

# Luft och Hälsa, Symposium Stockholm 140930

## Inomhusluften

### Gunnel Emenius

Miljöhygieniker, Med dr miljömedicin

[Gunnel.Emenius@sll.se](mailto:Gunnel.Emenius@sll.se)

Centrum för Arbets- och miljömedicin, SLL  
[camm.sll.se](http://camm.sll.se)

\*\*\*

[Gunnel.Emenius@ki.se](mailto:Gunnel.Emenius@ki.se)

Inst. för Miljömedicin; KI  
Avd. Miljömedicinsk epidemiologi



# Luften inomhus

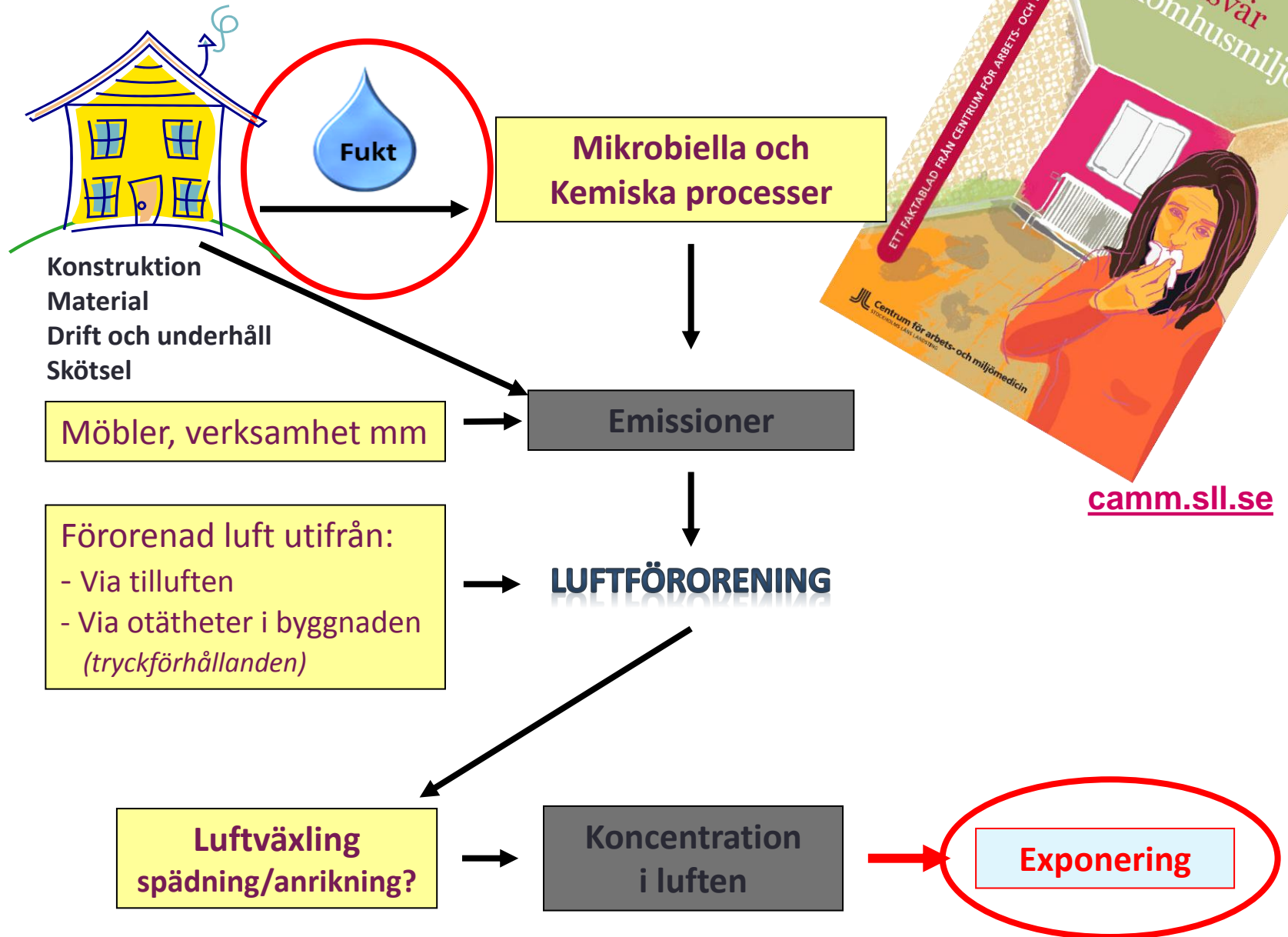
## Kemiska ämnen inomhus (Folkhälsomyndigheten [SoS 2006])

Vanliga föroreningar i inomhusluft är:

- **oorganiska gaser** som kväveoxider ( $\text{NO}$  och  $\text{NO}_2$ ), ozon ( $\text{O}_3$ ), **flyktiga och halvflyktiga organiska ämnen** (VOC och SVOC).
- **partiklar och aerosoler**: oorganiska i form av oxider, salter, silikater; organiska i form av vätskedroppar av svårflyktiga organiska ämnen; och biologiska i form av pollen, sporer och bakterier.

... **Nya ämnen bildas också både i inomhusluften och på materialytor.** Det sker genom **kemiska reaktioner** mellan föroreningar i luften eller mellan föroreningar i luften och ämnen i olika ytor. I **fuktiga miljöer** kan dessutom **mikrobiella processer** starta som producerar **flyktiga organiska ämnen**.

# Faktorer som påverkar luften inomhus



# Byggnaden

## **Kemikalieinspektionen, kemi.se**

cirka 50 000 olika material och kemiska produkter

”De stora materialvolymerna samt byggnaders långa livslängd ökar risken för att byggvaror kan påverka människors hälsa och miljön”

## **Sunda Hus miljödatabas, sundahus.se**

... fasa ut farliga ämnen i en byggnads hela livscykel:

82 560 varor och 184 material; från målarfärg till elektronik

2 569 leverantörer med totalt 3 020 varumärken

För närvarande finns det ca 6 214 ämnen i Sunda Hus – ämnesdatabas.

---

## Möbler, verksamhet, m.m.

- **Inte bara byggnaden bidrar till luftkvaliteten**
    - möbler, inredning och textilier (kläder) behandlas för att tåla vatten, fläckar och ”skrynklor” samt stå emot brand
    - även elektronisk utrustning flamskyddsbehandlas
    - hygien och rengöringsmedel innehåller bl.a. terpener och andra doftämnen; en viktig faktor → kemiska reaktioner
-

# Egenemissioner från byggnadsmaterial och inredning

## Några exempel:

- **Formaldehyd** -textilier och spånskivor och isolering (fuktexponerade ) ↑
  - **Organiska lösningsmedel** - färger och lim
  - **Glykoletrar och konserveringsämnen** - bl.a. målade ytor
  - **Mjukgörare m.m.** från PVC-mattor (ffa ftalter)
  - **Fettsyror och aldehyder** från linoleummattor
  - **Vissa träoljor, aromater och terpen**er från bl.a. trä
  - **Bromerade och perfluorerade ämnen** – elektronik och textilier
  - **m.m.**
-

## Mätning av flyktiga organiska ämnen, VOC i inomhusluft

### Primärt syfte;

### att spåra byggnadstekniska brister genom bedömning av luften

- Identifiera "indikatorämnen" som är mer vanligt förekommande i "problembyggnader", dvs. spåra byggnadstekniska brister
  - Kan ge värdefull information om föroreningskällor och problem
  - OBS! många ämnen kräver andra mätmetoder, t.ex. formaldehyd och klorfenoler/pentaklorfenol (bl.a. tryckimpregnerat virke; förbjöds 1978]
  - **Kan inte kopplas direkt till hälsoeffekter**
-

# Flyktiga Organiska Ämnen, VOC/TVOC

Kromatogram från VOC-mätning

## Normala halter

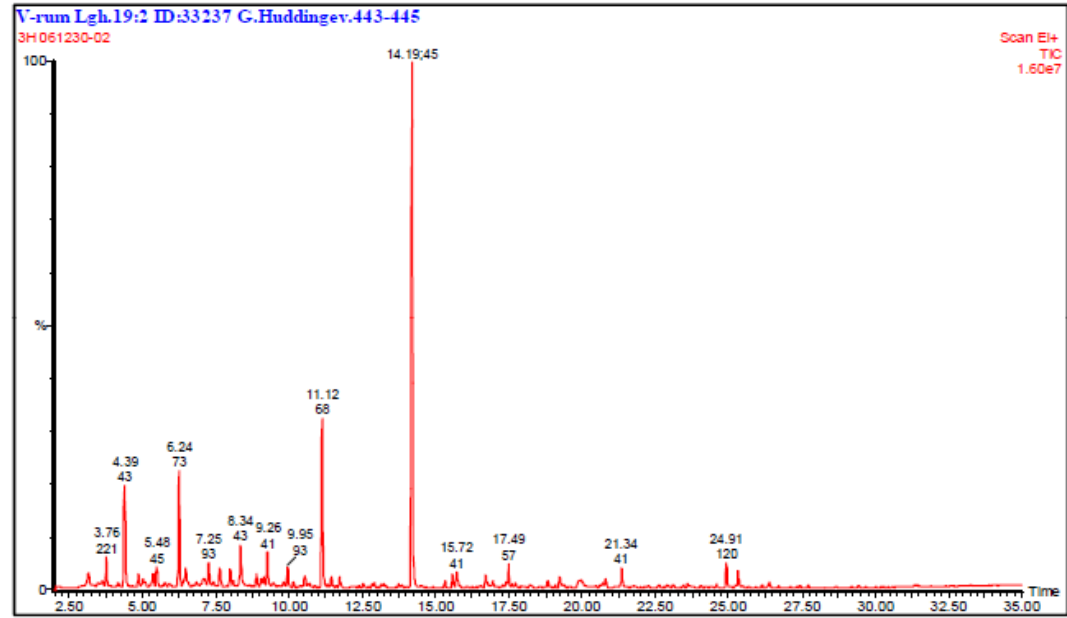
TVOC normalt 50-300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

## Enskilda ämnen

1/100-1/1000 (nivågränsvärde)

→ toluenekvivalenter, dvs. alla ämnens halter beräknas som om de var toluen och toluen används som standard för samtliga ämnen

## Kromatogram:



## Provtagning:

Diffusion (min):

17775

Pumpad (ml):

## Resultat. Total VOC:

713  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

(Toluenekvivalenter)

## Resultat. Enskilda ämnen:

Ämne	Retentions- tid (min)	Koncentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Ämne	Retentions- tid (min)	Koncentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

”Provet märkt xxxxxx har förhöjd totalhalt, över den gräns som används praktiskt.

I provet finns hög halt av en glykoleter (”butylglykol”). Dessutom finns ganska höga halter av **limonen**, ett kolväte och en silikon. **Butylglykol** är ett mycket vanligt lösningsmedel även i vattenspådbara produkter. **Limonen** är ett ämne, som ofta används för att ge citrondoft till olika tekniska produkter.

**Silikon**er finns bl.a. i vissa typer av polish och tätningemedel. **Alifatiska kolväten** är vanligt förekommande lösningsmedel i många olika produkter.”



## Flyktiga Organiska Ämnen, VOC/ TVOC/ MVOC

”normal”  
 innebär att  
 resultatet ligger  
 inom ett  
 normalintervall  
 för våra  
 referensmiljöer

”avvikande”  
 innebär att  
 luftkvalitén är  
 sämre än  
 normalintervallet  
 för våra  
 referensmiljöer

Indikering	S2013-0678 Sovrum
Mikrobiell status	<i>Normal med anm.</i>
Fuktmarkörer	<i>Avvikande</i>
Kemiska emissioner	<i>Avvikande</i>
Trafikavgaser	Normal
Lukt från träskydd	Normal
Effekt av ventilation	<i>Avvikande</i>

### Provbedömning:

I luftprofilen förekommer mikrobiella partiklar av *Streptomyces* som indikerar en sämre luftkvalitet. De kan förekomma när byggnadsmaterial är eller har varit fuktbelastade men kan även finnas i smutsiga ventilationssystem.

Luftprovet indikerar även på avvikande fuktmarkörer (1-butanol, 2-heptanon) från golvkonstruktion och/eller fuktig mineralullsisolering.

Effekt av ventilation är avvikande genom förekomst av en hög mängd kemiska emissioner.

Kemiska emissioner bedöms som avvikande på grund av att provet innehåller höga andelar av TXIB och trimetylsilyl-2-[(trimetylsilyl)oxi]-bensoat.

TXIB förekommer som processlösningsmedel vid tillverkning av PVC. Högemitterande plastmattor kan avge detta ämne till rumsluften. Varifrån kiselföreningar såsom trimetylsilyl-2-[(trimetylsilyl)oxi]-bensoat kan härröra är oklart. Möjligen kan de avges från fogmassor (silikon etc.), ytbehandling av betong (siloxaner) eller liknande material.

En fortsatt teknisk utredning rekommenderas.



# Fukt- och mögelskador → MVOC (dna)

Sjukahusprovet

**Stora DNA-analysen**

Mikrobiell Skadekontroll

Totalantal

Hussvampsanalys

Mycotape

Aktivitetmätning

Mycotape

VOC-pumpad

VOC-långtidsanalys

MVOC

Pentaklorfenol

Ftalater

PAH

Kaseinspackel

Asbest


PCB

Formaldehyd

Porluft

Kanisterprovtagning av luft

## Stora DNA-analysen

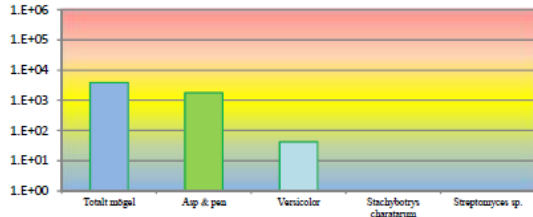


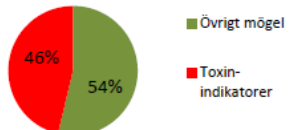
De mängder som finns av olika arter i rumsdamm kan ge lite mer information än Sjukahusprovet vid skadeutredning. Vissa arter föredrar svalt och fuktigt, gärna med jord och betong i närheten medan andra vill ha hett och vått och växer helst på papper eller annan lättillgänglig cellulosa. Vår Stora DNA-analys kan hjälpa dig vidare för att hitta källan till problemen. Den kan

**RESULTAT:**

Mängden mikroorganismer per Cm2	Bedömning	
Totalt mögel	3 870	3-10 ggr mer än normalt
Asp & pen	1 790	Förhöjd förekomst
Aspergillus versicolor	42	Viss förekomst
Stachybotrys chartarum	0	Ej påvisat
Streptomyces sp.	0	Ej påvisat
Andel toxinindikatorer	46,25%	
Bedömning	Indikerar fuktskada	

Totalt mögel  
Asp & pen  
Versicolor  
Stachybotrys chartarum  
Streptomyces sp.  
Acremonium strictum  
Alternaria  
Aspergillus fumigatus





**Kommentarer:**  
Det finns mer mikroorganismer än man kan förvänta sig inomhus. Om det dessutom finns fler än bara enstaka fuktskadeorganismer så kan man misstänka att det finns en fuktskada någonstans i huset. Det kan vara en mycket liten mögelhärd i detta rum eller fuktskador in i närliggande rum.

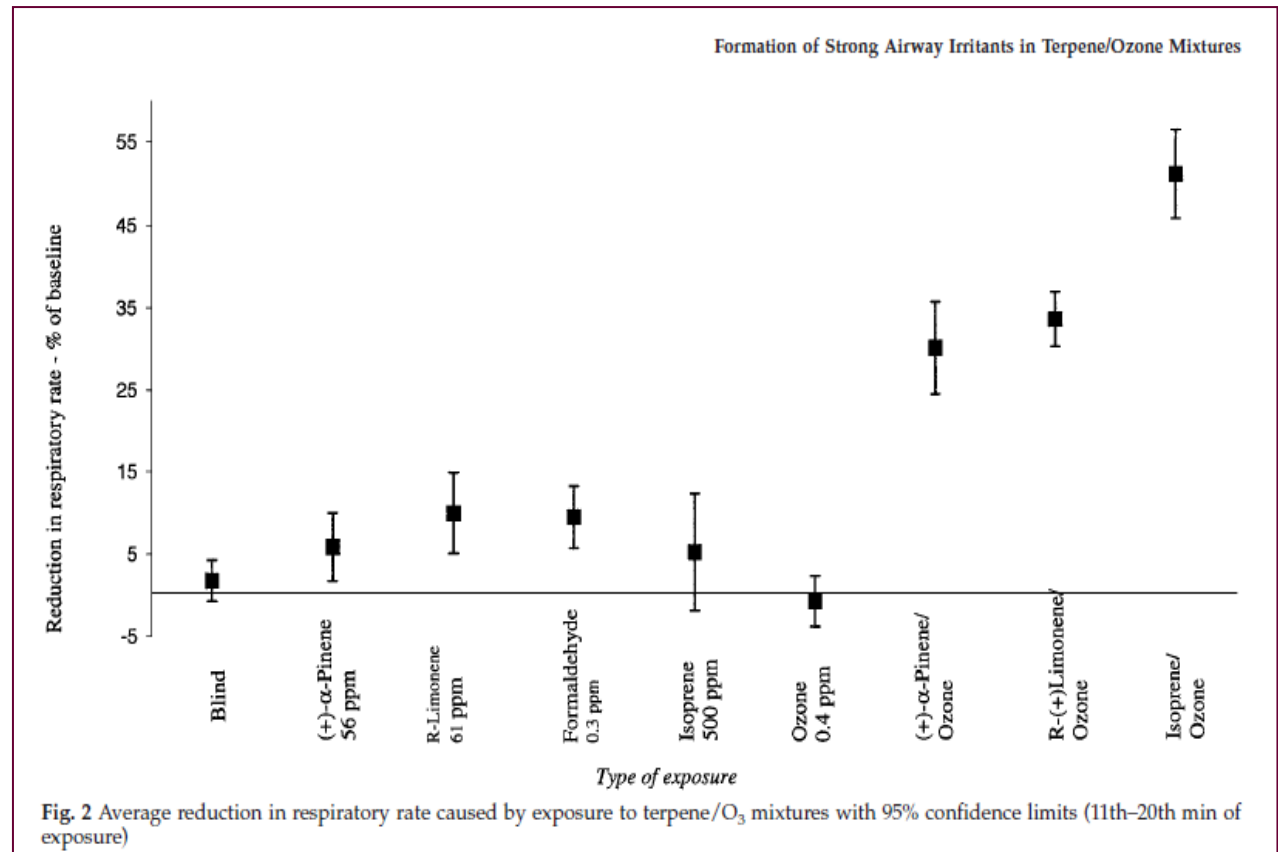
## Kemiska reaktioner (på ytor, i ventilationskanaler, i rumsluft)\*

**Wolkoff et al, IA 2001**

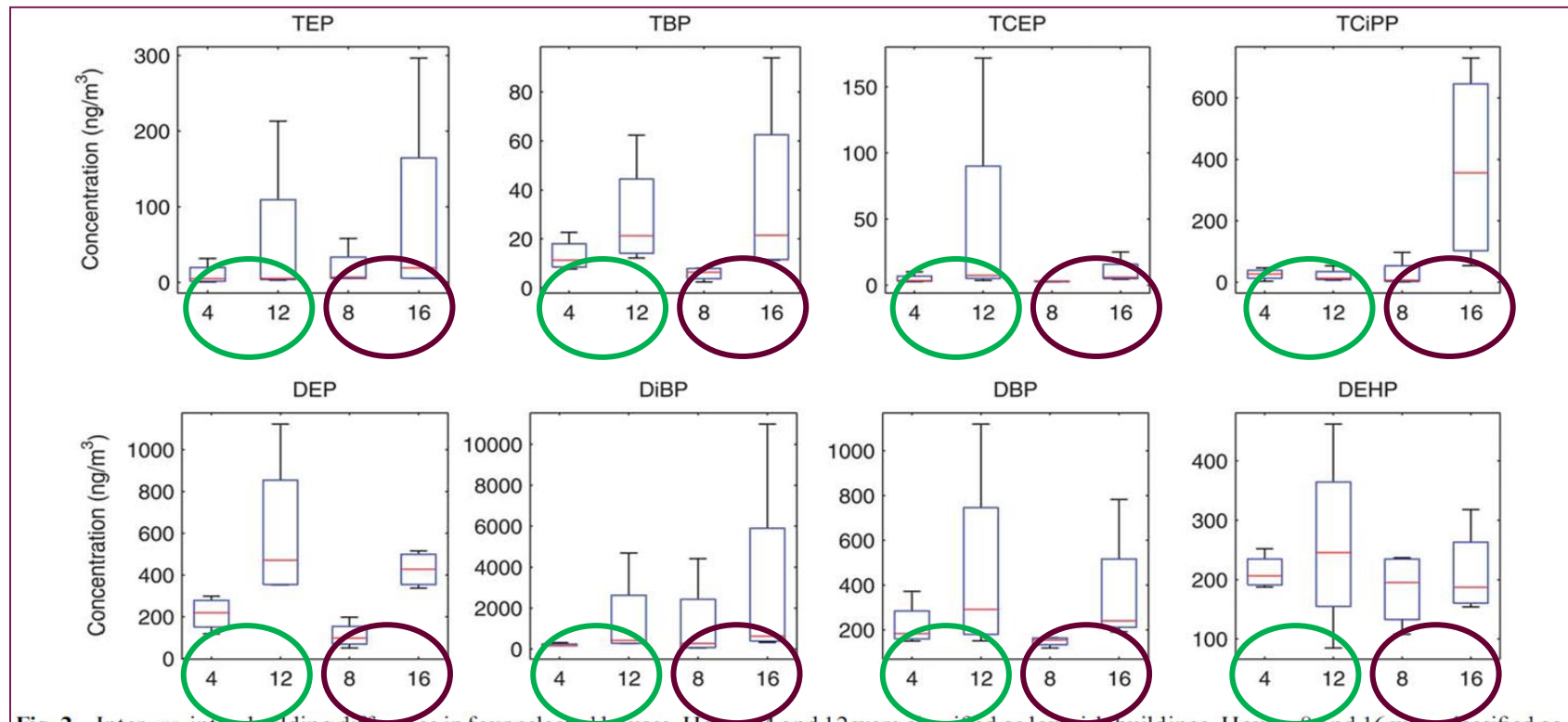
Formation of Strong  
Airway Irritants in  
Terpene/Ozone  
Mixtures

\* ffa ozon-terpener

\* ytreaktioner  
sannolikt  
viktigare bidrag än  
reaktioner i gasfas



## Luftburna halter av ftalater och organofosfater

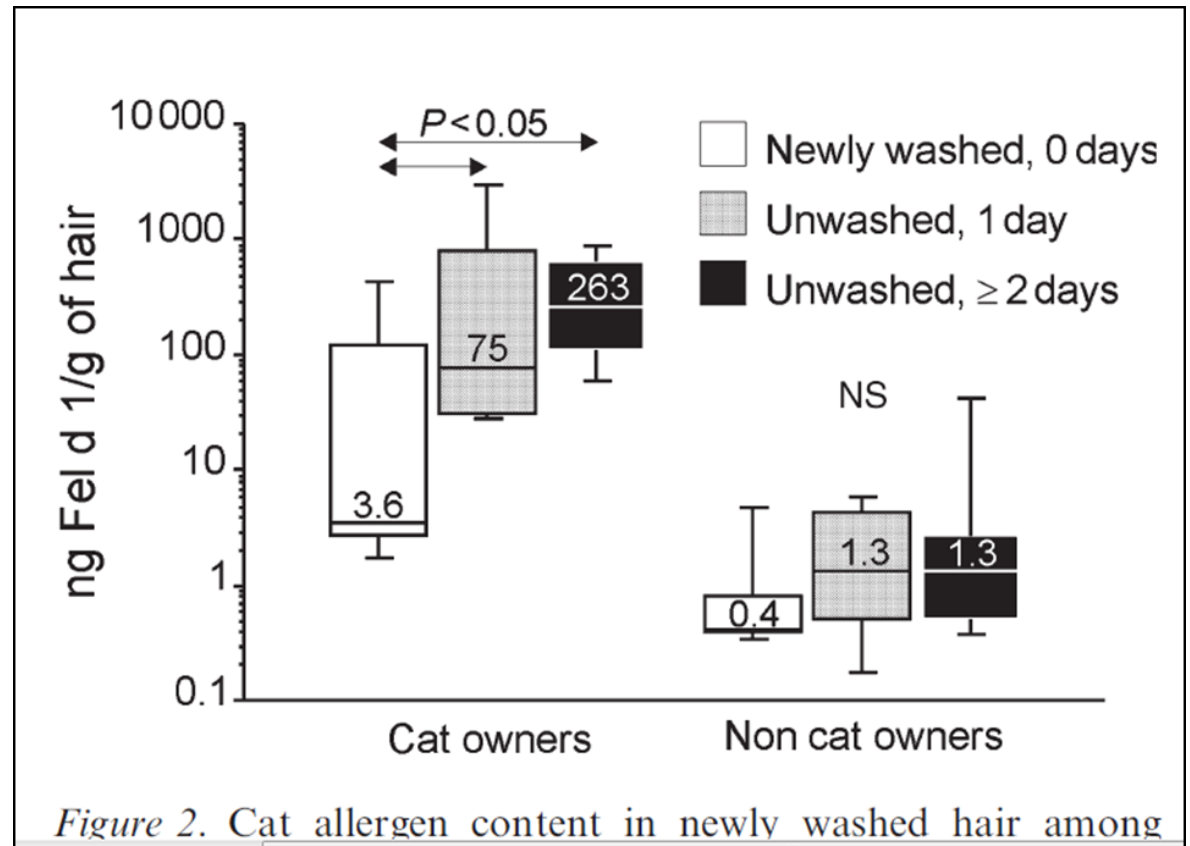


**Fig. 2** Inter- vs. intra-building difference in four selected houses. Houses 4 and 12 were classified as low risk buildings. Houses 8 and 16 were classified as high risk buildings. The box-and-whisker plot shows that the variance within a building (intra building) was larger than or similar to the variance between buildings (inter-building). The bottom and top of the boxes are at the 25<sup>th</sup> and 75<sup>th</sup> percentiles, the band in the box displays the median and the whiskers extend to the most extreme data points. The box-and-whisker plots were created from eight concentration values for each building.



## Pälsdjursallergen (ffa förskola/skola)

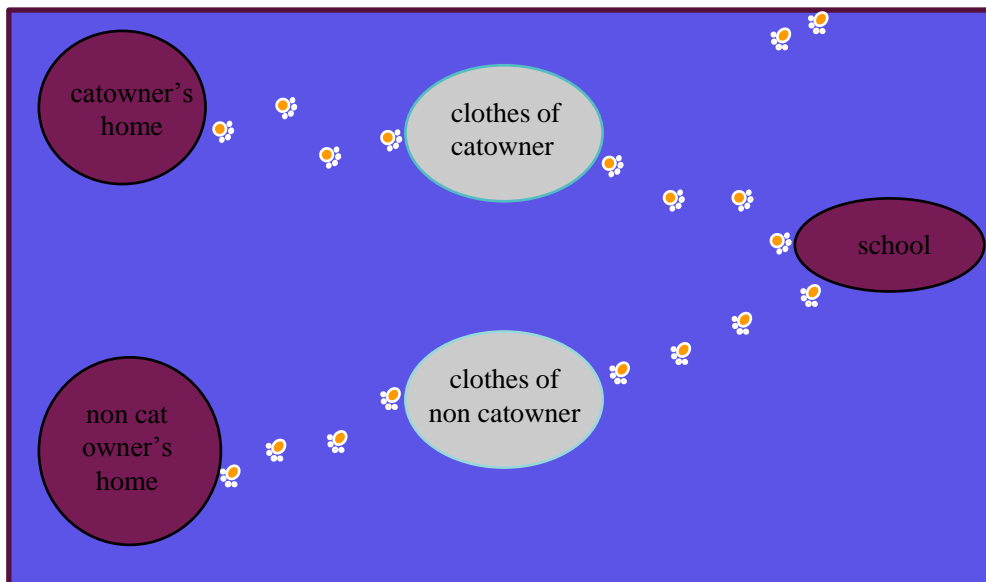
Karlsson (numer Merritt) o Renström, Human hair is a potential source of cat allergen contamination of ambient air. *J Allergy* 2001;56:771-774





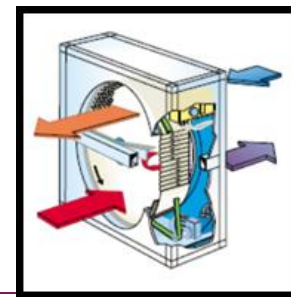
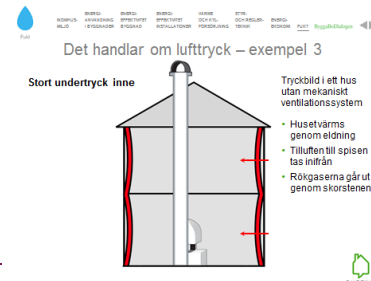
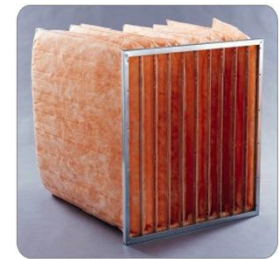
## Pälsdjur och allergentransport

*Almqvist et al*, School as a risk environment for children allergic to cats and a site for transfer of cat allergen to homes. *J Allergy Clin Immunol* 1999;103:1012-7



## Ventilation; vanlig orsak till problem

- Illa underhållna filter/ kanaler/ klimataggregat
  - ➔ återföring av föroreningar; via rotor/i anslutning till rotor/ återluft
  - ➔ felaktiga tryckförhållanden; under/övertryck
    - luft från förorenade utrymmen/konstruktionsdelar
    - fukt pressas ut i konstruktionen
- Underdimensionerade flöden i förhållande till personbelastning (vanligt i skolor och förskolor)
- Felaktigt placerade luftintag m.m.





## En komplex exponering: varierar över tid, och från



### EXPONERING

- Hög hygienisk och sanitär standard, men ...  
... ny oprövad teknik, oprövade material
- Komplicerade, fuktkänsliga, konstruktioner
- >50 000 Kemiska ämnen och produkter  
- de flesta med okända miljö/hälsoeffekter
- DOLDA KONSTRUKTIONSFEL!!!!,  
→ **QTYDLIGA EXPONERINGSFAKTORER**

[camm.sll.se](http://camm.sll.se)



# Luft och Hälsa, Symposium Stockholm 140930

## Inomhusmiljö och luftvägseffekter

### Gunnel Emenius

Miljöhygieniker, Med dr miljömedicin

[Gunnel.Emenius@sll.se](mailto:Gunnel.Emenius@sll.se)

Centrum för Arbets- och miljömedicin, SLL  
[camm.sll.se](http://camm.sll.se)

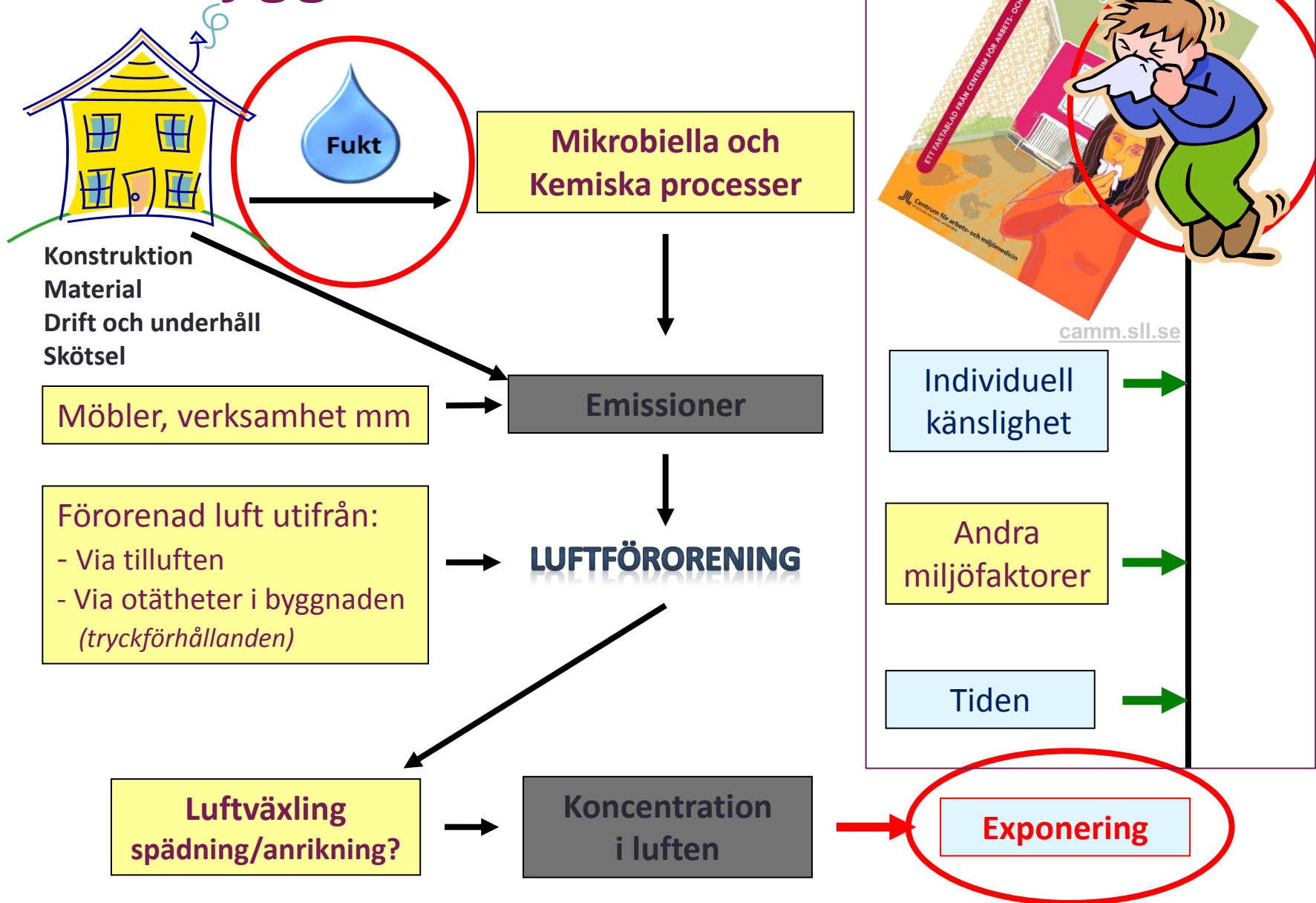
\*\*\*

[Gunnel.Emenius@ki.se](mailto:Gunnel.Emenius@ki.se)

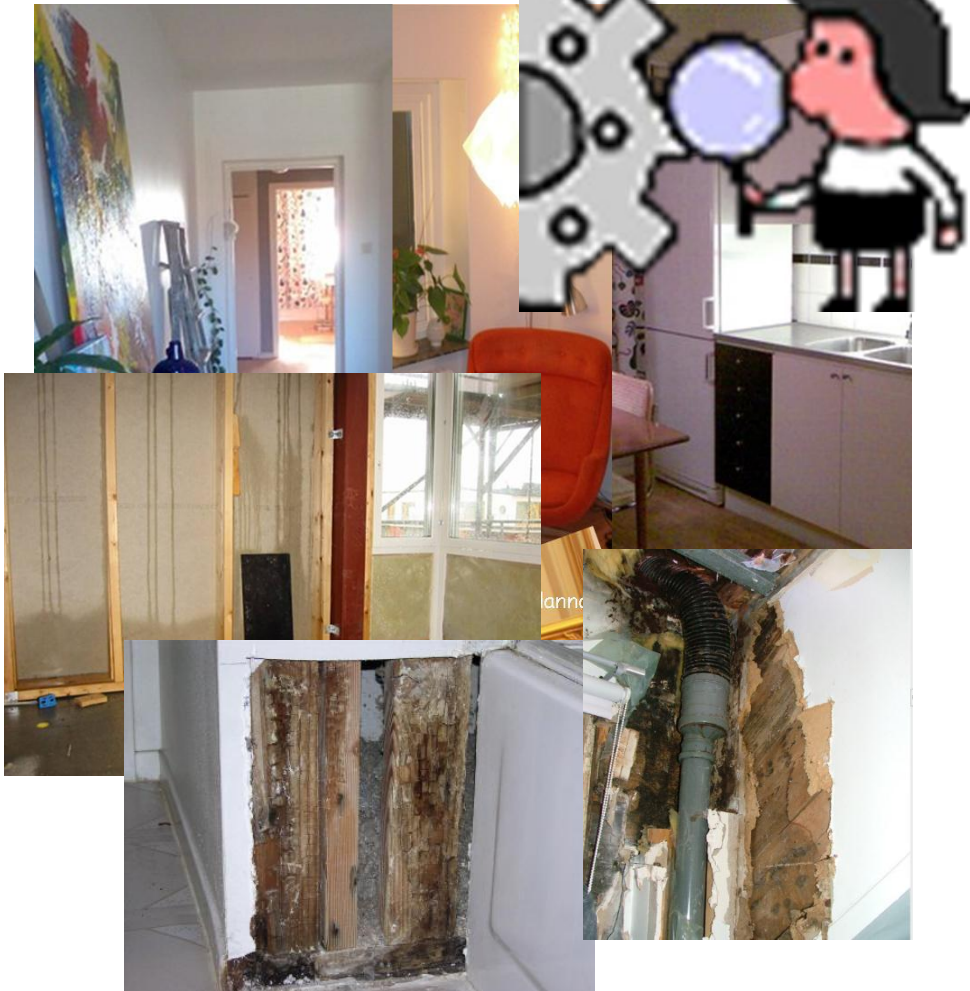
Inst. för Miljömedicin; KI  
Avd. Miljömedicinsk epidemiologi



# Från byggnadsfel till ohälsa



## ... otydlig exponering och oftast diffusa besvär ...



### UTFALL

- I huvudsak diffusa besvär
  - [BRI , cancer, legionella ....]
- Astma och andra luftvägsbesvär, ögonirritation, näsbesvär, hudbesvär, trötthet, huvudvärk, infektionskänslighet ....
  - [effekter av buller och radon m..]

→ **OTYDLIGA SYMTOM/ SJUKDOMAR**

## Vanliga symtom vid innemiljöproblem



- **Slemhinne- och luftvägssymtom**
  - Ingen enskild orsaksfaktor har identifierats (undantag formaldehyd)
  - Flera skilda faktorer bedöms bidra till besvärsbilden
  
- Forskning har dock visat att det finns ett samband mellan långvarig vistelse i **fuktskadade byggnader** och **ökad förekomst av astma, rinit, bronkit och luftvägsinfektioner.**

## WHO/ vetenskap

- Vistelse i fukt- och mögelskadade miljöer innebär exponering för luftvägsirriteranter i form av mögelsporer och/eller kemiska nedbrytningsprodukter.
- WHO har sammanställt forskning kring dessa miljöer och upplevda associerade besvär (*WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould 2009*)
- Riskbedömning baserad på samlad forskning:  
**30 till 50 % ökad risk för astmasymtom** bland individer vars bostäder har fukt- och mögelskador.

# Orsaker till hälsorisker (inomhusmiljö)

## FUKTRELATERADE PROBLEM:

Fuktskador och/eller mögelskador → astmasymtom, sjuka-hus-symtom

Miljöhälsorapporter, 2005 (barn) 2009 (vuxna), SoS, SLL/KI ; **NY 2013 (barn)**

**WHO 2009**; Guidelines for indoor air quality; Dampness and Mould

(de flesta review-artiklar)

Norbäck et al. OEM Online 2013: initierar astma hos vuxna

Quansah et al 2012, PLoS One 2012: Fukt och mögel - initierar astma (främst studier på barn)

Mendell et al, EHP 2011: astma,

Fisk et al, Indoor Air 2010; astma, bronkit, ÖLI infektioner,

Fisk et al, Indoor Air 2007; astma vuxna 30-50 % riskökning

Mendell et al EPA, NIOSH 2003, (arbetsmiljö)

Bornehag et al Indoor Air, 2001, 2004, barn >50 % riskökning

\*\*\*\*\*

Norbäck et al, 2011, Thorax. 2011, **Vuxna, lungfunktion**

Norbäck et al, 2012, arbetsplatser. **Inflammationsmarkörer**, m.m.

**! Mendell: Mätbara mikrobiella indikatorer** ↔  
**does not support measuring specific Indoor**  
**microbiologic factors to guide health-protective actions**

**Ernstgård et al 2012, No effects of exposure to vapours of 3-methyl-1-butanol in humans** ↔

## Norbäck et al. Thorax. 2011 May;66(5):396-401.

Lung function decline in relation to mould and dampness in the home: the longitudinal European Community Respiratory Health Survey ECRHS II.

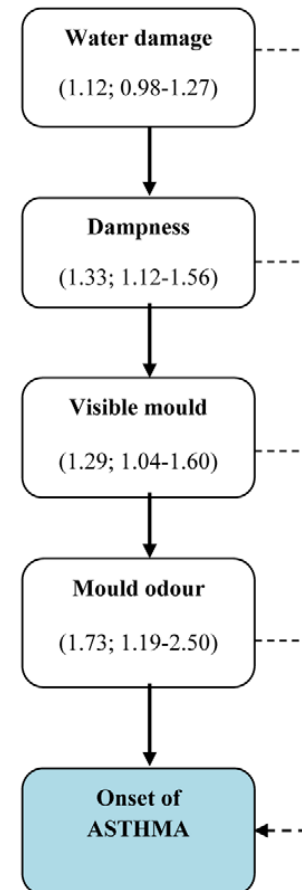
- **Multi-centerstudie, 23 länder; 5123 män och 5810 kvinnor**
- Ingen försämrad lungfunktion hos män med fuktskador i bostaden
- En tydlig försämring av lungfunktionen kunde ses hos kvinnor (FEV<sub>1</sub>), jämfört med oexponerade kvinnor (hem utan fukt och mögel)
- En trend till ökad nedgång i lungfunktion, med ökande andel noterade FUKT-tecken (*badrum, sovrum, vardagsrum*) hos kvinnor (p=0,03)
- Inget samband mellan antal rum med mögelväxt och försämrad lungfunktion

***“In conclusion, water leakage, damp spots and indoor mould are common in participating centres of the ECRHS, and there is evidence that increased dampness such as water leakage and damp spots is related to additional adult lung function decline in women. This indicates a need to reduce building dampness in dwellings”.***

## Quansah et al. PLoS One 2012;7(11):e47526. Residential dampness and molds and the risk of developing asthma: a systematic review and meta-analysis

- A. Riskskattning någon exponering för fukt/mögel och astmadebut (n = 16), **OR 1.50** (1.25–1.80)
- B. Riskskattning för vattenskada och astmadebut (n = 8), **OR 1.12** (0.98–1.27)
- C. Riskskattning fukt och astmadebut (n = 9), **OR 1.32** (1.12–1.57)
- D. Riskskattning synligt mögel och astmadebut (n = 12), **OR 1.29** (1.04–1.60)
- E. Riskskattning för mögellukt och astmadebut (n = 8), **OR 1.73** (1.19–2.50)

**Debut av astma**





## Kemiska ämnen i inomhusmiljön

**Folkhälsomyndigheten 2014 (eg SoS 2006)** Kemiska ämnen i inomhusmiljön

- Det finns ännu inte tillräckligt vetenskapligt underlag ...

**Mendell M.** Indoor residential chemical emissions as risk factors for respiratory and allergic effects in children: **a review. Indoor Air 2007**

Även om de tillgängliga studier är begränsat antal och ojämn kvalitet, och även om orsakssambanden har inte visats tydligt, tyder resultaten på samband mellan vanliga material i bostäder, inklusive formaldehyd-emitterande material, mjukgjord plast, och nymålade ytor, och negativa luftvägseffekter samt allergiska besvär .

---

## Partiklar i inomhusluften

### **Folkhälsomyndigheten 2014 (eg SoS 2006)** Partiklar i inomhusmiljön

– en litteraturgenomgång

11 vetenskapliga studier; sannolik påverkan men otillräckligt underlag för bedömning

- saknas underlag för att sätta ett riktvärde;
- ”återstår mycket forskning innan vi kan bedöma hälsoeffekterna av partiklar i inomhusmiljön med motsvarande grad av säkerhet som vi kan med effekterna av partiklar i utomhusmiljön”

### **Viktiga källor:**

- (tobaksrök) matlagning, städning och stearinljus viktiga källor
  - kemiska reaktioner i inomhusluften genererar ultrafina partiklar
  - Trafikgenererade partiklar från utomhusluften)
-

## Partiklar i inomhusluften

**Soppa et al.** Respiratory effects of fine and ultrafine particles from indoor sources--a randomized sham-controlled exposure study of healthy volunteers. **J. Environ. Res. Public Health 2014, 11.**

Vanliga hushållsaktiviteter som levande ljus, brödrostning och matlagning (ffa stekning) kan orsaka partikelhalter inomhus, som möjligen kan orsaka övergående negativa förändringar av lungfunktionen.

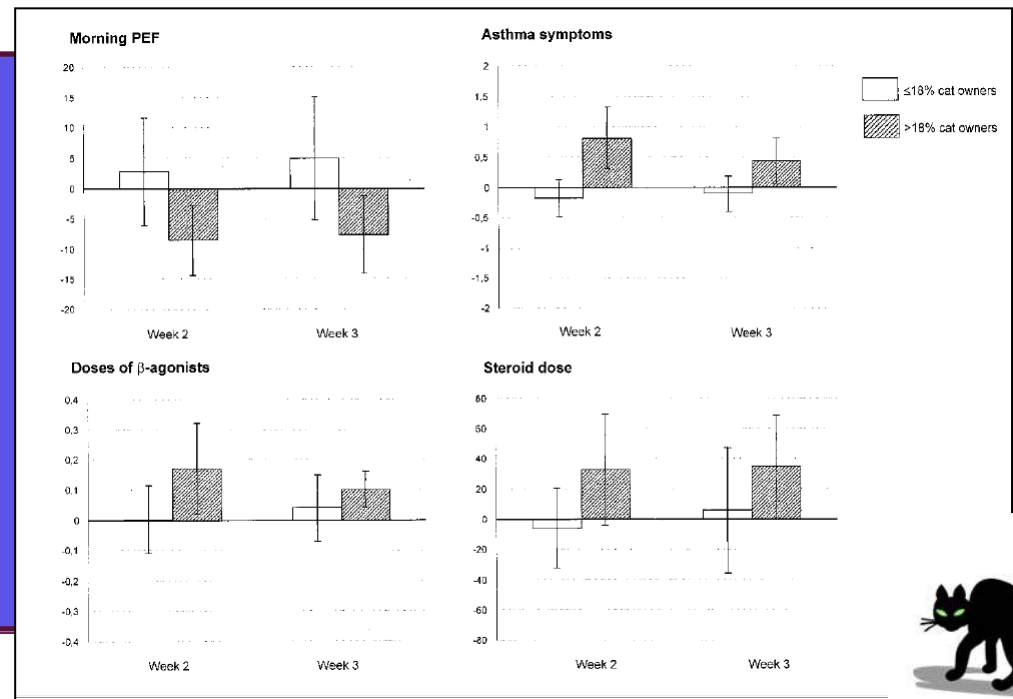
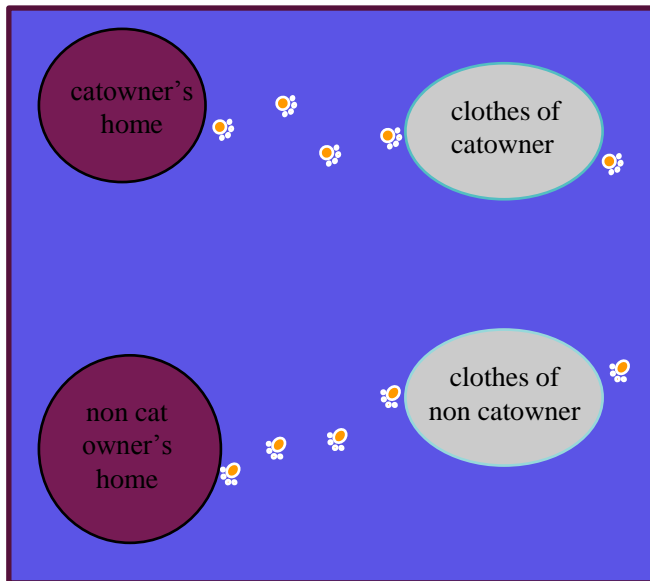
→ Förhöjda halter av ultrafina partiklar (från vissa källor) kan vara associerade med en viss försämring av i lungfunktionen hos friska vuxna

---

## Pälsdjur och allergentransport

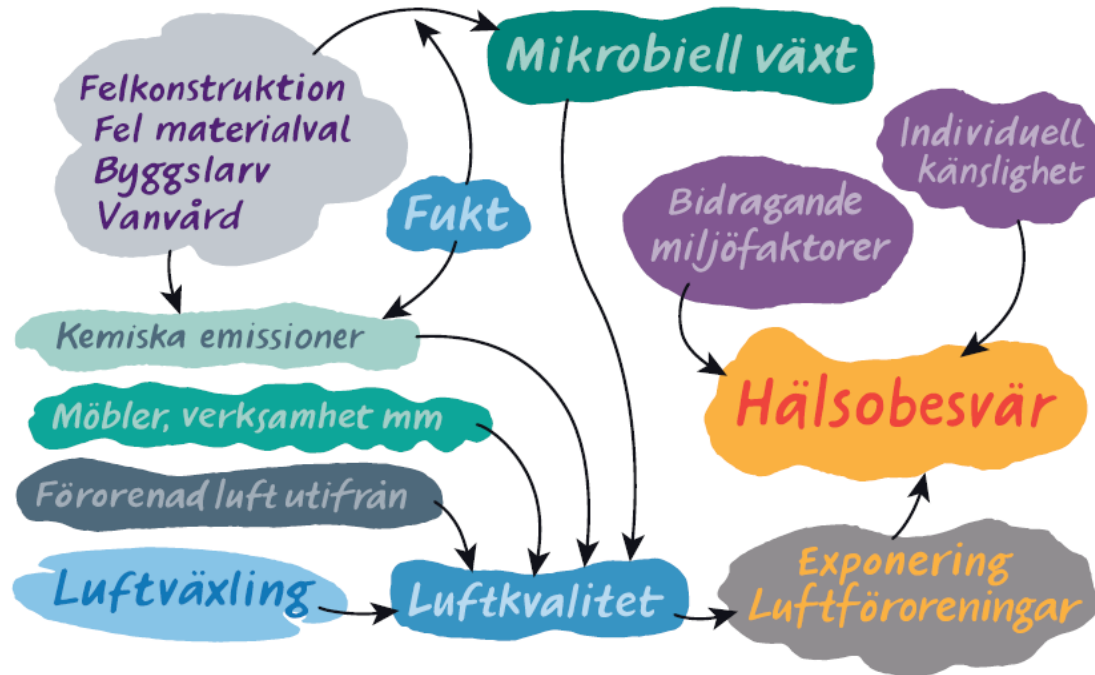
*Almqvist et al*, School as a risk environment for children allergic to cats and a site for transfer of cat allergen to homes. *J Allergy Clin Immunol* 1999;103:1012-7

*Almqvist et al*, High Allergen Exposure as a Risk Factor for Asthma and Allergic Disease, *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163:694-698



Inomhusluften är krånglig, men dess kvalitet viktig för vår hälsa

# Tack för att Ni lyssnade!



Figur 1. Schematisk överblick över orsaker till bristande luftkvalitet som tillsammans med andra faktorer kan orsaka att man upplever besvär/ohälsa. De olika delarna av figuren behandlas i respektive textavsnitt.