med hjälp av en pump och ett Tenax TA-rör, se figur 1. Röret innehåller en absorbent som organiska föreningar fastnar på. Denna metod kallas aktiv provtagning. Luften pumpas med en hastighet på fyra till femton liter per timme. Föreningarna frigörs från absorbenten genom termisk desorption. Proven analyseras i en gaskromatograf med en massaspektrometer. Ur proven kan man sedan få fram totalhalten av flyktiga organiska föreningar (TVOC) samt även definiera och identifiera enskilda föreningar och deras halter. För att en enskild förening skall kunna upptäckas bör det finnas cirka  $1\mu\text{g}/\text{m}^3$  i luften. (Sosiaali-ja terveysterveysministeriö, 2003, s. 138)



*Figur 1. VOC-provtagning, pump och absorbentrör (Tenax TA).*

Resultaten som fås vid en VOC-undersökning, TVOC, är i allmänhet inte tillräckligt noggranna. Detta gör att man inte som sådan kan använda TVOC för att bedöma hälsorisken. Däremot vid förhöjda halter av TVOC, till exempel över 600  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , bör man undersöka de enskilda föreningarna ytterligare. Halterna av TVOC ligger vanligen mellan 200–300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . I inomhusluften finns vanligen mellan 50 och 300 olika organiska föreningar som kan analyseras. Halten av ett enskilt ämne överstiger sällan 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En del föreningar är svåra att mäta eftersom de förändras beroende på omständigheterna i närmiljön, såsom av hög yttemperatur. (Sosiaali-ja terveysterveysministeriö, 2003, s. 136)

Flyktiga organiska ämnen definieras i inomhusluften enligt standarderna ISO/DIS 16000-6 samt ISO 16017-2: 2003. Det är inte lätt att bedöma i hur stor utsträckning kemiska ämnen kan inverka på hälsorisken, eftersom det sällan är känt vad som orsakar hälsoriskerna. När provresultaten tolkas bör man veta vilka halter enskilda föreningar vanligen har i inomhusluften, för att kunna konstatera om någon förening finns i betydligt större halter än normalt. Man bör också veta om föreningarna uppstår från byggnads- och inredningsmaterial eller från de boende, till exempel från matlagning eller dylikt. Resultaten från en VOC-undersökning kan variera beroende på vilken metod som används i laboratoriet i fråga. (Sosiaali-ja terveysterveysministeriö, 2003, s. 137–138)

### **4.3 Materialprovtagningar**

Med materialprov undersöks halterna av olika ämnen, bland annat mögel och PCB. Provtagningsätten kan variera beroende på vilken typ av ämnen som undersöks men i detta fall är det fråga om mögelprover. För att kunna hålla reda på varifrån olika materialprov tagits är det viktigt att namnge de olika proven noggrant. Materialproverna i denna undersökning är tagna ur ytterväggs- samt mellanväggskonstruktioner och varje prov torde innehålla minst ett gram material. Provmaterialet sattes i lufttäta påsar för att sedan skickas till ett laboratorium för odling och identifiering.

### 4.3.1 Odling av materialprov

För att erhålla ett tillförlitligt resultat vid odling av materialprov, rekommenderas att proven förvaras i kylskåpstemperatur (4–8 °C) före odling. Provet ska så snabbt som möjligt bli kylskåpstempererat, helst redan dagen efter provtagningen. Materialproven bör undersökas i mikroskop, antingen direkt i mikroskopet eller från ett så kallat tejpprov. Mikroskoperingen är speciellt viktig före odling, om fuktigt material misstänks ha torkat och de mikrober som funnits inte längre är livskraftiga. Prov som innehåller torkade mikrober ger inget resultat vid odling. (Social- och Hälsovårdsministeriet, 2003, s. 84)

Efter mikroskopieringen finfördelas eller hackas provet i små bitar. Vid hantering av proven bör arbetet utföras aseptiskt, det vill säga renligheten är viktig. Referensprov bör alltid hanteras så att kontamination med andra prover undviks. Av det finfördelade provet tas ett delprov på minst ett gram, som blandas med spädninglösning för att få koncentrationen  $10^{-1}$ . Till exempel att fem gram av provet späds med 45 milliliter av spädninglösningen. Om detta prov absorberar i stort sett allt av spädninglösningen, är det skäl att ändra utspädningen till  $10^{-2}$ , till exempel två gram av provet och 198 milliliter av spädninglösning. Kärlet innehållande provsuspensionen försluts omsorgsfullt och blandas om ordentligt. (Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö, 2003, s. 160–161)

Efter förbehandlingen av proverna färdigställs spädningsserier av provsuspensionerna. Av referensproven färdigställs en spädningsserie med koncentrationen upp till  $10^{-3}$  eller  $10^{-4}$ . För att underlätta pipettering av provmaterial, kan man vid behov sila bort spädninglösning med hjälp av en steril tesil av metall, före framställning av spädningsserie. Spädningarna odlas och inkuberas sedan i värmeskåp i  $25 \pm 3$  °C. Växttiden på odlings-skålar gjorda för bakterier är sju plus sju dygn och på odlings-skålar gjorda för svamptillväxt är växttiden sju dygn. (Social- och Hälsovårdsministeriet, 2003, s. 85)

### 4.3.2 Analysering av materialprov

När bakterieskålarna har vuxit i sju dygn, tas de ut och det totala antalet bakteriekolonier räknas på odlings-skålarna. Proven odlas därefter ännu i sju dygn och efter dessa sju dygn

räknas antalet aktinomyceskolonier, alltså strålsvampkolonier. Aktinomyceskolonier skiljer sig från andra bakterier på så sätt att de är runda (allmänt under fem millimeter i diameter), puderliknande, torra, sitter ofta hårt fästa i underlaget samt dess färg varierar allt från vitt, ljusgrått till en gulaktig nyans. (Sosiaali-ja terveysterveysministeriö, 2003, s. 161–162)

När aktinomyces undersöks i mikroskop upptäcks mycel och runda eller ovala sporer. Mycel av aktinomyces (cirka  $1\mu\text{m}$ ) är klart spädare än svampmycel (cirka  $2\text{--}10\mu\text{m}$ ) samt sporererna är betydligt mindre av aktinomyces än av svamp. Ett kännetecken för aktinomyces är en stark mull eller jordkällarlukt. Lukten märks redan från en enda aktinomyceskoloni som odlats på en odlingskål. Andra bakteriekolonier är i allmänhet fuktiga. Ofta är formen obestämd och färgen varierar mellan vitt, gult och rött. Dessa bakterier bildar inte mycel, varför endast cellmassan syns i mikroskop. (Sosiaali-ja terveysterveysministeriö, 2003, s. 161–162)

Odlingskålar gjorda för svamptillväxt odlas i sju dygn och därefter räknas det totala antalet svampkolonier. Samtidigt räknas de olika mögel- och jästkolonierna var för sig. Skillnaden mellan mögel- och jästkolonier är att mögelkolonierna är håriga, fuktiga, puderliknande samt till färgen grön, vit, grå, gul eller nästan svart. Jästkolonierna är däremot torra, till storleken ofta mindre än mögelkolonier samt till färgen röd eller vit. När mögel undersöks i ett ljusmikroskop observeras mycel samt sporer med olika form och storlek. När en dylik undersökning utförs på en jästart syns oftast bara jästceller, eftersom jäst inte bildar mycel. Jästceller skiljer sig från andra bakterieceller också i storlek. Jästceller har en diameter på tre till tjugofyra mikrometer medan bakteriernas diameter ligger mellan en tiondels och en mikrometer. (Sosiaali-ja terveysterveysministeriö, 2003, s. 162)

Mest tillförlitliga är de odlingskålar där antalet kolonier på skålar gjorda för svamptillväxt ligger under 150 kolonier samt odlingskålar för bakterier under 250 kolonier. Om antalen överskrider dessa antal, men fortfarande är möjliga att räkna, kan resultatet ges som en grovre uppskattning till exempel över 350 cfu/g, (colony forming unit/ gram). Resultaten av odlingarna anses tillförlitliga om halterna av mikrober kan räknas från minst två utspädningsserier i följd. (Social- och Hälsovårdsministeriet, 2003, s. 85)

Resultatet av en skål kan underkännas om det är tydligt att kolonierna växer ovanpå varandra eller om odlingen misslyckas, till exempel att kolonier endast växer på en del av

skålen. En del jästarter som till exempel trichoderma och rhizopus växer mycket snabbt och kan därför växa över andra kolonier, vilket leder till att resultatet bör underkännas. (Sosiaali-ja terveysterveysministeriö, 2003, s. 162–163)

Om det inte växer en enda koloni på den svagaste spädningsserien och det på föregående spädningsserie högst växer några tiotals kolonier, bör även den odlingen med ingen tillväxt på tas i beaktande. Spädningsserier och odlingsskålar som utförs parallellt ökar odlingsanalysens tillförlitlighet, eftersom man vid parallell odling kan jämföra och kontrollera hur spädningsserierna och odlingarna lyckas. Om resultaten vid en parallellodling avviker kraftigt från varandra kan man beräkna fram ett resultat med ett så kallat dispersionsindex. (Sosiaali-ja terveysterveysministeriö, 2003, s. 163)

#### **4.4 Undersökning med videoendoskop**

Ett videoendoskop kan användas när det inte är möjligt att ta sig till det utrymme som ska undersökas, till exempel ventilationssystem och dräneringar. Ett videoendoskop är i princip en kamera där kamerans lins är monterad i änden av en kabel. En lampa är också vanligtvis monterad i kabeln för att öka synbarheten. Detta gör att bilder eller film kan fås från svåråtkomliga ställen. I denna undersökning har två typer av videoendoskop använts. Den första användes för att kontrollera dräneringsrörens skick och den utfördes av ett företag som utför avloppstjänster och dylikt. Innan filmningen påbörjades, spolades dräneringsrören, för att filmningen skulle underlättas. I figur 3 på sidan 19 ses ett exempel på utrustning för filmning av dränering. Den andra typen av videoendoskop användes för att kontrollera kanalerna i ventilationssystemet. Utrustningen som användes för denna undersökning ses i figur 2 på sidan 19. Med detta videoendoskop var det möjligt att styra linsen i olika riktningar för att ytterligare öka synbarheten. Undersökningen utfördes av laboratorieassistent Ronald Pått vid Technobotnia.





*Figur 2. Videoendoskopundersökning med GE XL VU videoprobe. Styr- och bildenheten samt en del av linskabeln.*



*Figur 3. Exempel på utrustning för filmning av dränering. Till vänster är monitor och inspelningsutrustning samt till höger linskabeln som finns inuti ställningen. (rockford-industrial, u.å)*

## 4.5 Luftflödesmätning

En luftflödesmätning kan utföras för att kontrollera om luftmängden i ett utrymme byts ut tillräckligt ofta, det vill säga att luftväxlingen är tillräcklig. Vid mätningen kan man till exempel använda en luftflödesmätare som man kopplat en flödestratt till, vilken ses i figur

4 på sidan 21. Denna metod lämpar sig för mätning av ventilationssystem med runda ventilationsdon. Syftet med luftväxlingen är att ventilera bort de orenheter som finns i inomhusluften och samtidigt se till att rena den ersättningsluft som tas in. De orenheter som finns i inomhusluften kommer i allmänhet från människornas ämnesomsättning, från den verksamhet som utförs i utrymmet, från byggnads- och inredningsmaterial samt ibland även från jordmånen i form av radon. Luftväxlingen i en byggnad kan direkt eller indirekt ha en inverkan på de faktorer som förorsakar hälsoproblem i en del utrymmen. (Social- och Hälsovårdsministeriet, 2003, s. 25)

Enligt Finlands byggbestämmelsesamling D2, bör uteluftflödet i allmänhet överstiga fyra liter per sekund och person. I bostäder och andra vistelseutrymmen bildas det av olika orsaker större mängder orenheter i luften, så därför bör uteluftflödet per person överstiga åtta liter per person. När uteluftflödet dimensioneras bör man ta i beaktande de aspekter som uppstår om luftväxlingen är för kraftig såsom drag, oljud från ventilationen samt att luften inomhus kan kännas torr när utetemperaturen går under  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . (Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus, 2003, s. 56)

I undervisningsutrymmen varierar det, enligt Finlands byggbestämmelsesamling D2, rekommenderade uteluftflödet beroende på vilken typ av utrymme det är fråga om. Det rekommenderade värdet kan beräknas antingen via personantal eller enligt golvyta. Exempelvis i ett grupprum bör uteluftflödet vara  $8\text{ (l/s)/person}$  eller  $4\text{ (l/s)/m}^2$  golvyta. (Miljöministeriet, 2011)

Luftmängden i ett vistelseutrymme bör enligt Finlands byggbestämmelsesamling D2 ha en luftväxlingskoefficient på  $0,5\text{ 1/h}$ , vilket innebär att halva luftmängden som finns i ett utrymme bör bytas per timme. Ventilationen i andra byggnader än bostadshus kan dock dras ner till luftväxlingskoefficient  $0,2\text{ 1/h}$  då byggnaden inte används. (Miljöministeriet, 2011, s. 26)



*Figur 4. Luftflödesmätare och flödestratt.*

## **5. Resultat och åtgärdsförslag**

I detta kapitel presenteras resultaten av de olika undersökningarna som utförts i byggnaden. Därtill ges också åtgärdsförslag på det som borde åtgärdas. Åtgärdsförslagen finns i slutet av varje underkapitel var resultat beskrivs.

### **5.1 Resultat av okulär besiktning**

Det kunde inte konstateras särskilt många problem under den okulära besiktningen. De problem och brister som konstaterades var främst sprickor i väggar och akustikskivor som missfärgats av antingen orenheter från ventilationens tilluftskanaler eller av fukt. I figur 5, 6 och 7 på sidan 22 visas de nämnda felen.



*Figur 5. Sprickor i yttervägg under fönster.*



*Figur 6 och 7. Missfärgade akustikskivor i taket, den vänstra är missfärgad troligen av fukt och den högra av orenheter i tilluftskanalerna.*

Det som förslagsvis skulle kunna åtgärdas är att de missfärgade akustikskivorna byts ut mot nya. Orsaken till att akustikskivor eventuellt missfärgats av fukt bör undersökas ytterligare.

## 5.2 Resultat av VOC-provtagningar

VOC-provtagningen utfördes i fem utrymmen, matsalen hör inte till de utrymmen som skulle undersökas, men i denna undersökning togs matsalen med som referensutrymme. Enligt VOC-analysen finns inga större problem med kemiska föreningar i provtagningarna. Halterna av TVOC är mycket låga, mellan 20 och 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , vilket är långt under social- och hälsovårdsministeriets rekommendationer på 600  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Med rekommendationerna menas om halten av TVOC överstiger 600  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bör vidare undersökningar utföras. Av de enskilda ämnena kan 1-butanol och 2-etyl-1-hexanol nämnas, eftersom de ofta räknas som problematiska i inomhusluftsynpunkt. Halterna av dessa två ämnen är också låga. En möjlig orsak till de uppmätta halterna av dessa två material är att plastmattorna utsöndrar en liten mängd av ämnena. Rapporten av VOC- analysen finns i bilaga 2.

## 5.3 Resultat av materialprovtagningar

Materialprov togs på fem provtagningsställen, varav tre prov togs ur en yttervägg och de två resterande togs ur en mellanvägg. Enligt rapporten från odlingen och analysen av materialproverna finns det en del problem främst med strålsvamp i materialproven. Enligt social- och hälsoministeriets direktiv tyder det på fukt och mögelproblem om halten av aktinomyces (strålsvamp) överstiger 500 cfu/g. I tabell 1 på sidan 24 visas halterna av strålsvamp på de olika provtagningsställena. Halten av strålsvamp överstiger gränsvärdet i prov 2 och är förhöjd i prov 4. I rapporten från odlingen och analysen av materialproverna sägs också att fastän halterna är låga i prov 1 tyder odlingen på en torkad fuktskada, eftersom de mikrober som vuxit på odlingen är indikatorer på fukt- och mögelskador. Rapporten i sin helhet finns i bilaga 3. En planritning med provtagningsställena markerade och numrerade finns i bilaga 1.

Tabell 1. Provtagningsställen och halten av strålsvamp.

Provtagningsställe	Odling för bakterietillväxt, THG-agar (cfu/g)
Prov1, klassrum 31 mellanvägg	AKT <149
Prov 2, klassrum 32 yttervägg	AKT <668 >500cfu/g
Prov 3, klassrum 32 yttervägg	AKT <89
Prov 4, klassrum 31 yttervägg	AKT <410
Prov 5, klassrum 33 mellanvägg	AKT <118

**AKT = aktinomyces (strålsvamp)**

Enligt social- och hälsovårdsministeriet rekommendation: AKT under 500 cfu/g

En möjlig orsak till den tillväxt som hittats är att vatten har trängt in genom ytterväggskonstruktionen när det har regnat. För att få en klarare bild av i vilken utsträckning mikroberna finns, föreslås att en mera utförlig undersökning av mikrobtilväxten utförs.

### 5.3.1 Tolkning av materialprov

I byggnadsmaterial finns alltid mikrober. Speciellt i de material som används i utvändiga konstruktioner, till exempel i värmeisoleringen, finns mikrober som annars hittas naturligt i utomhusluften. I de material som används i nedre bjälklag och i ytterväggar som är i kontakt med marken uppmäts ofta höga halter av mikrober. Detta behöver inte betyda att det är en fuktskada som har orsakat mikrobtilväxten. I en del utrymmen bildas ibland sporer som uppkommit ur utomhusluften eller ur marken som inte har bildat tillväxt. (Sosiaali-ja terveysministeriö, 2003, s. 168)

Material som tagits ur nedre bjälklag eller yttervägg, där halterna av mikrober är mycket höga, är hälsoskadliga endast om produkter av sporer och mikrobers metabolism transporteras i inomhusluften. Om en fuktskada uppstår i närheten av mikrobtilväxten kan detta vara mycket skadligt för byggnadens konstruktioner. Då måste orsaken till fuktskadan åtgärdas och mikrobtilväxten tas bort. (Sosiaali-ja terveysministeriö, 2003, s. 168)

Halterna av mikrober i ett byggnadsmaterial påverkas av materialets egenskaper, sammansättning och provhanteringen. Därför är det användbart att vid tolkningen av ett materialprov kunna jämföra materialprov från det undersökta objektet med ett jämförelseprov. Exempel på fördelningen av halten svampsporer i olika byggnadsmaterial kan ses i tabell 2. Det som kan ses ur tabellen är att även om provet inte har några synliga skador, kan mikrober ändå växa vid odling av provet. (Sosiaali-ja terveystministeriö, 2003, s. 168)

*Tabell 2. Exempel på fördelningen av halten svampsporer i olika typer av material. Prover med synliga skador (skadat) och prover utan synliga skador (jämförelse)*

<b>Material (n)</b>	<b>Halter av svampsporer (cfu/g)</b> Variationsbredd
<b>Trä</b>	
Skadat (670)	< 45*-150 000 000
Jämförelse (55)	<45-310 000
<b>Skivor</b>	
Skadat (83)	<45- 36 000 000
Jämförelse (4)	1421-2000
<b>Mineralisoleringsringar</b>	
Skadat (390)	<45-58 000 000
Jämförelse (25)	<45-230 000
<b>Målarfärger, limmer</b>	
Skadat (125)	<45-11 400 000
Jämförelse (12)	<45-270
<b>Plaster</b>	
Skadat (223)	< 45-61 000 000
Jämförelse (5)	<45-1000
* analysens definieringsgräns	

(Sosiaali-ja terveystministeriö, 2003, s. 169)

Förekomst av svamptillväxt kan anses i byggnadsmaterial, om mängden svampsporer i provet är minst  $10^4$  cfu/g. Om mängden bakterier är minst  $10^5$  cfu/g, tyder detta på bakterietillväxt i materialet. Då mängden aktinomyces överstiger 500 cfu/g tyder det på tillväxt av aktinomyces i provet. För att upptäcka mikrobkontamination kan det underlätta att använda jämförelseprover. Om mängden svampsporer är minst 100 gånger högre i ett materialprov än i ett motsvarande jämförelseprov, tyder resultatet på svamptillväxt i materialprovet. Mängden mikrober i ett materialprov kan vara låg om det är fråga om tillväxt som delvis har torkat. Då kan ovanliga arter hänvisa till skador. Även

mikroskopering av materialet och andra observationer av skadeobjektet stöder resultaten. (Social- och Hälsovårdsministeriet, 2003, s. 79)

## **5.4 Resultat av undersökning med videoendoskop**

I detta kapitel presenteras resultaten från de två undersökningarna med videoendoskop. Eftersom utrustningen som användes vid filmningen av dräneringssystemet gav rörliga bilder finns inga bilder från den undersökningen i detta arbete.

### **5.4.1 Filmning av dränering**

Eftersom det misstänktes att ett dräneringsrör vid ett tidigare grävningsarbete hade skadats, bestämdes det att en filmning av dräneringsrören skulle utföras. Misstankarna om att röret var skadat visade sig vara korrekta. Där det tidigare grävningsarbetet hade utförts hade dräneringsröret av någon orsak tryckts ihop. Några andra skador i dräneringsrören syntes inte. Det skadade dräneringsröret är nu utbytt och dräneringssystemet bör fungera som det ska.

### **5.4.2 Undersökning med videoendoskop av ventilationskanaler**

Orsaken till att denna undersökning utfördes var för att undersöka ventilationskanalernas skick och material. Undersökningen av ventilationskanalerna visade att ventilationen i klassrummen har dragits inuti mellanbjälklagets hålplattors hålrum, se figur 8 på sidan 27. Detta innebär att ytan inuti kanalen är betong och inte plåt som i vanliga fall. Enligt projektets arbetsbeskrivning borde kanalerna för maskinell ventilation ha varit av plåt. Men när ventilationsritningarna studerats är det beskrivet att ventilationskanalerna i klassrummen från fördelningskanalerna i korridoren skall dras i hålplattorna. I figur 9 på sidan 27 ses ett anslutningsrör från fördelningskanalen, där ett plåtrör har använts som ventilationskanal.





*Figur 8. Inuti ventilationskanalen i ett klassrum, syns det att ytan i kanalen är av betong.*



*Figur 9. Anslutningsrör av plåt.*

Det hittades också en hel del skräp i kanalerna, främst rester av betong. I figur 10 på sidan 28 syns inuti kanalen skräp som täpper igen nästan hela ventilationskanalen.



*Figur10. Skräp inuti kanalen i form av betong rester och ett plastlock.*

De åtgärder som föreslås är att en utförligare undersökning görs av ventilationssystemet, där hela systemet går igenom. En rengöring av kanalerna är också att rekommendera för att få bort skräp ur dessa. Därtill skulle det vara lämpligt att utreda om de ventilationskanaler som dragits i hållplattornas hålrum bör göras om. Det finns olika lösningar för att få ett kanalsystem där luften i ventilationen inte kommer i kontakt med betongytan. En möjlighet är att nya ventilationskanaler av plåt dras ovanpå mellanbjälklaget och att det därefter borras hål igenom mellanbjälklaget till ventilationsdonen. En annan möjlighet är att rör, av antingen metall eller kompositmaterial, dras inuti den befintliga kanalen.

## **5.5 Resultat från luftflödesmätning**

Luftflödesmätningar med avseende på både till- och frånluft utfördes i två klassrum. Enligt Finlands byggbestämmelsesamling, D2, bör luftflödet för undervisningsanstalter och då specifikt gruppum vara 8 (l/s)/person eller 4 (l/s)/m<sup>2</sup>. Ur tabell 3 på sidan 29 framgår de värden som uppmättes samt de rekommenderade värdena enligt Finlands byggbestämmelsesamling D2.

Enligt de mätningar och beräkningar som gjorts för denna undersökning tyder det på att luftväxlingen och luftflödet är för låga. Möjliga orsaker till detta kan vara till exempel att gallret till tilluften i ventilationsmaskinen är igentäppt, att något av filtren är igentäppt eller

att spjällen i ventilationskanalerna inte fungerar som de ska. Möjliga åtgärder är först att kontrollera att de punkter som nämnts som möjliga orsaker till problemen är i skick. Därtill kunde också en rengöring av ventilationskanalerna vara på sin plats.

Tabell 3. Uppmätta luftflöden samt rekommenderade värden.

<b>Uppmätta värden</b>				
	<b>Klassrum 31</b>		<b>Klassrum 33</b>	
	Tilluft (l/s)	Frånluft (l/s)	Tilluft (l/s)	Frånluft (l/s)
	2,50	7,00	1,50	12,20
	2,50	7,10	1,40	10,40
	1,01	9,00	2,00	10,70
	3,10	10,90	1,60	10,40
	3,20	8,00	1,15	7,00
	2,00	11,00	1,10	11,70
<b>Totalt(l/s):</b>	14,31	53,00	8,75	62,40
<b>Rekommenderade värden enligt Finlands Byggbestämmelsesamling D2</b>				
<b>Personantal:</b>	26	st.	26	st.
<b>8l/s x personantal</b>	208	l/s	208	l/s
<b>Golvvyta:</b>	55	m <sup>2</sup>	56	m <sup>2</sup>
<b>4 l/s x golvvyta</b>	220	l/s	224	l/s

## 6. Kritisk granskning och diskussion

Syftet med detta examensarbete var att undersöka om byggnadens skick är orsak till symptomen på ohälsa hos en del studerande. Enligt de undersökningar som utförts tyder det på att byggnaden kan vara orsaken till de hälsoproblem studerande fått. Speciellt de resultat som visar förekomsten av mikrober samt ventilationens svaga luftflöde, visar att något är fel och att vidare undersökningar bör utföras. Ett ökat luftflöde kunde förbättra luftkvaliteten och även se till att de som vistas i utrymmet orkar bättre när luften inte är tung och kvav.

De analyser som utförts, till exempel VOC och materialprover, har utförts av personer med lång erfarenhet av dylika analyser. Tillförlitligheten av dessa analyser torde därför vara hög. Insamlingen av proverna har utförts av skribenten, som har fått bra anvisningar i hur provtagningarna skall gå till samt vilka faktorer som är viktiga för att få ett bra och tillförlitligt resultat. Vid mätningen av luftflöden gjorde de låga värdena att skribenten kände sig osäker om mätningstrustningen ställts in och använts på rätt sätt. Det finns dock andra resultat som också tyder på problem i ventilationen. Bilderna från undersökningen med videoendoskop visar att ventilationskanalerna på flera ställen delvis är igentäppta med diverse skräp. Det tyder på att ventilationssystemet kan vara en bidragande orsak till symptomen som studerande upplever.

En undersökning som skulle varit bra att utföra är mätning av den relativa fuktigheten i de olika byggnadsdelarna med till exempel Vaisalas mätare. Till en sådan mätning krävs att man borrar in givare i byggnadsdelarna, vilket uppdragsgivaren inte gav lov till. Fuktmätningar har utförts med en så kallad ytfuktmätare. Dessa resultat togs dock inte med i detta examensarbete, eftersom tillförlitligheten inte ansågs vara tillräckligt bra. Nyttan med detta examensarbete är att beställaren nu till en viss del vet vilka problem som finns i de undersökta utrymmena och utifrån detta kan gå vidare med fler noggrannare undersökningar, av till exempel ventilationssystemet, och vidta åtgärder.

Jag anser att jag via detta examensarbete har lärt mig mycket nytt. Speciellt mycket nytt har jag lärt mig om alla de kemikalier och kemiska föreningar som finns i inomhusluften. Jag har förvånats över att dessa ämnen och föreningar kan ha så stor inverkan på

människan som de faktiskt tenderar att ha. Även hur olika metoder och undersökningar fungerar samt vilka faktorer som det speciellt lönar sig att kontrollera, för att få fram så mycket och tillförlitliga fakta som möjligt, är också sådant som jag lärt mig mycket nytt om.

## **6.1 Förslag till fortsatta undersökningar**

Flera av de utförda undersökningarna tyder på problem i de undersökta utrymmena. Därför är det skäl att utföra vidare undersökningar. För att undersöka vidare förekomst av mikrober rekommenderas att materialprov tas från flera olika provtagningsställen.

Därtill kan det också vara skäl att mätning av fukthalten i konstruktionerna utförs. Med tanke på fortsatta undersökningar av orsaken till den otillräckliga luftflödesmängden, är det först och främst skäl att kontrollera de saker som nämndes i kapitel 5.5. Det är även skäl att kontrollera att ventilationen är korrekt inställd.

## Källförteckning

Ehinger, M. (2008). *Repetitionskurs i Kemi*. Lund, Sverige: Studentlitteratur.

Folkhälsoinstitutet. (1998). *Inneboken- en bok för alla som bryr sig om en hälsosam inomhusmiljö*. Stockholm, Sverige: AB Svensk Byggtjänst.

Glas, B. (2012). *Byggnadsrelaterad ohälsa i Kvarkenregionen (2/2012)*. Vasa: Yrkeshögskolan Novia.

Järnström, H. (den 22 September 2011). *Emissioner av kemiska föreningar från byggnadsmaterial*. <http://www.novia.fi/kluck/assets/Uploads/Jarnstrom.pdf> (hämtat: 11.3.2013)

Kompetenscentrum Byggnad - Luftkvalitet - Hälsa 2 (KLUCK. (2012). *Byggnadsrelaterad ohälsa i kvarkenregionen (2/2012)*. Vasa: Yrkeshögskolan Novia.

Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa. (u.å.). *Flyktiga organiska ämnen - VOC*. <http://www.kominmiljo.eu>: <http://www.kominmiljo.eu/flyktiga-organiska-amnen---voc> (hämtat 14.3.2013)

Kåvestad, L. (2010). *Byggteknik Byt 13 Sjuka Hus*. Stockholm: Lärnö Ab.

Liljelind, I. & Glader, A. (2012). *Byggnadsrelaterad ohälsa i Kvarkenregionen (2/2012)*. Vasa: Yrkeshögskolan Novia.

Lundblad, D. & Hult, M. (2006). *Farliga material i hus*. Stockholm: Formas.

Miljöministeriet. (den 30 mars 2011). Finlands byggbestämmelsesamling, D2 Byggnaders inomhusklimat och ventilation .

Nyback, M.-H., Snickars, M. & Pellfolk, T. (2012). *Byggnadsrelaterad ohälsa i kvarkenregionen (2/2012)*. Vasa: Yrkeshögskolan Novia.

Pegasus lab. (den 29 oktober 2005). [www.eurofins.se](http://www.eurofins.se). [eurofins.se](http://www.eurofins.se): <http://www.eurofins.se/media/1057253/VOC.pdf> (hämtat: 31.1.2013)

*rockford-industrial*. (u.å.). [www.rockford-industrial.com](http://www.rockford-industrial.com): (<http://www.rockford-industrial.com/Welding-and-Fabricating->) (hämtat: 8.2.2013)

Samuelsson, I., Arfvidsson, J. & Hagentoft, C.-E. (2007). *få bukt med FUKT*. Stockholm: Forskningsrådet Formas.

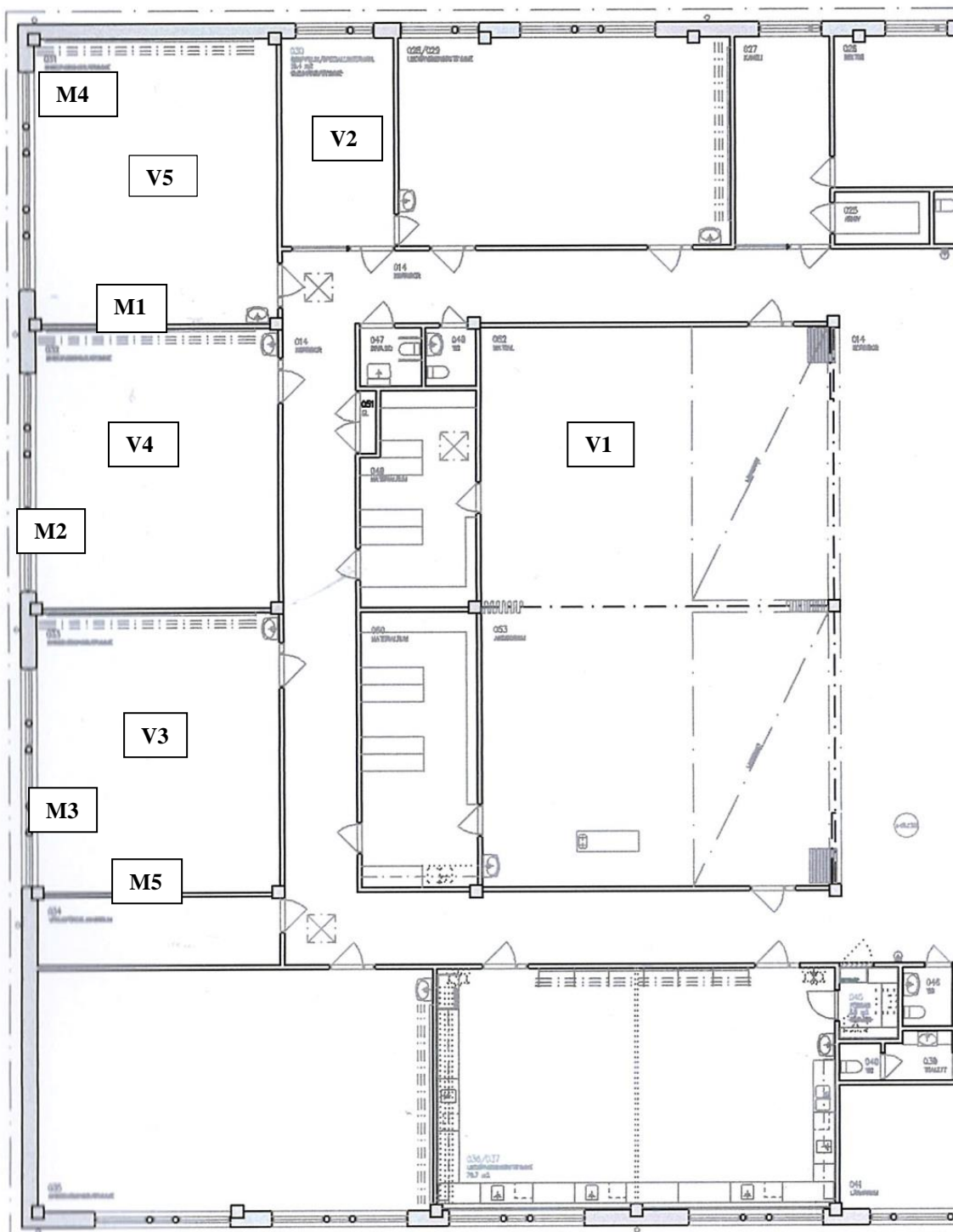
Social- och Hälsovårdsministeriet. (2003). *Anvisning om boendehälsa: Fysikaliska, kemiska och mikrobiologiska faktorer i bostäder och andra vistelseutrymmen.*

Socialstyrelsen. (September 2006). *Kemiska ämnen i inomhusmiljön.*  
www.socialstyrelsen.se: <http://www.socialstyrelsen.se/Lists/Artikelkatalog> (pdf-fil)  
(hämtat: 21.1.2013)

Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus. (2003). *Asumisterveysopas.* Helsingfors: Ympäristö ja Terveystieteiden tutkimuskeskus.

Utbildningsstyrelsen. (2009). *Renovering av skolbyggnader vid problem med inomhusklimatet.*

Valvira. (30.8.2011). [www.valvira.fi](http://www.valvira.fi). (pdf-fil) (Hämtat: 11.3.2013)



M = materialprovtagning, siffran enligt rapportens provnummer

V= VOC-provtagning, siffran enligt rapportens provnummer



**Malax kommun**

Nicklas Ingves/Daniel Björndahl

Malmgatan 5

66100 MALAX

**BESTÄMNING AV LÄTTFLYKTIGA, ORGANISKA FÖRENINGAR I INOMHUSLUFT**

**Provtagningsobjekt**

Gymnasiet i Petalax.

**Provtagare**

Nicklas Ingves.

**Analysmetod**

En vanlig metod för att analysera organiska föreningar i luft är provtagning på adsorbent. Prov kan tas genom att luften pumpas genom ett adsorbenttrör (aktiv provtagning) med en för ändamålet avsedd pump eller genom att föreningarna i luften passivt får diffundera in i röret (passiv provtagning).

De organiska föreningarna frigörs från adsorbenten genom termisk desorption och separeras därefter från varandra i en gaskromatograf. Föreningarna identifieras med en massaspektrometer samt med hjälp av Wiley's spektrumdatabas eller med motsvarande rena föreningar.

Koncentrationen av organiska föreningar i luft bestäms med motsvarande rena föreningar eller som toluenekvivalenter (semikvantitativ, dvs halten är räknad i förhållande till toluen). Den totala halten lättflyktiga, organiska föreningar (från och med n-hexan till och med n-hexadekan i kromatogrammet) bestäms som toluenekvivalenter.

Proven analyseras enligt ISO-standard 16017. Analysmetoden kontrolleras vid behov med certifierade referensstandarder.

### Lättflyktiga, organiska föreningar (VOC)

Inomhusluften kan innehålla så stora mängder kemiska föroreningar att den blir skadlig för hälsan. Föroreningarna kan härstamma från byggnads- och inredningsmaterial, fuktskador i konstruktionen, människans aktiviteter eller komma utifrån (utsläpp från industrier eller trafik). Halterna av kemiska föroreningar i luften varierar beroende på förhållandena i omgivningen (väderleksförhållanden, temperatur och fukthalt inomhus, ventilation) eller på vilka aktiviteter som förekommer i byggnaden eller utomhus.

### Riktvärden

Det finns inga internationella eller nationella direktiv från myndigheter om vilka maximala halter som får förekomma i bostäder och allmänna utrymmen. WHO's publicerade rekommendationer kan dock vid behov användas.

Den totala halten lättflyktiga, organiska föreningar anges som TVOC.

**Enligt social- och hälsovårdsministeriets direktiv om inomhusluft kan dock inte TVOC-halten användas som sådan vid bedömningen av hälsorisker.**

Däremot kan en förhöjd TVOC-halt (t.ex. över 600  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) visa på en ovanligt stor mängd kemiska föreningar i luften och att det är nödvändigt att ytterligare undersöka de enskilda föreningarna.

Halten av enskilda föreningar överskrider sällan 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  utan hålls vanligen under 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Provtagningsobjekt: Gymnasiet i Petalax  
Provtagningsplats: Aula / Matsal  
Provets art: Inomhusluft  
Luftvolym: 12 L  
Prov/pump: Mi034307/LT20

FÖRENING	CAS-nummer	Koncentration µg/m <sup>3</sup>	SEMIKVANTITATIV (toluenekvivalenter) µg/m <sup>3</sup>
<b>TVOC</b>			<b>40</b>
<b>Alifatiska kolväten</b>			
Dekan	124-18-5	<0,3*	
Undekan	1120-21-4	0,4	
Dodekan	112-40-3	0,3	
Heptadekan	629-78-7		0,6 <sup>1</sup>
Heksadekan	544-76-3		0,6
Pentadekan	629-62-9		0,4
Tetradekan	629-59-4		0,3
Tridekan	629-50-5		0,4
<b>Aromaattiset hiilivedyt</b>			
Bensen	71-43-2	0,4 <sup>2</sup>	
Etylbensen	100-41-4	<0,3*	
Xylener		0,7	
Kymener			0,4
Naftalen (PAH)	91-20-3		<0,3*
Styren	100-42-5	<0,3*	
Toluen	108-88-3	0,8	
<b>Aldehyder</b>			
Bensaldehyd	100-52-7	Förekommer <sup>3</sup>	
Dekanal	112-31-2	1	
Furfural	98-01-1	0,3	
Heksanal	66-25-1	1	
Heptanal	111-71-7	<0,3*	
Nonanal	124-19-6	Förekommer <sup>3</sup>	
<b>Aromatiska ketoner</b>			
Asetofenon	98-86-2	<0,3*	
<b>Ketoner</b>			
6-Metyl-5-hepten-2-one	110-93-0		0,4
<b>Alkoholer och glykoler</b>			
1-Butanol	71-36-3		0,4
2-Etyl-1-hexanol	104-76-7	2	
1,2-Propandiol	57-55-6	1	
Benzylalkohol	100-51-6	<0,3*	
<b>Fenoler</b>			
Fenol	108-95-2		0,4
<b>Glykoletrar</b>			
2-Butoxyetanol	111-76-2		1
2-(2-Metoxietoxi)etanol	111-77-3		0,7

2-(2-Etoxietoxi)etanol	111-90-0		3
1-(2-Metoxypoxy)-2-propanol	13429-07-7		0,9
2-Fenoxietanol	122-99-6	3	
<b>Estrar</b>			
TXIB		Förekommer <sup>3</sup>	
<b>Organiska syror</b>			
Dekansyra	334-48-5		0,4
Benzoesyra	65-85-0		0,9
Heksansyra	142-62-1		Förekommer <sup>3</sup>
Ättiksyra	64-19-7		0,7 <sup>1</sup>
<b>Halogener</b>			
Diklorbensen			<0,3*
Tetrakloretylen			<0,3*
<b>Kväveföreningar</b>			
1-Metyli-2-pyrolidinon			0,3
<b>Terpener</b>			
3-Karen	13466-78-9	0,4	
Kamfor	76-22-2		<0,3*
Menthoner			0,3
a-Pinen	80-56-8	0,5	
Limonen	5989-54-8	<0,3*	

\* Föreningen fanns med i provet, koncentrationen dock under bestämningsgränsen

PAH = Polycykliska aromatiska kolväten

<sup>1</sup> Föreningen inte med i TVOC

<sup>2</sup> Genomsläppligheten <12L, koncentrationen troligen större

<sup>3</sup> Föreningen förekommer i provet, koncentrationsbestämning inte möjlig

Provtagningsobjekt: Gymnasiet i Petalax  
Provtagningsplats: Klassrum 30  
Provets art: Inomhusluft  
Luftvolym: 12 L  
Prov/pump: Mi058330/LT18

FÖRENING	CAS-nummer	Koncentration $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SEMIKVANTITATIV (toluenekvivalenter) $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>TVOC</b>			<b>25</b>
<b>Alifatiska kolväten</b>			
Dekan	124-18-5		<0,3*
Undekan	1120-21-4	<0,3*	
Heptadekan	629-78-7		<0,3* <sup>1</sup>
Heksadekan	544-76-3		<0,3*
Tetradekan	629-59-4		<0,3*
Tridekan	629-50-5		<0,3*
Oktan	111-65-9	<0,3*	
Heptan	142-82-5	<0,3*	
<b>Aromaattiset hiilivedyt</b>			
Bensen	71-43-2	0,3	
Etylbensen	100-41-4	<0,3*	
Propylbensen	103-65-1	<0,3*	
Xylener		0,5	
Styren	100-42-5	<0,3*	
Toluen	108-88-3	0,6	
<b>Aldehyder</b>			
Bensaldehyd	100-52-7	0,6	
Dekanal	112-31-2	0,8	
Furfural	98-01-1	<0,3*	
Heksanal	66-25-1	0,3	
Heptanal	111-71-7	<0,3*	
Nonanal	124-19-6	1	
<b>Heterocykliska föreningar</b>			
Butyrolakton	96-48-0		<0,3*
<b>Aromatiska ketoner</b>			
Asetofenon	98-86-2	<0,3*	
<b>Ketoner</b>			
6-Metyl-5-hepten-2-one	110-93-0		0,4
<b>Alkoholer och glykoler</b>			
1-Butanol	71-36-3		0,3
2-Etyl-1-hexanol	104-76-7	2	
Benzylalkohol	100-51-6	2	
<b>Fenoler</b>			
Fenol	108-95-2		0,3
<b>Glykoletrar</b>			
2-Butoxyetanol	111-76-2		0,4
2-(2-Metoxietoxi)etanol	111-77-3		<0,3*

2-(2-Etoxi)etanol	111-90-0		1
1-(2-Metoxipropoxy)-2-propanol	13429-07-7		0,3
2-Fenoxietanol	122-99-6	1	
<b>Estrar</b>			
TXIB		Förekommer <sup>3</sup>	
<b>Organiska syror</b>			
Dekansyra	334-48-5		0,3
Benzoesyra	65-85-0		0,6
Ättiksyra	64-19-7		0,4 <sup>1</sup>
<b>Halogener</b>			
Tetrakloreten			<0,3*
<b>Kväveföreningar</b>			
Benzotiazol	95-16-9		0,4
<b>Terpener</b>			
3-Karen	13466-78-9	0,3	
a-Pinen	80-56-8	0,4	
Limonen	5989-54-8	<0,3*	

\* Föreningen fanns med i provet, koncentrationen dock under bestämningsgränsen

PAH = Polycykliska aromatiska kolväten

<sup>1</sup> Föreningen inte med i TVOC

<sup>2</sup> Genomsläppligheten <12L, koncentrationen troligen större

<sup>3</sup> Föreningen förekommer i provet, koncentrationsbestämning inte möjlig

Provtagningsobjekt: Gymnasiet i Petalax  
Provtagningsplats: Klassrum 33  
Provets art: Inomhusluft  
Luftvolym: 12 L  
Prov/pump: Mi034306/LT23

FÖRENING	CAS-nummer	Koncentration $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SEMIKVANTITATIV (toluenekvivalenter) $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>TVOC</b>			<b>35</b>
<b>Alifatiska kolväten</b>			
Dekan	124-18-5	<0,3*	
Undekan	1120-21-4	0,4	
Dodekan	112-40-3	0,3	
Oktadekan	593-45-3		0,4 <sup>1</sup>
Heptadekan	629-78-7		0,5 <sup>1</sup>
Pentadekan	629-62-9		0,5
Tetradekan	629-59-4		<0,3*
Tridekan	629-50-5		0,4
<b>Aromaattiset hiilivedyt</b>			
Bensen	71-43-2	0,3 <sup>2</sup>	
Etylbensen	100-41-4	<0,3*	
Xylener		0,7	
Kymener			0,4
Styren	100-42-5	<0,3*	
Toluen	108-88-3	0,7	
<b>Aldehyder</b>			
Bensaldehyd	100-52-7	0,6	
Dekanal	112-31-2	1	
Furfural	98-01-1	<0,3*	
Heksanal	66-25-1	0,6	
Heptanal	111-71-7	<0,3*	
Nonanal	124-19-6	Förekommer <sup>3</sup>	
<b>Heterocykliska föreningar</b>			
Butyrolakton	96-48-0		<0,3*
<b>Aromatiska ketoner</b>			
Asetofenon	98-86-2	<0,3*	
<b>Ketoner</b>			
6-Metyl-5-hepten-2-one	110-93-0		0,4
<b>Alkoholer och glykoler</b>			
1-Butanol	71-36-3		0,4
2-Etyl-1-hexanol	104-76-7	2	
Benzylalkohol	100-51-6	0,3	
<b>Fenoler</b>			
Fenol	108-95-2		0,3
<b>Glykoletrar</b>			
2-Butoxyetanol	111-76-2		0,9
2-(2-Metoxietoxi)etanol	111-77-3		0,4

2-(2-Etoxi)etanol	111-90-0		2
2-Fenoxietanol	122-99-6	2	
<b>Estrar</b>			
Butylacetat	123-86-4	<0,3*	
TXIB		Förekommer <sup>3</sup>	
<b>Organiska syror</b>			
Dekansyra	334-48-5		<0,3*
Benzoesyra	65-85-0		0,9
Ättiksyra	64-19-7		0,7 <sup>1</sup>
<b>Halogener</b>			
Tetrakloretylen			<0,3*
<b>Kväveföreningar</b>			
3-Metyl-1H-pyrrol			<0,3*
<b>Terpener</b>			
3-Karen	13466-78-9	0,4	
Kamfor	464-48-2		<0,3*
a-Pinen	80-56-8	0,5	
Limonen	5989-54-8	<0,3*	

\* Föreningen fanns med i provet, koncentrationen dock under bestämningsgränsen

PAH = Polycykliska aromatiska kolväten

<sup>1</sup> Föreningen inte med i TVOC

<sup>2</sup> Genomsläppligheten <12L, koncentrationen troligen större

<sup>3</sup> Föreningen förekommer i provet, koncentrationsbestämning inte möjlig



Provtagningsobjekt: Gymnasiet i Petalax  
 Provtagningsplats: Klassrum 32  
 Provets art: Inomhusluft  
 Luftvolym: 12 L  
 Prov/pump: Mi128457/LT22

FÖRENING	CAS-nummer	Koncentration $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SEMIKVANTITATIV (toluenekvivalenter) $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>TVOC</b>			<b>20</b>
<b>Alifatiska kolväten</b>			
Dekan	124-18-5	<0,3*	
Undekan	1120-21-4	<0,3*	
Dodekan	112-40-3	<0,3*	
Heptadekan	629-78-7		0,3 <sup>1</sup>
1-Hexadeken	629-73-2		0,3
Tetradekan	629-59-4		<0,3*
Tridekan	629-50-5		<0,3*
<b>Aromaattiset hiilivedyt</b>			
Bensen	71-43-2	0,3 <sup>2</sup>	
Etylbensen	100-41-4	<0,3*	
Propylbensen	103-65-1	<0,3*	
Xylener		0,5	
Naftalen (PAH)	91-20-3		<0,3*
Styren	100-42-5	<0,3*	
Toluen	108-88-3	0,7	
<b>Aldehyder</b>			
Bensaldehyd	100-52-7	0,6	
Dekanal	112-31-2	1	
Furfural	98-01-1	<0,3*	
Heksanal	66-25-1	0,6	
Nonanal	124-19-6	Förekommer <sup>3</sup>	
<b>Heterocykliska föreningar</b>			
2-Pentylfuran	3777-69-3		<0,3*
<b>Aromatiska ketoner</b>			
Asetofenon	98-86-2	<0,3*	
<b>Ketoner</b>			
6-Metyl-5-hepten-2-one	110-93-0		0,5
<b>Alkoholer och glykoler</b>			
1-Butanol	71-36-3		0,3
2-Etyl-1-hexanol	104-76-7	2	
Benzylalkohol	100-51-6	0,5	
<b>Fenoler</b>			
Fenol	108-95-2		0,3
<b>Glykoletrar</b>			
2-Butoxyetanol	111-76-2		0,8
2-(2-Etoxi)etanol	111-90-0		2

1-(2-Metoxypoxy)-2-propanol	13429-07-7		0,5
2-Fenoxietanol	122-99-6	2	
<b>Estrar</b>			
Butylacetat	123-86-4	<0,3*	
TXIB		Förekommer <sup>3</sup>	
<b>Organiska syror</b>			
Dekansyra	334-48-5		<0,3*
Nonansyra	112-05-0		Förekommer <sup>3</sup>
Benzoesyra	65-85-0		0,7
Ättiksyra	64-19-7		0,5 <sup>1</sup>
<b>Kväveföreningar</b>			
Benzotiazol	95-16-9		Förekommer <sup>3</sup>
<b>Terpener</b>			
3-Kären	13466-78-9	0,4	
Kamfor	76-22-2		<0,3*
a-Pinen	80-56-8	0,5	
Limonen	5989-54-8	<0,3*	

\* Föreningen fanns med i provet, koncentrationen dock under bestämningsgränsen

PAH = Polycykliska aromatiska kolväten

<sup>1</sup> Föreningen inte med i TVOC

<sup>2</sup> Genomsläppligheten <12L, koncentrationen troligen större

<sup>3</sup> Föreningen förekommer i provet, koncentrationsbestämning inte möjlig

Provtagningsobjekt: Gymnasiet i Petalax  
 Provtagningsplats: Klassrum 31  
 Provets art: Inomhusluft  
 Luftvolym: 12 L  
 Prov/pump: Mi034309/LT19

FÖRENING	CAS-nummer	Koncentration µg/m <sup>3</sup>	SEMIKVANTITATIV (toluenekvivalenter) µg/m <sup>3</sup>
<b>TVOC</b>			<b>20</b>
<b>Alifatiska kolväten</b>			
Dekan	124-18-5	<0,3*	
Undekan	1120-21-4	<0,3*	
Dodekan	112-40-3	<0,3*	
Nonadekan	629-92-5		<0,3 <sup>1</sup>
Oktadekan	593-45-3		0,3 <sup>1</sup>
Heksadekan	544-76-3		0,4
<b>Aromaattiset hiilivedyt</b>			
Bensen	71-43-2	0,3 <sup>2</sup>	
Etylbensen	100-41-4	<0,3*	
Xylener		0,5	
Styren	100-42-5	<0,3*	
Toluen	108-88-3	0,6	
Tetrametylbensener			<0,3*
<b>Aldehyder</b>			
Bensaldehyd	100-52-7	<0,3*	
Dekanal	112-31-2	0,7	
Heksanal	66-25-1	0,3	
Heptanal	111-71-7	<0,3*	
Nonanal	124-19-6	Förekommer <sup>3</sup>	
<b>Heterocykliska föreningar</b>			
Butyrolakton	96-48-0		<0,3*
<b>Aromatiska ketoner</b>			
Asetofenon	98-86-2	<0,3*	
<b>Ketoner</b>			
6-Metyl-5-hepten-2-one	110-93-0		0,3
<b>Alkoholer och glykoler</b>			
Benzylalkohol	100-51-6	0,3	
<b>Fenoler</b>			
Fenol	108-95-2		<0,3*
<b>Glykoletrar</b>			
2-Butoxyetanol	111-76-2		<0,3*
2-(2-Metoxietoxi)etanol	111-77-3		<0,3*
2-(2-Etoxietoxi)etanol	111-90-0		0,8
2-Fenoxietanol	122-99-6	0,8	
<b>Estrar</b>			
TXIB		Förekommer <sup>3</sup>	
<b>Organiska syror</b>			

Ättiksyra	64-19-7		<0,3* <sup>1</sup>
<b>Terpener</b>			
3-Karen	13466-78-9	0,4	
Kamfor	464-49-3		<0,3*
Menthoner			<0,3*
a-Pinen	80-56-8	0,5	
Limonen	5989-54-8	<0,3*	
Eukalyptol	470-82-6		<0,3*

\* Föreningen fanns med i provet, koncentrationen dock under bestämningsgränsen

PAH = Polycykliska aromatiska kolväten

<sup>1</sup> Föreningen inte med i TVOC

<sup>2</sup> Genomsläppligheten <12L, koncentrationen troligen större

<sup>3</sup> Föreningen förekommer i provet, koncentrationsbestämning inte möjlig

## Kommentarer

### Alifatiska-, cykliska- och aromatiska kolväten

Provet innehöll många olika alifatiska och aromatiska kolväten. Alifatiska kolväten används i nästan alla lösningsmedel och drivmedel. Aromatiska kolväten används som lösningsmedel i mål färger, lacker och lim. Alla aromatiska kolväten förekommer även i bilarnas avgaser. Aromatiska kolväten är irriterande för slemhinnor och ögon och påverkar det centrala nervsystemet. Polycykliska aromatiska kolväten (PAH) bildas framförallt vid ofullständig förbränning och kan i luften härstamma från bl.a. avgaser, tobaksrök eller grillning. Begagnade motoroljor och skärvätskor, stenkolstjära och kreosot innehåller höga halter av polyaromatiska kolväten. Stenkolstjära och kreosot har tidigare använts som fuktspärr i byggnader. Till gruppen PAH hör flera cancerframkallande ämnen. Denna metod är inte lämplig att analysera PAH.

**Bensen** är en aromatisk förening som allmänt har använts som lösningsmedel. I de flesta länder har användningen minskat då misstankar om att bensen framkallar cancer har ökat. Bensen framställs ur petroleumprodukter, t.ex. stenkolstjära, och det används i tillverkningen av flera kemikalier.

**Etylbensen** tillverkas av stenkolstjära. Föreningen används i viss grad som lösningsmedel, men används huvudsakligen som utgångsprodukt i tillverkningen av andra föreningar.

**Pentadekan** används som lösningsmedel och **hexadekan** som lösningsmedel och tillsatsämne i dieselbränslen.

**Toluen** används i olika färger och bläck.

**Heptadekan** bildas när lättare alifatiska kolväten oxideras, exempelvis genom förbränning eller av mikrober. Heptadekan är irriterande för slemhinnor och hud.

**Dodekan** är ett vanligt lösningsmedel som utöver det som nämnts ovan används inom kemiindustrin, bränsleforskning, gummiindustrin och pappershanteringen.

**Xylen** är ett mycket effektivt lösningsmedel som används i lacker, hartser, mål färger, gummiindustri och i limmer.

**Naftalen** har tidigare använts som konserveringsmedel för trä och för bekämpning av mal. Används bl.a. i produktionen av plaster och vulkanisat.

### Aldehyder

Aldehyder verkar irriterande på luftvägar, ögon och hud. De uppstår genom termisk spjälkning av organiska material, såsom bränslen, mål färg, plaster, växtoljor och fetter. Aldehyder inomhus kan härstamma från rengöringsmedel, tobaksrök eller från olika tekniska produkter, såsom hartser, lacker och deras lösningsmedel. Aldehyder bildas även vid matlagning. Flera aromatiska aldehyder (såsom benzaldehyd, kanelaldehyd, anisaldehyd och syrenaldehyd) används i livsmedel och kosmetiska produkter. Utomhus härstammar aldehyder bl.a. från bilarnas avgaser. Under påverkan av fukt kan mineral- och glasullens bindemedel sönderfalla varvid formaldehyd, högre alifatiska och aromatiska aldehyder samt ketoner bildas. Alkalisk fukt kan även få linoleummattor att avge irriterande ämnen, som aldehyder.

**Dekanal, heptanal och nonanal** används för att ge citrus- eller blomdofter.

**Hexanal** används i syntetiska hartser och som mjukgörare. samt för att ge ”grön” doft i parfymers och äppelsmak i livsmedel.

**Bensaldehyd** används i plaster för att ge viskoelastiska egenskaper. Används även i parfymer och som smakämne i livsmedel.

**Furfural** används som lösningsmedel i plaster, hartser och färger.

### Organiska syror

Flera aldehyder och organiska syror luktar illa även vid mycket låga koncentrationer.

Utomhus härstammar organiska syror från komposter, fähus och bilavgaser, inomhus från tobaksrök och som nedbrytningsprodukter. Halterna inomhus är vanligtvis låga.

**Ättiksyra (etansyra)** används vid konservering av livsmedel samt bekämpning av ogräs.

**Bensoesyra** används som konserveringsmedel i livsmedel och som UV-ljus adsorbent i plaster. Bensoe syra har en mycket svag doft.

**Pelargonsyra (nonansyra)** används vid tillverkning av mjukgörare, lacker och herbicider. Pelargonsyra har en obehaglig härsken lukt.

**Dekansyra** används som mjukgörare och inom tillverkningen av fukt- och aromämnen.

### Ketoner

Ketoner är vanliga lösningsmedel i både industri och laboratorier. Ketoner används allmänt i olika lösningsmedel, rengöringsmedel och bläck. Många ketoner har identifierats som emitterade från mögel, men vid låg förekomst samt låga koncentrationer kan mögelskada inte påvisas.

**Acetofenon** är ett lösningsmedel för plaster och hartser men används också i parfymer och livsmedel.

**6-Metyl-5-heptan-2-one** används i parfymindustrin för tillverkning av vissa terpenier (se nedan).

### Terpenier

Terpenier ingår i växternas eteriska oljor. Inomhus kan de avges från byggnadsmaterial, golvvax och rengöringsmedel. Aldehyder, terpenier och syror kan härstamma från trämaterial, speciellt om dessa är fuktskadade. Under inverkan av fukt kan även bindemedlen i mineral- och glasull brytas ned och avge formaldehyd, högre alifatiska och aromatiska aldehyder och ketoner. Linoleummattor kan också, under inverkan av alkalisk fukt, avge irriterande föreningar såsom aldehyder och organiska syror.

**Limonen** är en terpen som förekommer i alla citrusfrukter. Limonen används som smak- och luktämne i livsmedel och i parfymer. I studier har man konstaterat att limonen är en stark luftvägsirritant. Limonen reagerar också lätt med ozon och bildar andra irriterande föreningar som aldehyder.

**Pinenerna** och **3-karen** förekommer i barrväxter och kan emittera t.ex. från bräder.

**Mentoler** har konstaterats orsaka irritation i luftvägarna. Mentoler finns i rengöringsmedel och livsmedel.

### Fenoler

Fenoler är en grupp som har varierande användning, De förekommer bl.a. som antimikrobiella ämnen, grund substanser i polymerer och används i t.ex. härdande akrylat färger som inhibitorer. Olika fenolbaserade ämnen har en karaktäristisk lukt som kan vara mycket besvärande. Fenoler är lösliga i alkaliska lösningar.

### Kväveföreningar

I provet förekom också några kväveföreningar. Dessa föreningar är illaluktande och irriterande. De används bl.a. som härdare i plaster och gummi.

**Benzotiazol** används som antimikrobiellt ämne.

**1-Metyl-2-pyrrolidinon** används som lösningsmedel för hartser, dispergeringsmedel för pigment, i bensintillverknings processen, vid tillverkning av PVC och ibland vid strippning av mål färg.

### Halogener

I proven förekom även olika klorföreningar. Klorföreningar betraktas som allmänt cancerframkallande.

**Diklorbensen** används för konservering av trä och som insektmedel.

### Alkoholer och glykoler

Alkoholer används i laboratorier och i processindustrin som bulkkemikalier, som fin kemikalier och lösningsmedel.

**1,2-Propandiol** används i naturgummin och latex färger samt som antifrys vätska. Vanlig även som lösningsmedel för mediciner, fuktgivare i olika typer av kosmetika.

**2-Etyl-1-hexanol** används som mjukgörare i golvmattor (PVC), samt kitt- och spackelmassor, men kan även bildas vid nedbrytning av mjukgörarna när alkalisk fukt från betong påverkar lim och golvmattor. Kan ev. betraktas som en indikator på fuktig inomhusmiljö.

**Bensylalkohol** används som lösningsmedel i lacker och som mjukgörare. Används även i parfymer och smakämnen, och som avfettning medel i mattvättning

**1-Butanol** används för dehydrering i plaster och lacker. Även en indikator på nedbrytning av lim.

### Heterocykliska föreningar

Dessa föreningar används i stora mängder som industrikemikalier, men finns även olika typer av naturliga material.

**Butyrolakton** används i industrin vid framställning av ex. Polyvinylpyrrolidon. Den lämpar sig också som lösningsmedel för akrylat- och styrenpolymerer samt som del komponent i borttagningsmedel för målfärg.

### Estrar

Estrar förekommer rikligt i naturen och ger bland annat bär och frukt deras aromer. Estrar används som lösningsmedel i lacker, mål färger och print bläck.

**Butylacetat** har en stark behaglig lukt som påminner om banan. Butylacetat förekommer i nagellack, nagellacksborttagningsmedel och i vattenbaserade färger som filmbildningsmedel.

**TXIB** kan emitteras från vinylgolv och mål färger.

### Glykoletrar

Glykoletrar är färglösa vätskor som är både vattenlösliga samt i organiska lösningsmedel. På grund av den här egenskapen används de som emulgerare i t.ex. dispersionsfärger och rengöringsemulsioner. Glykoletrar används även som lösningsmedel i vattenbaserade målfärger och golvlim och -lack.. Eftersom glykoletrar har hög kokpunkt och låg avdunstning klassificeras dessa mål färger, lim och lacker som lösningsmedels fria. Undersökningar har

dock visat att glykoletrar kan på lång sikt orsaka inomhusluftproblem eftersom de diffunderar långsamt igenom golvbeläggning.

**2-Butoxyetanol** används i rengöringsprodukter och som lösningsmedel

**2-Fenoxietanol** används bland annat som fixativ i parfymer, kosmetika och tvålar. Ämnet används även som insekt repellent. 2-Fenoxietanol bildas när fenol och etylenoxid möts i en alkalisk miljö.

**2-(2-Etoksietoksi)etanol** torkar snabbt och används i tinner- och lackprodukter.

**1-(2-Metoxipropoxi)-2-propanol (DPGME)** är en blandning av fyra isomerer. Det största användningsområdet är mål färger, lacker, bläck och rengöringsmedel.

Högaktningsfullt

YRKESHÖGSKOLAN NOVIA  
LT-laboratoriet

Minna Lundberg,  
Laboratorieingenjör



## Källor

Aurola Risto y.m., *Asumisterveysopas*, 1997, ISBN 952-9637-10-1

Sisäilmayhdistys y.m., *Sisäilmastoluokitus 2008*, [www.sisailmayhdistys.fi](http://www.sisailmayhdistys.fi)

Social- och hälsovårdsministeriet, *Asumisterveysohje*, 2003,  
ISBN 952-00-1301-6

Raimo Alén, *Kokoelma orgaanisia yhdisteitä, ominaisuuudet ja käyttökohteet*, 2009 ISBN  
978-952-92-5627-3



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
VAASA POLYTECHNIC

**Bilaga 3**

RAPORTTI

No: TA2012-49

Pvm: 8.11.2012

Tilaja: Nicklas Ingves

Tekijä: Mika Korpi

Status: Luottamuksellinen

## **Mikrobimääritys rakennusmateriaalinäytteestä**



## MIKROBIMÄÄRITYS RAKENNUSMATERIAALINÄYTTEESTÄ

**Tilaaaja** Nicklas Ingves

nicklas.ingves@novia.fi

**Tulokset tiedoksi**

daniel.bjorndahl@malax.fi

**Näytteenottaja**

Nicklas Ingves, 19.10.2012

**Menetelmä** Tutkimukset suoritettiin Sosiaali- ja terveysministeriön julkaiseman oppaan "2003:1 Asumisterveysohje" mukaisesti. Kasvualustoina käytettiin sienille 2%-mallasuuteagaria (kasvatusaika 7 vrk), dikloranglyseroli-18-agaria (DG18) (kasvatusaika 7 vrk) ja bakteereille tryptoni-hiivauute-glukoosiagaria (THG) (kasvatusaika 14 vrk). Kasvatuslämpötila +25°C.

**Analysointiaika**

25.10. – 8.11.2012

**Tulosten tulkinta**

Tulosten tulkinta perustuu Asumisterveysohjeeseen (Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisema opas 2003:1). *Tulosten tulkinta ohje liitteessä 1.*

**Tulokset** Näytteen 1 sieni-itiöpitoisuus ei ole korkea, mutta näytteen lajisto saattaa viitata osittain jo kuivuneeseen kosteus- ja homevaurioon materiaalissa.

### Vaasassa 8.11.2012

Tapani Hahtokari  
Vaasan Ammattikorkeakoulu  
Yliopettaja, Tekn.lis.  
puh: 040-581 8836

Mika Korpi  
Vaasan Ammattikorkeakoulu  
Laboratorioinsinööri  
puh: 040-522 3462

---



**Taulukko 1.** Rakennusmateriaalinäytteissä esiintyneiden mesofiilisten sieni-  
itiöiden ja bakteerien pitoisuudet (cfu/g) sekä sienisuvusto.

Näytteenottoaikka	Sienten kasvualusta 2% <i>mallasuuteagar</i>	Sienten kasvualusta <i>DG 18-agar</i>	Bakteerien kasvualusta <i>THG-agar</i>
<b>Näyte 1</b> <i>Klassrum 31, mellanvägg</i> Määrittysraja= 149 cfu/g	Yhteensä: 2032  Geo 80 % Pen 20 %	Yhteensä: 2980  Apen 77 % Pen 18 % Clad 5 %	Yhteensä: < 149  AKT* < 149 Muut < 149
<b>Näyte 2</b> <i>Klassrum 32, yttervägg</i> Määrittysraja= 668 cfu/g	Yhteensä: < 668	Yhteensä: < 668	Yhteensä: < 668  AKT* < 668 Muut < 668
<b>Näyte 3</b> <i>Klassrum 32, yttervägg, isolering + limotegel</i> Määrittysraja= 89 cfu/g	Yhteensä: < 89	Yhteensä: < 89	Yhteensä: < 89  AKT* < 89 Muut < 89
<b>Näyte 4</b> <i>Klassrum 31, yttervägg</i> Määrittysraja= 410 cfu/g	Yhteensä: 1230  Pen 100 %	Yhteensä: 1230  Pen 100 %	Yhteensä: < 410  AKT* < 410 Muut < 410
<b>Näyte 5</b> <i>Klassrum 33, mellanvägg, golvlöst lim + tegel</i> Määrittysraja= 118 cfu/g	Yhteensä: 118  Pen 100 %	Yhteensä: 236  Pen 100 %	Yhteensä: 118  AKT* < 118 Muut 118

\* = mahdollisesti toksiinia tuottava mikrobi

**Tummennetut** = kosteusvaurioindikaattorimikrobit

Käytetyt lyhenteet:

**Geo** = **Geomyces**

Pen = Penicillium

**Apen** = **Aspergillus penicillioides**

Clad = Cladosporium

**AKT \*** = **Aktinomykeetit (sädesienet)**



## LIITE 1

Tulosten tulkintaohje rakennusmateriaalinäytteille:

Tulosten tulkinta perustuu Asumisterveysohjeeseen (Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1).

Asumisterveysoppaan mukaan näytteessä havaitut löydökset viittaavat kosteus- ja homevaurioon jos;

- sieni-itiöpitoisuus on suurempi kuin 10000 cfu/g tai aktinomykeettipitoisuus (sädesienipitoisuus) on suurempi kuin 500 cfu/g.
- näytteessä havaitaan kosteus- ja homevaurioon viittaavia mikrobeja, näytteen sienisuvusto on epätavallisen yksipuolinen tai sukuja on tavallista runsaammin, vaikka sieni-itiöpitoisuus on alle 10000 cfu/g. Alla on lueteltuna asumisterveysohjeen mukaiset kosteus- ja homevaurioon viittaavat mikrobit.

Acremonium\*  
Aspergillus fumigatus\*  
Aspergillus ochraceus\*  
Aspergillus penicillioides/ Aspergillus restrictus  
Aspergillus sydowii\*  
Aspergillus terreus\*  
Aspergillus versicolor\*  
Chaetomium\*  
Eurotium  
Exophiala  
Fusarium\*  
Oidiondendron  
Geomyces  
Paecilomyces\*  
Phialophora  
Scopulariopsis  
Sporobolomyces  
Sphaeropsidales (Phoma)  
Stachybotrys / Memnoniella\*  
Sädesienet\*  
Trichoderma\*  
Tritirachium / Engyodontium  
Ulocladium  
Wallemia

\* mahdollisesti toksiineja tuottavia mikrobeja, kuitenkin yksittäisen näytteen toksisuudesta ei voida tehdä johtopäätöksiä

- Jos bakteeripitoisuus on suurempi kuin 100000 cfu/g se viittaa bakteerikasvuun materiaalisissa. Suuri bakteeripitoisuus voi johtua myös materiaalin likaisuudesta, joten pelkästään bakteeripitoisuuden perusteella ei voi tehdä johtopäätöstä kosteus- ja homevauriosta.