

# Indeklima og sundhed i boliger

Resultater og gode råd til  
et sundere indeklima fra  
forskningssamarbejdet  
CISBO til byg- og driftsher-  
rer, rådgivere i byggeriet,  
sundhedspersonale og  
beboere.



■ Man kunne have en hypotese om, at indendørs partikler nok ikke er så farlige som de udendørs, pga. forskelle i partiklernes kemiske sammensætning og størrelsesfordeling. Men den hypotese ser ikke ud til at holde.

Professor Steffen Loft, Institut  
for Folkesundhedsvidenskab,  
Københavns Universitet

Pas på ved  
udtørring af  
skimmelsvampe



## Indeklima og sundhed i boliger

Udgivelsesår:  
2016

Tekst og redaktion:  
Maja Skovgaard, Dea  
Lindegård, Jesper Kirkeskov,  
Lise Lotte Beck Raunkjær

Design: Rumfang,  
part of IDna Group

Forsidefoto:  
Peter Troest

Tryk:  
Rosendahls

Oplag:  
1000

Udgivet af:  
Realdania

Denne publikation samler  
resultater fra forsknings-  
samarbejdet **Center for  
Indeklima og Sundhed i  
Boliger**, som er finansieret  
af Realdania.

Beboere har selv hovedansvaret for partikel-  
forurening i københavnske boliger

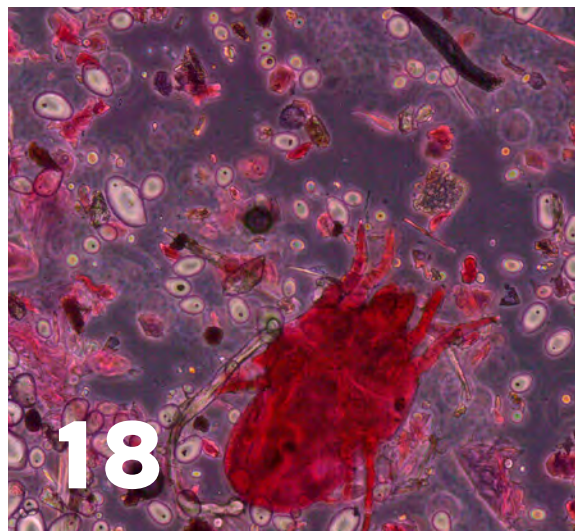
10



# Indhold



## Betydning af øget ventilation i astmabørns hjem



## Støvets anatomi

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Forord: Klogere på indeklimaet i vores boliger                               | 4  |
| Dårligt indeklima gør os syge                                                | 6  |
| Det forurener indeklimaet                                                    | 8  |
| Beboere har selv hovedansvaret for partikelforurening i københavnske boliger | 10 |
| Også indendørs partikler er sundhedsskadelige                                | 13 |
| Ventilér boligen rigtigt                                                     | 14 |
| Kemiske cocktaileffekter i indeklimaet                                       | 16 |
| Phthalater afdamper hurtigere, når temperaturen stiger                       | 17 |
| Støkets anatomi                                                              | 18 |
| Pas på ved udtørring af skimmelsvampe                                        | 20 |
| Let og billig målemetode til måling af skimmelsvampe i boliger               | 22 |
| Årstiden bestemmer mængden af svampesporer og bakterier i indeklimaet        | 23 |
| Lavere lungefunktion hos elever i fugtige klasser                            | 24 |
| Luften indendørs kan let renses for partikler                                | 25 |
| Betydning af øget ventilation i astmabørns hjem                              | 27 |
| Stil luftrenseren i soveværelset                                             | 28 |
| Forskning møder praksis                                                      | 30 |



**En almindelig  
dansker opholder  
sig i gennemsnit  
80-90 % af livet  
indenfor**

Kilde: Miljøstyrelsen

Forord:

# Klogere på indeklimaet i vores boliger



## Om CISBO

Realdania har taget initiativ til og finansieret CISBO, som har til formål at frembringe og formidle forskningsbaseret viden om, hvordan vi kan skabe et sundere indeklima i boliger. CISBO er et forskningssamarbejde mellem:

- Institut for Folkesundhed, Aarhus Universitet
- Institut for Folkesundhedsvidenskab, Københavns Universitet
- Institut for Byggeri og Anlæg, Danmarks Teknisk Universitet
- Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø
- Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København

Vi opholder os omkring to tredjedele af vores tid i vores hjem, og den måde, vi bor og lever på i vores boliger, har enorm betydning for vores velvære og trivsel. Indtil for få år siden har de private boliger dog været relativt ubesøgte i indeklimateforskningen, der i højere grad har fokuseret på kontormiljøer og arbejdspladser. Det var på den baggrund, Realdania i 2009 tog initiativ til Center for Indeklima og Sundhed i Boliger [CISBO]. Et center uden mure bestående af forskere fra Danmarks vigtigste forskningsinstitutioner på indeklimaområdet.

Siden er det blevet til et helt unikt tværfagligt samarbejde mellem forskere fra den sundhedsfaglige og tekniske verden, og vi er blevet meget klogere på indeklimaet i vores boliger. Fra en forståelse af kilderne til forurening indendørs, og hvordan indeklimaet påvirker vores helbred, til effekter af luftrensning og ventilation. Du kan læse mere om nogle af CISBO's væsentlige resultater i denne publikation.

## Vigtige bidrag til både forskning og praksis

Samarbejdet mellem forskerne har resulteret i mange vigtige bidrag til den internationale indeklimateforskning. Men forskningen har også appelleret stærkt til bygge- og sundhedssektoren. For at styrke netværket mellem forskere og praktikere etablerede

CISBO tre netværksgrupper med hver deres vinkel på indeklima, hhv. sundhed, luftkvalitet og lavenergibygninger.

Netværksgrupperne har været en stor succes med bred opbakning. Flere end 360 deltagere fra byggebranchen og sundhedssektoren har engageret sig i netværket og deltaget i CISBO's årlige konferencer og netværksmøder.

## Centret lukker, samarbejdet og netværket fortsætter

CISBO afslutter de sidste projekter, analyser og videnskabelige afrapporteringer i løbet af 2016. Selvom centret afsluttes, fortsætter samarbejdet mellem forskerne. Der er allerede planlagt nye projekter, rejst nye midler til forskning og etableret samarbejde med andre initiativer på baggrund af CISBO. CISBO har været med til at styrke Realdanias strategiske fokus på at omsætte viden om indeklima til praksis og nye løsninger. Lige nu har Realdania igangsat tre særlige indsatser i forhold til indeklima: Radon, energi og indeklima samt børns indeklima i skoler og børneværelser.

Også CISBO's netværk af praktikere vil fortsætte. Netværksdeltagerne har i en afsluttende evaluering efterspurgt en platform til udveksling af viden, og det vil Realdania arbejde videre med.



FOTO: CLAUDIUS BJØRN LARSEN

CISBO's styregruppe sammen med det internationale advisory board. Fra venstre: Programchef Lennie Clausen, Realdania / Professor John D. Spengler, Harvard School of Public Health, USA [advisory board] / Professor Steffen Loft, Institut for Folkesundhedsvidenskab, Københavns Universitet / Professor Peder Wolkoff, Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø / Professor Bert Brunekreef, Utrecht University, Holland [advisory board] / Professor Geo Clausen, Institut for Byggeri og Anlæg, Danmarks Tekniske Universitet / Professor William D. Nazaroff, University of California, USA [advisory board] / Professor Lars Gunnarsen, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København / Professor Kjell Andersson, Örebro University Hospital, Sverige [advisory board] / Sekretariatschef Ole Bønnelycke, Byggeskadefonden / CISBO's centerleder, professor Torben Sigsgaard, Institut for Folkesundhed, Aarhus Universitet.

#### Tak

Vi vil gerne takke alle forskere, teknikere og andre medvirkende i CISBO, der har været med til at skabe betydningsfuld ny viden på tværs af forskningsinstitutioner og forskningstraditioner. Tak til det internationale advisory board, som har bidraget med vigtige input til CISBO's forskning og metoder. Og tak til de mange deltagere i netværksgrupperne. Vi er stolte af det styrkede samarbejde og netværk, CISBO har medvirket til at skabe på tværs af forskningsinstitutioner og praksis, og vi ser frem til, at det lever videre efter CISBO's afslutning.

**Torben Sigsgaard**  
Centerleder for CISBO  
Professor, Institut for Folkesundhed, Aarhus Universitet

**Lennie Clausen**  
Programchef, Realdania

## CISBO i tal:

Flere end **52** videnskabelige artikler udgivet i mere end **30** internationale publikationer

Flere end **32** konferencebidrag verden over

**8** ph.d.-projekter

Flere end **46** forskere, teknikere m.fl. har medvirket i CISBO

**23** forskningssprojekter

Flere end **360** netværksdeltagere

**12** netværksmøder

**4** års-konferencer

Se mere på [cisbo.dk](http://cisbo.dk)

# Dårligt indeklima gør os syge

**Et dårligt indeklima kan være skyld i træthed, hovedpine og allergiske symptomer og i værste fald mere alvorlige sygdomme som lunge- og hjerte-kar-sygdomme og kræft. Partikelforurening og fugt er nogle af de faktorer, der har størst negativ effekt på indeklimaet.**



7,6 % af den voksne befolkning oplyser, at de har astma.

Kilde: Statens Institut for Folkesundhed, 2010.

Danskerne opholder sig 80-90 % af tiden inden for, og af den tid er vi i gennemsnit 16 timer af døgnet i vores bolig. Derfor er det vigtigt, at boligen har et indeklima, der er sundt og behageligt at opholde sig i.

Indeklimaet er påvirket af temperatur, fugt, støj og lys samt af de partikler og kemiske stoffer, der er i indeluften. Mange af disse faktorer er det dog muligt for beboerne selv at styre, så indeklimaet i boligen bliver bedre.

## **Vi forurener selv indeklimaet i vores boliger**

De fleste kilder til forurening af indeklimaet er indendørs, og det meste af det bærer vi selv ind, fortæller professor i miljømedicin Steffen Loft fra Institut for Folkesundhedsvidenskab ved Københavns Universitet, som i CISBO har undersøgt sammenhængen mellem indeluftens kvalitet og beboernes helbred.

”Det er især partikelforurening fra stearinlys, rygning, madlavning, elektriske apparater og brændeovne, der forurener indeklimaet, men også afdampning af kemikalier fra fx byggematerialer, møbler og rengøringsmidler”, forklarer han.

## **Partikler fra stearinlys ligner dieselforurening**

Den største synder til partikelforurening indenfor er tændte stearinlys. Når vi tænder et stearinlys, kommer der flere sodpartikler, end der udledes på en stærkt trafikeret vej. Og de partikler sætter sig i vores lunger.

”Derudover vil der også altid udvikles skadelig kvælstofdioxid, når man brænder noget – det kan ikke undgås. Afbænding

af stearinlys minder en del om dieselforurening, og vi ved fra udendørsstudier af trafikforurening, at dieselpartikler har indflydelse på lunge- og hjerte-kar-sygdomme”, forklarer Steffen Loft.

Og tilsyneladende ved danskerne ikke, hvor usundt det er. I befolkningsundersøgelsen Copenhagen Aging and Midlife Biobank (CAMB), som Steffen Loft og hans forskningsteam har brugt i deres forskning, er godt 7.000 danskere i 50-års alderen blevet spurgt om deres forbrug af stearinlys. Her svarer knap halvdelen, at de tænder stearinlys mindst fire gange om ugen i vintermånederne.

## **Fugt fremmer skimmelsvampe og husstøvmider**

Udover forurening med partikler og fra kemikalier har fugt også en negativ virkning på indeklimaet. Fugt er ikke i sig selv skadeligt for helbredet, men er der fugt i en bygning, vil det fremme vækst af skimmelsvampe og husstøvmider og dermed give et dårligt indeklima. Husstøvmider og skimmelsvampe kan blandt andet give hovedpine, træthed, irriterede øjne, næse og luftveje samt forværre symptomerne hos personer, der i forvejen har astma og allergi.

## **Luft ud**

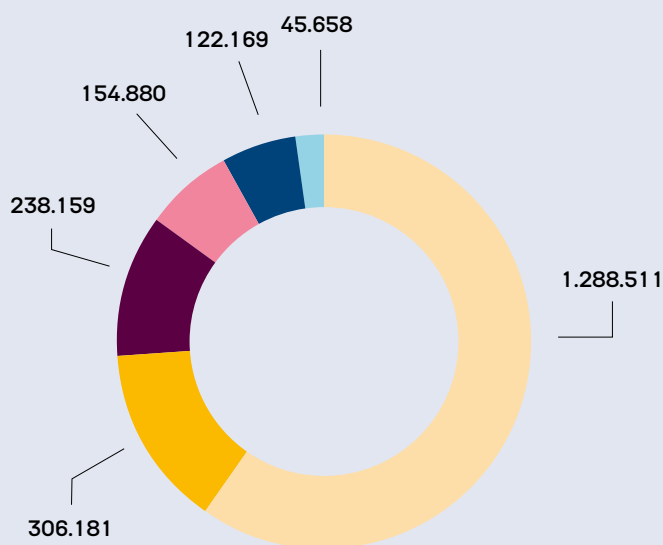
Der er mange forhold, der påvirker indeklimaet i boligen, fx hvordan boligen er bygget, dens beliggenhed – og beboernes adfærd. For det er heldigvis muligt selv at gøre noget for at forbedre indeklimaet i boligen. Et godt sted at starte er at lufte godt ud flere gange om dagen og gøre rent ca. en gang om ugen.

## Så mange bliver syge

En europæisk ekspertgruppe har anslået, at der hvert år tabes to millioner sunde leveår i 26 EU-lande pga. forurening af indeluften. Tab af såkaldte sygdomsjusterede leveår omfatter mistede leveår på grund af død, og leveår, der kunne være levet uden sygdom, men blev levet med alvorlige sygdomme. Ekspertgruppen anslår, at der i Danmark årligt tabes ca. 22.000 sygdomsjusterede leveår pga. dårligt indeklima.

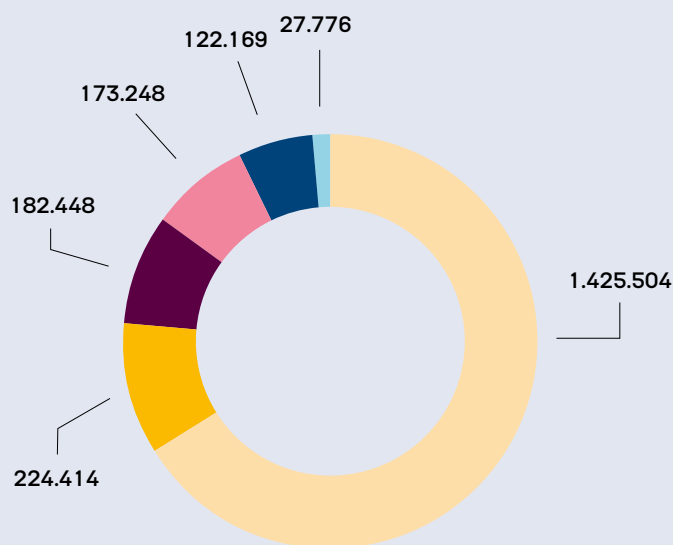
### De mest sårbare over for forurening i indeklimaet

- Mennesker, der opholder sig meget hjemme
- Ældre mennesker (aldrende krop)
- Mennesker, der allerede er disponeret for astma og allergi
- Spædbørn og små børn, hvis lunger ikke er færdigudviklede endnu.



- Hjerte-kar-sygdomme
- Astma og allergi
- Lungekræft
- Infektioner og symptomer i øvre og nedre luftveje
- Akut forgiftning
- Kronisk obstruktiv lungesygdom [KOL]

De estimerede to millioner årlige tab af sunde leveår i 26 europæiske lande fordelt på sygdomme. Hjerte-kar-sygdomme dominerer med 60 procent af tabene, og de luftvejsrelaterede tab (astma og allergi, lungekræft, infektioner og symptomer i luftveje og KOL) udgør 35 procent af tabene.



- Partikler fra forbrændingsprocesser
- Fugt i bygninger
- Bioaerosoler [pollen mm.]
- Radon
- Kulilte
- Flygtige organiske forbindelser (fx opløsningsmidler)

Fordeling af de estimerede to millioner årlige tab af sunde leveår i 26 europæiske lande på eksponeringsforhold. Her er det markant, at partikelforurening er ansvarlig for 2/3 del af tabene.

# Det forurener indeklimaet

## Partikler

## Bakterier

## Skimmelsvampe

## Fugt

### Tre

af de væsentligste kilder til forurening i boliger:

### Stearinlys [partikler]



### Madlavning [partikler]



### Fugt [skimmel og husstøvmider]



Der er mange kilder til partikelforurening i boligen. Nogle partikler kommer ind udefra og stammer fra trafik og afbrænding til opvarmning. Men langt de fleste partikler i boligen kommer fra madlavning, rygning, brug af stearinlys, brændeovne og elektriske apparater.

**Påvirkning på helbred:** Nedsat lungefunktion og hjerte-kar-sygdomme.

De fleste bakterier i boligen stammer fra beboerne selv og deres aktiviteter. Når beboerne er hjemme, er der flere bakterier i luften. Koncentrationen af bakterier i luften indenfor er højest tidligt om foråret og lavest om sommeren.

**Påvirkning på helbred:** Sygdomsfremkaldende, hvis du i forvejen er svækket. Kan forårsage betændelse i kroppen, fx i et sår. Mistænkt for at give hovedpine, allergi samt luftvejssygdomme som astma, bronkitis og infektioner i luftvejene.

Skimmelsvampe findes både ude og inde. I boligen vokser skimmelsvampe på fugtige steder. Fugten kan komme fra beboerne og deres aktiviteter eller fra bygningen på grund af vandskader eller kuldebroer. Svampene indeholder allergifremkaldende stoffer [allergener], og nogle skimmelsvampe er giftige.

**Påvirkning på helbred:** Astma- og allergiliggende symptomer, fx træthed, åndedrætsbesvær, hovedpine, snue og kløende øjne. Symptomerne er værst for mennesker med allergi over for skimmelsvampe.

Fugt i boligen er ikke i sig selv skadeligt for beboernes sundhed. Men skimmelsvampe og husstøvmider er afhængige af fugt, og det kan have stor betydning for folk, der er følsomme overfor de allergifremkaldende stoffer [allergener], der kommer fra dem.

**Påvirkning på helbred:** Astma og allergi.



Her kan du læse om nogle af de væsentligste kilder til forurening af indeklimaet og deres indvirkning på helbredet. CISBO har bl.a. undersøgt partikler, kemikalier, skimmel, fugt og støv i indeklimaet. Andre kilder som PCB og radon er også kilder til indendørs forurening, ligesom lyd og lys også har stor betydning for indeklimaet. Disse emner ligger dog uden for CISBO's forskningsområder.

## Allergener

Mange af de allergener (allergifremkaldende stoffer), der findes i indeklimaet, og som allergikere reagerer på, stammer fra fx skimmelsvampe, husstøvmider, husdyr, afgangning fra byggematerialer og møbler samt fra kosmetiske produkter.

**Påvirkning på helbred:**  
Asthma og allergi.

## Støv

Støv kan være med til at forringe indeklimaet i boligen. Støv kan indeholde mange forskellige dele, fx bakterier, kemikalier, svampesporer og afføring af husstøvmider.

**Påvirkning på helbredet:**  
Mennesker med allergi over for husstøvmider kan få symptomer som høfeber, astma og forværring af børneeksem. Støv i luften kan genere alle med følsomme luftveje. Desuden kan nogle af de ting, der findes i kemikalier m.v., der ophobes i støv, have negativ indflydelse på helbredet.

## Kemikalier

Indeklimaet i boligen kan være forurenet med mange forskellige kemikalier, som stammer fra afgangning af fx byggematerialer og maling, nye tæpper og møbler, elektrisk udstyr og rengøringsmidler. Nogle kemikalier kan deponeres i støvet i boligen.

**Påvirkning på helbred:**  
Nogle kemikalier giver allergiske reaktioner, luftvejsirritationer, hovedpine og svimmelhed. Andre stoffer, fx phthalater, mistænkes for at give allergi og astma, og formaldehyd kan være kræftfremkaldende.

## PCB

PCB (Poly-Chlorede Biphenyler) blev tidligere brugt bl.a. i byggematerialer såsom fugemasser og termoruder. I 1970'erne fandt man ud af, at PCB er skadeligt for mennesker og miljø, og i dag er al anvendelse af PCB forbudt, men stofet findes stadig i byggematerialer i nogle bygninger og kan afdampe til indeklimaet.

**Påvirkning på helbred:**  
Påvirkning af nervesystemet, hormonpåvirkninger, diabetes og kræft.

## Radon

Radon er en naturlig, men kræftfremkaldende radioaktiv gasart, der dannes i undergrunden, og som kan trænge ind i en bygning gennem revner og sprækker mod jord. Radon afgiver stråling og bliver derved lavet om til forskellige tungmetaller, som kan sætte sig i lungerne og efterfølgende frigive stråling.

**Påvirkning på helbred:**  
For høj radonkoncentration i boliger øger risikoen for lungekræft, særligt hos rygere og eksrygere.

### FAKTA:

**Hver femte dansker er utilfreds med indeklimaet, hvor de bor**  
Kulde, træk og dårlig luft er blandt de kedelige topscorere over de gener, danskere oplever i deres boliger.

Kilde: Rådet for Sundt Indeklima, 2014.

Kilder:  
CISBO, skimmel.dk,  
Sundhedsstyrelsen,  
Miljøstyrelsen,  
Arbejdsmiljøinstituttet,  
Asthma-Allergi Danmark,  
pcb-guiden.dk



# Beboere har selv hovedansvaret for partikelforurening i københavnske boliger

**Stearinlys og madlavning er de væsentligste kilder til indendørs forurening i ikke-rygerhjem. Kun en fjerdedel af forureningen kommer fra udeluften, viser en CISBO-undersøgelse af 56 boliger i København.**

I de fleste boliger er luften forurenet med sundhedsskadelige partikler. En del af dem stammer fra udeluften, som i København og mange andre storbyer er forurenet af bilers udstødningsgasser. Men ifølge en undersøgelse fra CISBO har trafikken og andre udendørs forureningskilder kun lille betydning for partikelforureningen i københavnske boliger. I stedet er det beboernes egen adfærd, der bærer hovedansvaret.

#### **Sundhedsskadelige partikler**

Luftforurening med små partikler er årsag til flere tusind dødsfald i Danmark hvert år, forårsaget af luftvejslidelser og

/// Vintertid er partikeltid. Danskerne hygger sig med stearinlys og god mad, og samtidig er vi nok lidt mindre tilbøjelige til at lufte ud, når kulden bider. Men pas på med det.

hjerter-kar-sygdomme. Der er et stort sundhedsmæssigt potentiale i at nedbringe partikelforureningen i vores boliger, hvor vi opholder os mindst halvdelen af døgnet og indånder luften.

Lektor Gabriel Bekö fra DTU har undersøgt kilderne til partikelforureningen i 56 københavnske boliger, og i hvilken grad forureningen hænger sammen med beboernes aktiviteter i boligen. Ryger-hjem blev udeladt i undersøgelsen, fordi det i forvejen er velkendt, at rygning i hjemmet giver meget høje partikkelkoncentrationer.

#### Vintertid er partikeltid

Gabriel Bekös undersøgelse viser, at

luftforureningen udendørs kun bidrager med en fjerdedel af den samlede partikelforurening indendørs. Tre fjerdedele af partikelforureningen i de københavnske boliger stammer fra beboerne selv. Og her taler vi altså alene om ikke-ryger-hjem.

Ved at sammenholde partikelmålinger med beboernes adfærd har Gabriel Bekö vist, hvad der er de vigtigste årsager til den indendørs partikelforurening. Her kommer stearinlys ind på en klar førsteplads. I de boliger, hvor man stadig tænder stearinlys, står osen fra lysene for over halvdelen af den samlede partikelforurening af indeluften, inklusiv den del af forureningen som kommer udefra.

På andenpladsen kommer madlavning, hvor særligt stegning, bagning og brødristning producerer mange partikler. I de boliger, hvor man laver mad, står madlavning for lidt under 30 pct. af den samlede partikelforurening. Her springer det i øvrigt i øjnene, at madlavning ved kogning ikke producerer partikler i nævneværdig grad.

"Vintertid er partikeltid. Danskerne hygger sig med stearinlys og god mad, og samtidig er vi nok lidt mindre tilbøjelige til at lufte ud, når kulden bider. Men pas på med det", siger lektor Gabriel Bekö.





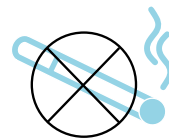
## Undersøgelse af partikelforurening

Lektor Gabriel Bekös undersøgelse kombinerer avancerede partikelmålinger med registreringer af beboernes adfærd, så man kan se, hvad der er afgørende for partikelforureningen indendørs. Undersøgelsen har omfattet 56 københavnske boliger, hvor ingen af beboerne aktuelt var rygere.

I hver bolig registrerede beboerne gennem 48 timer, hvornår de udførte aktiviteter af betydning for partikelforureningen. Dette omfattede fx madlavning, ristning af brød, tænding af stearinlys og åbning af vinduer. I samme 48 timers periode blev luftens koncentration af partikler og partiklernes størrelse målt hvert 16. sekund. Derefter kunne Gabriel Bekö sammenholde de målte udsving i partikelforurening og -størrelsesfordeling med de aktiviteter, som beboerne havde udført på de pågældende tidspunkter.

### Tre vigtige råd

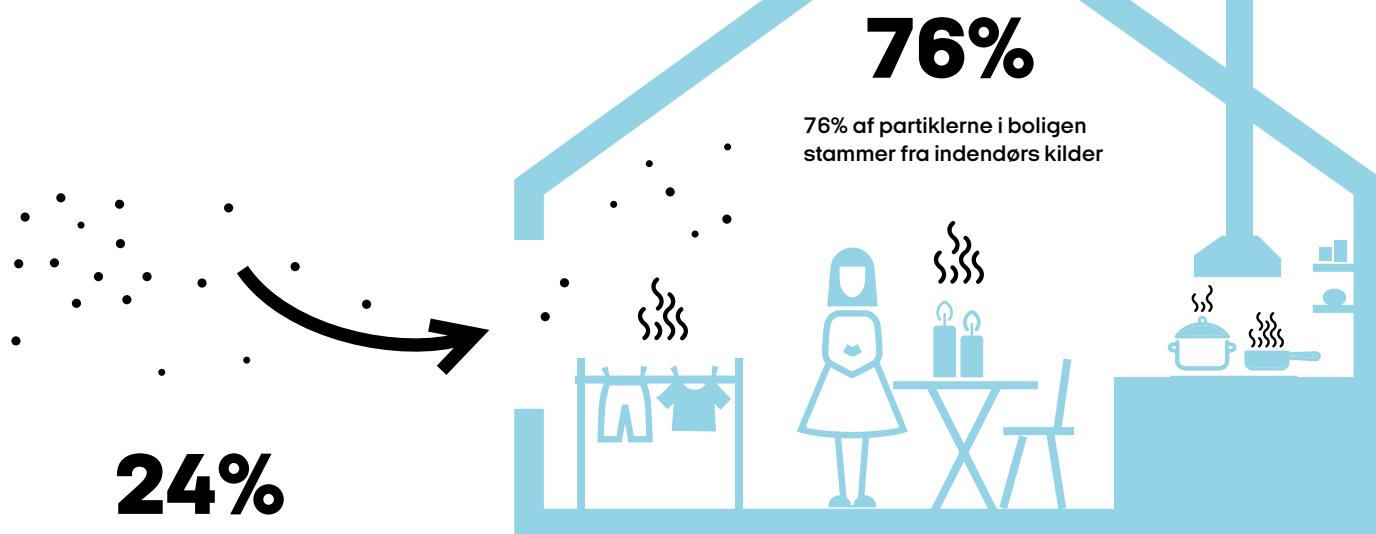
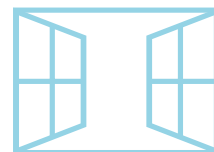
Undlad tobaksrygning indendørs



Undgå at tænde stearinlys



Luft ud under madlavning, særligt når du steger, bager og rister brødrister brød



Langt størstedelen af partikelforureningen i københavnske boliger skyldes beboernes egne aktiviteter såsom madlavning og stearinlys, mens kun en fjerdedel af partiklerne kommer udefra.



# Også indendørs partikler er sundheds- skadelige

Det er ikke nyt, at ultrafine partikler fra trafikken og andre udendørs forureningskilder er sundhedsskadelige. Det ved vi med stor sikkerhed på baggrund af talrige undersøgelser fra hele verden.

Men nogle gange kan partikelkoncentrationen indendørs faktisk være højere end ude i trafikken. Alligevel har vi ikke vidst ret meget om, hvor sundhedsskadelige de indendørs partikler egentlig er.

Indtil nu. En række af CISBO's forskningsprojekter har nemlig bragt os afgørende tættere på at kende den sundhedsmæssige virkning af ultrafine partikler fra stearinlys, madlavning og andre indendørs forureningskilder.

"Man kunne have en hypotese om, at indendørs partikler nok ikke er så farlige som de udendørs pga. forskelle i partiklernes kemiske sammensætning og størrelsesfordeling. Men den hypotese ser ikke ud til at holde", siger professor Steffen Loft fra Institut for Folkesundhedsvidenskab ved Københavns Universitet.

CISBO-forskernes målinger på forsøgspersoner har tværtimod vist, at de indendørs partikler, ligesom de udendørs, hænger sammen med nedsat lungefunktion og andre ændringer i kroppen, der på længere sigt også kan føre til hjertekarsygdomme.

■ Man kunne have en hypotese om, at indendørs partikler nok ikke er så farlige som de udendørs pga. forskelle i partiklernes kemiske sammensætning og størrelsesfordeling. Men den hypotese ser ikke ud til at holde.



# Ventilér boligen rigtigt



FOTO: PETER TROEST

**Når vi ikke får luftet ordentligt ud i vores bolig, ophobes forureninger indendørs. CISBO har undersøgt, hvor stor betydning ventilation egentlig har for luftkvaliteten.**

## Tre råd om ventilation

### 1.

Sørg for et godt grundluftskifte, fx via udeluftventiler eller mekanisk ventilation, ikke ved utætte konstruktioner.

### 2.

Luft ud flere gange om dagen med gennemtræk.

### 3.

Lad døren til soveværelset stå åben.

En enkel måde at komme af med partikel-forurening, kemiske stoffer og fugt i boliger er at sørge for ordentlig ventilation. I mange boliger kniber det dog med at få luftet ud flere gange om dagen, som anbefalingerne ellers lyder på. Særligt om vinteren holder vi døre og vinduer lukkede, viser en CISBO-undersøgelse, hvor luftskiftet i fem boliger blev målt fire gange over et år.

"Vi havde forventet, at der var variationer i luftskiftet henover året, men at variationerne var så store, og at luftskiftet næsten var helt i bund i alle fem boliger om vinteren var overraskende", siger professor Geo Clausen fra DTU BYG

#### Luft ud med gennemtræk

Grundventilationen bør oftest suppleres med udluftning. Vi skal dog sørge for at lufte ud på den rigtige måde for at slippe af med partikler og fugt i boligen. Her er det vigtigt at sørge for gennemtræk. Åbner man kun ét vindue, skifter man kun en meget lille del af indeluften ud.

Et CISBO-forsøg med udluftning i en to-værelses lejlighed viser, at lufter man ud med gennemtræk fjerner man tre gange så

meget af koncentrationen af forureninger, end hvis man kun har ét vindue åbent.

#### Hold døren til soveværelset åben

Geo Clausens forskersteam har også interesseret sig for spredningen af forureningskoncentrationen i boligen. Særligt i soveværelset ophobes der meget CO<sub>2</sub>.

"Vi blev overraskede over, hvor højt CO<sub>2</sub>-koncentrationen kom op i løbet af en nat i et soveværelse med lukket dør. Brug volumen af boligen. Åbn dørene for at sprede forureningen. Særligt døren til soveværelset om natten", opfordrer Geo Clausen.

#### Effektivt luftskifte med mekanisk ventilation

Mekanisk ventilation, der automatisk suger luft ud og blæser luft ind i boligen, spiller en stadig større rolle i nybyggeriet og kan være en god metode til at opnå et jævnt luftskifte i sin bolig. Ifølge Geo Clausen er det væsentligt at vælge anlæg med en høj grad af varmegenvinding, altså hvor varmen fra den luft, der suges ud, bruges til at opvarme den luft, der blæses ind.



Professor  
Geo Clausen, DTU

”Byg tæt,  
ventilér  
rigtigt!”

”Den helt store gevinst ved mekaniske ventilationsanlæg kommer ved varmegenvinding. Så kan man opnå et godt luftskifte og samtidig leve op til energikravene”, siger han.

#### Selvbestemmelse giver mere tilfredshed

Ventilationsanlæg bør være nemme at betjene, og beboerne bør selv have mulighed for at regulere ventilationen:

”Det er meget vigtigt, at beboerne selv får mulighed for at påvirke deres indeklima. Der er mange eksempler fra især kontormiljøer, hvor medarbejdere bliver utilfredse pga. larm, træk m.v., og fordi de ikke har mulighed for at regulere ventilationen lokalt”, siger Geo Clausen.



En undersøgelse af 500 boliger lavet af DTU har vist, at næsten halvdelen ikke havde tilstrækkeligt luftskifte målt i forhold til bygningsreglementets krav.

Kilde: DTU

## To myter om ventilation

Geo Clausen fremhæver og kommenterer her to myter, der hersker om ventilation i boliger.

### Myte 1:

#### Naturlig ventilation er sundere end mekanisk ventilation

”Naturlig ventilation betragtes af mange som det sundeste. Det har en form for signalværdi. Det ligger i ordet, for det modsatte af ’naturlig ventilation’ må være ’unaturlig ventilation’. Men i bund og grund handler det om at få nogle molekyler ud af boligen og nogle friske ind, og de er ligeglade med, om det sker naturligt eller mekanisk. Beboerne skal dog sørge for jævnlige skifte eventuelle filtre ud og vedligeholde ventilationsanlæggene.”

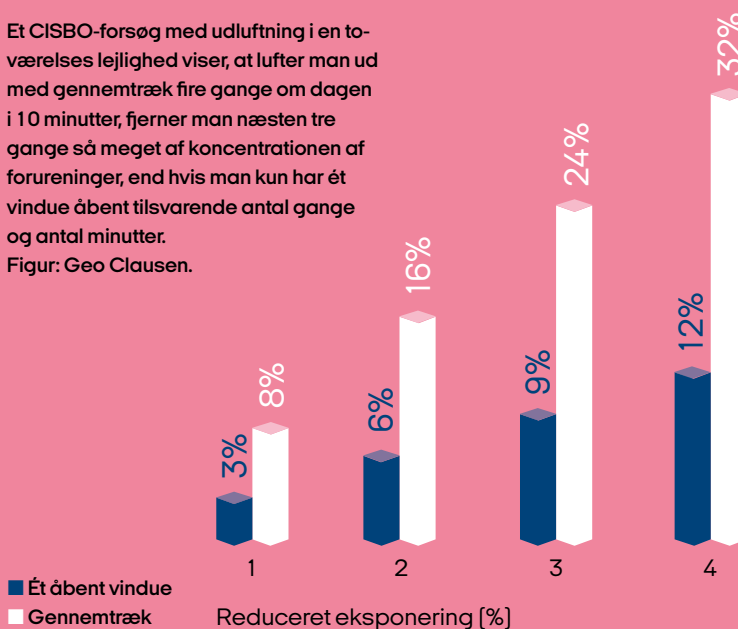
### Myte 2:

#### Det er usundt at bo i et tæt hus

”En af de myter, der flourer, er, at det er usundt at bo i et tæt hus. Folk forestiller sig, at de bor i en plasticpose, og at huset ikke kan ånde. Men vi har brug for at bygge tæt, så vi kan kontrollere luftgennemstrømningen. Samtidig skal vi dog sørge for at ventilere tilstrækkeligt. Vejen frem er: Byg tæt, ventilér rigtigt! Vi er kommet et stykke vej med at begrænse energiforbruget ved isolering. Det næste er at mindske varmetabet ved ventilation.”

Et CISBO-forsøg med udluftning i en to-værelses lejlighed viser, at lufte man ud med gennemtræk fire gange om dagen i 10 minutter, fjerner man næsten tre gange så meget af koncentrationen af forureninger, end hvis man kun har ét vindue åbent tilsvarende antal gange og antal minutter.

Figur: Geo Clausen.



# Kemiske cocktaileffekter i indeklimaet

**Når duftstoffer i fx rengøringsmidler og luftfriskere reagerer med ozon, som findes i luften i boliger, kan der opstå nye kemiske produkter. Nogle af disse cocktaileffekter kan påvirke luftveje og vejrtrækning.**

Almindelige forbrugerprodukter afgiver hundredevis af kemiske stoffer til indeluften i vores boliger. De kommer fx fra udeluften, madlavning, stearinlys og duftstoffer i rengøringsmidler, mens stoffer såsom phthalater afdamper fra byggematerialer, møbler, ledninger og andre forbrugerprodukter.

De fleste af disse organiske stoffer er i sig selv ufarlige, men forskere har haft mistanke om, at der kan opstå nye kemiske produkter, der kan have skadelig virkning, når stofferne i forbrugerprodukterne reagerer med ozon, der i forvejen findes i luften.

## Duftstoffer kan give luftvejsproblemer

CISBO-forskere har bl.a. set nærmere på et af de hyppigst forekommende stoffer i boliger, limonen, som anvendes i fx rengøringsmidler og luftfriskere pga. sin friske citrusduft. Når limonen reagerer med ozon, opstår der en lang række nye kemiske reaktionsprodukter, bl.a. formaldehyd. Ud over formaldehyd udvalgte forskerne de fem hyppigst forekommende reaktionsprodukter og testede dem hver for sig for at undersøge, om de har skadelige virkninger på luftvejene.

Laboratoriemus blev udsat for forskellige koncentrationer af stofferne, og deres vejrtrækningsmønstre blev undersøgt undervejs. Specielt ét af stofferne, 4-OPA, der er en af cocktaileffekterne af limonen og ozon, viste sig at give vejrtrækningsproblemer pga. indsnævring af luftvejene, når musene blev udsat for stoffet.

"Resultaterne er vigtige, fordi vi kunne bruge dem til at definere vejledende referenceværdier for, hvad der er en sikker koncentration af stofferne, før det påvirker luftvejene", siger professor Peder Wolkoff fra Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø (NFA).

## Referenceværdier for kemien i forbrugerprodukter

Det er første gang, man har lavet humane referenceværdier for denne type stoffer, og Peder Wolkoff peger på, at det kan være gavnligt at fastsætte værdier for flere typer kemikalier, som anvendes i dagligdagen, for at sikre et godt indeklima.

"Jeg håber, at der på sigt kommer flere evidensbaserede grænseværdier for doseringen af den kemi, der anvendes i forbrugerprodukter. Duftstofferne tilsættes

for at give et positivt indtryk af rengøringen eller indeluften. Men i mange tilfælde vil man kunne bruge langt mindre mængder, så man nedsætter risikoen for luftvejsproblemer", siger Peder Wolkoff og fremhæver, at der findes en frivillig dansk mærkningsordning, Dansk Indeklima Mærkning, som stiller krav til afgasningen fra byggematerialer.

NFA har med støtte fra CISBO desuden gennemført grundige toksikologiske vurderinger af formaldehyd, der bl.a. er brugt i WHO's første indeklimavejledninger i 2010. Forskerne håber på i fremtiden at kunne undersøge flere stoffer og at rykke undersøgelserne fra laboratoriet og ud i boliger, kontorer og arbejdspladser for at undersøge kemiens betydning nærmere.



Professor  
Peder Wolkoff,  
NFA



# Phthalater afdamper hurtigere, når temperaturen stiger

/// Vi havde en formodning om, at en øget temperatur ville øge afdampningen af phthalater, men at det ville øge afdampningen så meget, dét havde vi ikke forventet.

En af de typer stoffer, der afdamper til indeklimaet fra byggematerialer og forbrugerprodukter, er phthalater. Adskillige studier peger på, at nogle typer phthalater kan forværre astma og allergi og have hormonforstyrrende virkninger. I CISBO-regi har seniorforsker Per Axel Clausen fra Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø undersøgt, hvordan afgangningen af phthalater opfører sig under forskellige temperaturforhold.

## Afdampning forøgedes 200 gange

Studiet fokuserede på afdampningen af et af de mest udbredte – og også EU-klassificerede – phthalater, DEHP, fra et PVC-gulv, som typisk bruges i køkkener eller vådrum. Resultatet var, at en temperaturstigning fra

20 °C til 60 °C øgede afdampningen af DEHP hele 200 gange.

”Vi havde en formodning om, at en øget temperatur ville øge afdampningen af phthalater, men at det ville øge afdampningen så meget, dét havde vi ikke forventet”, siger seniorforsker Per Axel Clausen.

Han påpeger, at man bør være særlig opmærksom på brugen af produkter med phthalater i områder i boligen, hvor der kan forekomme temperaturstigninger, fx i køkkenet eller rum, hvor overflader kan opvarmes af sollys.

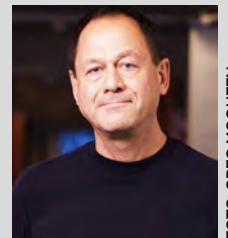
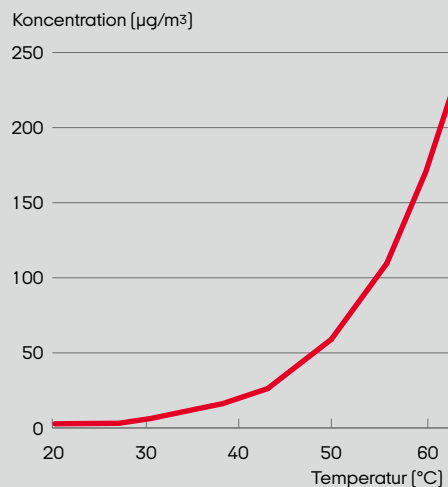


FOTO: GREG MCQUEEN

Vær opmærksom på brugen af produkter med phthalater i områder i boligen, hvor der kan forekomme temperaturstigninger, fx i rum hvor overflader kan opvarmes af sollys, opfordrer seniorforsker Per Axel Clausen fra NFA.

## Phthalater

Phthalater er en gruppe af stoffer, som bl.a. bruges som blødgørere i mange forbrugerprodukter og byggematerialer. Stofferne findes i alt fra regntøj, sko og kosmetik til medicinsk udstyr og byggematerialer såsom lim, vinyl, ledninger m.v. Herfra afdamper det til indeklimaet og sætter sig bl.a. i støvet. En række phthalater er klassificeret som sundhedsskadelige af EU's REACH-forordning om kemikalier



En temperaturstigning på 40 °C øgede afdampningen af phthalaten DEHP fra et pvc-gulv med hele 200 gange i et CISBO-forsøg.

Kilde: Clausen et al. (2012). Environmental Science and Technology 46.

# Støvets anatomi

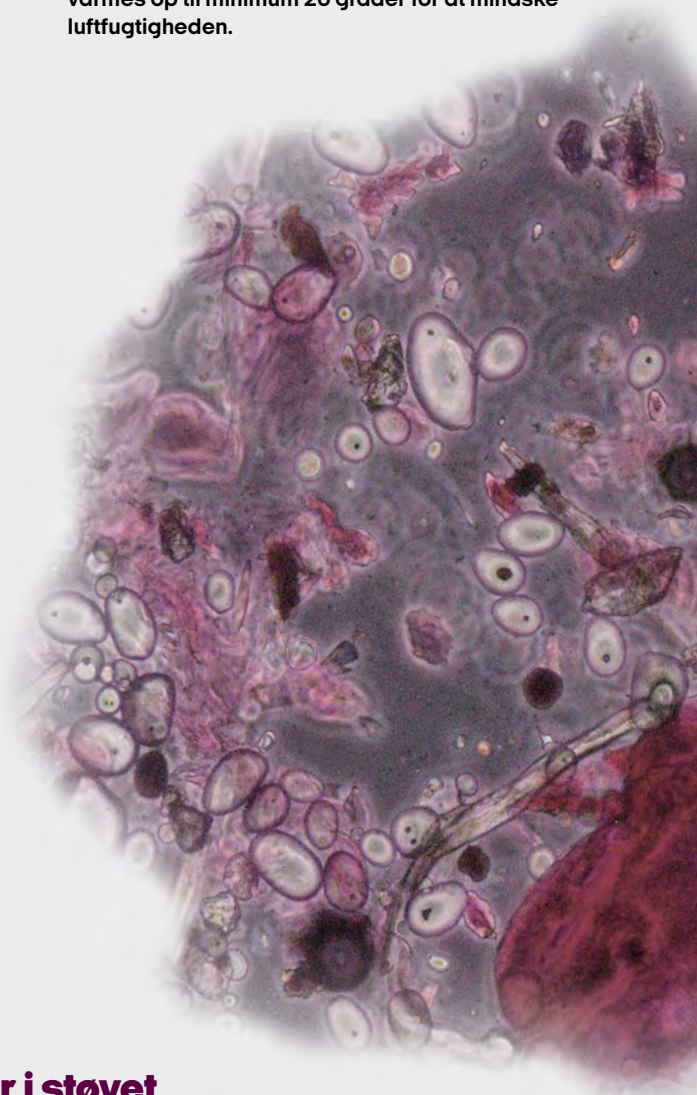
Støv optager og afgiver mange af de partikler og kemikalier, der findes i indeklimaet. Forskerne i CISBO har undersøgt, hvad støv består af, hvordan det opfører sig og reagerer med andre stoffer i indeklimaet, og hvilke helbredsmæssige effekter det kan medføre.

## Størstedelen af støv består af hudskæl og hår

Det er meget forskelligt, hvordan sammensætningen af støv i vores boliger ser ud, men typisk stammer det meste af støvet fra os selv. Helt op til 60-70 % af støvet består af hudskæl og hår fra mennesker og kæledyr. Derudover består støv af alt fra sandkorn, jord, planter og svampesporer, som vi tager med os ind udefra, til metaller eller stoffer og kemikalier, der afdamper fra rengøringsmidler, møbler, madlavning mv. Fibre fra tøj, tekstiler, papir, og hvad vi ellers omgiver os med i boligen, findes også i støvet.

## Rengøring er det bedste våben mod støv

Hyppig rengøring er det bedste middel til at holde støvet nede og herigennem mindske allergisymptomer og skadelige virkninger af de stoffer og kemikalier, der ophober sig i støvet. Husk at lufte ud under rengøringen, og mindsk brugen af farlige kemikalier. Rummene i boligen bør varmes op til minimum 20 grader for at mindske luftfugtigheden.



## Kemiske reaktioner i støvet

Støvet består af masser af kemiske stoffer, som kan reagere med hinanden eller med gasarter i luften. Fx findes stoffet squalen, som findes i huden på mennesker, ofte i støvet, og det reagerer ifølge Per Axel Clausen villigt med ozon. Det kan danne nye kemiske produkter i indeklimaet, som i nogle tilfælde kan påvirke luftvejene.

Hvordan støvet opfører sig med stoffer i luften som fx ozon afhænger desuden af luftfugtigheden. Ph.d. fra NFA Anni Vibenholt har vist, at gulvstøv reagerer mest villigt med ozon ved 25 procent luftfugtighed og mindre villigt ved 0 procent og 75 procent.

## Sundhedseffekter

Når vi trækker vejret, indånder vi også de støvpartikler, der findes i luften. Jo mere aktivitet, der er i et rum, jo mere hvirvler støvet op og rundt i luften, og des mere støv indånder vi. Støvet kan irritere luftvejene og forværre astma- og allergisymptomer. Støvpartiklerne kan indeholde skadelige kemikalier, som afdamper fra forskellige forbrugerprodukter såsom møbler og rengøringsmidler. De deponeres i lungerne og kan optages i kroppen. I støvet findes også husstøvmider, og ifølge Astma-Allergi Danmark er det enzymer fra støvmidernes ekskrementer og dele af den døde husstøvmide, der er årsag til husstøvmideallergi.

## Støv suger kemikalier til sig

Støv optager rigtig mange kemikalier og stoffer, der afdamper fra fx møbler, byggematerialer, rengøringsmidler, mados og cigaretrøg.

"Der akkumuleres rigtig mange stoffer i støvet. Alle de svært fordampelige organiske stoffer, de såkaldte SVOC'er, har det med at sætte sig på overflader. Støv har en dejlig stor overflade, og vi kan se, hvordan det nærmest suger kemikalier til sig", siger seniorforsker Per Axel Clausen fra Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø (NFA).

## Støv er guf for husstøvmider

I støvet findes masser af små støvmider, der lever af organiske stoffer i støvet såsom hudskæl og hår fra mennesker og dyr. Det er dog ikke mængden af støvet, der afgør, hvor mange husstøvmider der findes i din bolig. Ifølge Astma-Allergi Danmark trives støvmiderne bedst ved en temperatur på 17-32 °C, og når den relative luftfugtighed er mellem 55 og 75 procent. Husstøvmiderne optager fugt igennem huden, så de udtørre og dør, hvis luftfugtigheden holdes nede, fx ved at lufte ud og sørge for at varme boligen op.

Støvpartikel under mikroskop.  
Foto: Aarhus Universitet.

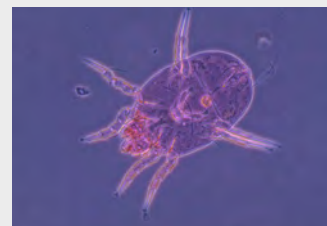


I et CISBO-forsøg er raske forsøgspersoner blevet eksponeret for kombinationer af støv og ozon for at undersøge helbredseffekterne. Ph.d. MSc Grethe Elholm fra Institut for Folkesundhed, Aarhus Universitet, har stået for forsøgene, som foregår i klimakamre, hvor luftens sammensætning kan kontrolleres. Forsøgsdeltagere blev udsat for bestemte kombinationer af støv og ozon i 5,5 timer. Undervejs gennemgik de en række helbredsundersøgelser af bl.a. deres lungefunktion. Resultaterne fra undersøgelsen udkommer i 2016

### FAKTA

Et menneske afgiver ½ - 1 g hudskæl om dagen. Det er nok til at brødføde flere tusinde husstøvmider i et helt år.

Kilde: Astma- Allergi Danmark.





# Pas på ved udtørring af skimmel svampe



FOTO: GREG MCQUEEN

**Ved fugtskade i en bolig er det almindeligt, at det fugtige område udtørres for at rette op på skaden og for at fjerne evt. skimmelsvampe. Men forskning fra CISBO viser, at skimmelsvampe afgiver flest sporer til indeluften, når svampene udtørres. Jo lavere luftfugtighed, jo flere svampesporer afgives til luften**

Luftbårne skimmelsvampe kan være et problem for indeklimaet, da det kan påvirke helbredet, hvis partiklerne indåndes. Derfor har seniorforsker Anne Mette Madsen og ph.d.-studerende Mika Frankel fra Det nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø (NFA) undersøgt, hvordan forskellige svampearter i indeklimaet afgiver sporer under udtørring af gipsplader i forbindelse med en vandskade. Forskerne har undersøgt, hvilken betydning luftens fugtighed har for sporeafgivelse og for, hvor stor en andel af de afgivne svampesporer, der kan trænge ned i luftvejene.

## **Skimmelsvampe afgiver flest sporer under udtørring**

Resultaterne af Anne Mette Madsen og Mika Frankels forskning viser, at skimmelsvampe danner flest sporer under høj fugtighed, men afgiver flest sporer under udtørring. Det var overraskende ny viden



for forskerne, og det kan have praktisk betydning for, hvordan en fugtskadede bygning bør renoveres.

### **Skrappere forholdsregler ved renovering**

For udover at der kommer flere svampesporer ved udtørring viser forsøgene også, at der er en højere eksponering for svampesporerne, hvis der er aktivitet og bevægelse i rummet, da sporerne hvirvles op og rundt i luften. Derfor anbefaler Anne Mette Madsen at tage skrappe forholdsregler ved en renovering.

"Vores forsøg tyder på, at folk bliver mest udsat for svampesporer under udtørring, og derfor er det vigtigt at flytte dem, der bor eller arbejder i den fugtskadede bygning, mens udtørring sker. Desuden skal dem, der arbejder med renoveringen, have ekstra beskyttelse. For jo mere aktivitet og luftpåvirkning, der er i et rum, jo flere svampesporer er der i luften, og jo større risiko er der for at indånde sporer, som kan have negativ effekt på helbredet", siger Anne Mette Madsen.

### **Bedre at fjerne fugtigt materiale**

Derfor kan det ifølge Anne Mette Madsen også være bedre helt at fjerne det fugtige materiale i en fugtskadede bygning og dermed skimmelsvampene end at prøve at udtørre materialerne.

**■ Vores forsøg tyder på, at folk bliver mest udsat for svampesporer under udtørring, og derfor er det vigtigt at flytte dem, der bor eller arbejder i den fugtskadede bygning, mens udtørring sker.**



## **Fakta om skimmelsvamp**

Skimmelsvampe er bittesmå svampe, som spreder sig gennem luften ved hjælp af sporer. Sporerne findes overalt i naturen og i indeklimaet, og er der fugt i en bolig, kan sporerne udvikle sig til skimmelsvampe på fugtige overflader.

Ved indånding kan skimmelsvampe gøre mennesker syge med gener som træthed, åndedrætsbesvær, hovedpine, snue, kløende øjne og allergi. Personer med høfeber og astma er særligt følsomme over for skimmelsvampe.

Skimmelsvampe er i sig selv ikke skadelige for bygninger. Men de kan være et tegn på, at der gennem længere tid har været for fugtigt i boligen. Det betyder, at der også kan være gode vækstvilkår for andre slags svampe, fx hussvamp og tømmer svamp, som kan ødelægge bygninger. Der er derfor god grund til at fjerne årsagen til skimmelsvampe hurtigst muligt og forebygge, at de kommer igen.

Kilde: Skimmel.dk og Sundhedsstyrelsen.dk



Anne Mette Madsen og Mika Frankel fra NFA har undersøgt, hvordan forskellige svampearter i indeklimaet afgiver sporer under udtørring. Her ses en gipsplade med skimmel under udtørring på noget særligt fugtabsorberende grus i et af NFA's laboratorier. Foto: Greg McQueen.



# Let og billig målemetode til måling af skimmelsvampe i boliger

**Det bliver både nemmere og billigere at måle indholdet af svampesporer og bakterier i boligen med målere, som beboerne selv kan sætte op.**

Seniorforsker Anne Mette Madsen har sammen med ph.d.-studerende Mika Frankel, begge fra Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø, afprøvet fem målemetoder til at indsamle støv i boliger. Ved at indsamle støv og analysere det, kan man måle, hvor mange svampesporer, bakterier og endotoksiner, dvs. giftstoffer fra visse bakterier, der er i en bolig.

## Beboere kan selv sætte målere op

Målet med studiet har været at finde den metode, der giver de mest pålidelige resultater, når man skal opsamle støv med mikrobiologiske bestanddele i en almindelig bolig. Samtidig med at metoden skal give resultater, der er til at stole på, skal den være nem og billig at udføre.

"Ved at sammenligne de forskellige opsamlingsmetoder, har vi fundet frem til, at en let måde at indsamle støv, der skal testes for skimmelsvampeeksponering, er ved at bruge en elektrostatiske klud. Metoden er smart, fordi kluden kan sendes til beboerne sammen med instruktioner om, hvor den skal lægges, og når opsam-

lingen er overstået, skal de bare sende den tilbage igen", fortæller Anne Mette Madsen.

## Målemetode kan erstatte luftmåling

Udover at metoden er billig og nem at bruge, ligner resultaterne fra støvet opsamlet med den elektrostatiske klud resultatet af måling af partikler i luften. Faktisk mener de to forskere, at målemetoden med den elektrostatiske klud kan erstatte de bekostelige og meget mere avancerede luftmålinger og give lige så gode resultater.

"Vi ser en fin sammenhæng mellem det, vi måler med de elektrostatiske klude, og det, vi måler med mere avancerede målere", siger Anne Mette Madsen.

Ifølge Anne Mette Madsen er det dog vigtigt at udvikle en metode, som kan anvendes som en standard, der kan bruges overalt, når man indsamler støvprøver. På den måde vil forskningen kunne sammenligne målinger fra mange forskellige undersøgelser henover tid og få et retvisende billede af udviklingen.

## Sådan undgår du skimmelsvampe i boligen

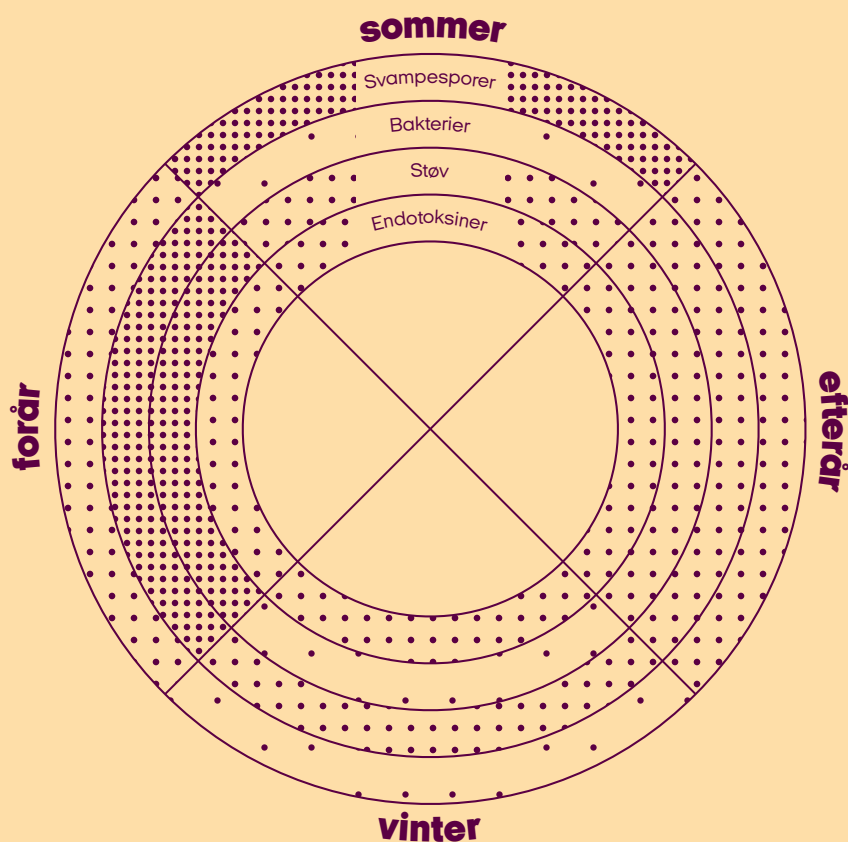
- Luft ud med gennemtræk mindst to gange om dagen 5-10 minutter. Vær ekstra omhyggelig med udluftningen på badeværelset og i køkkenet, når du har været i bad eller laver mad.
- Brug emhætten, når du laver mad.
- Hæng tøj til tørre udenfor eller brug en tørretumbler med kondensvirkning eller aftræk til det fri.
- Hold den samme temperatur i alle rum i hjemmet. Temperaturen må ikke være lavere end 18 grader.
- Hold friskluftsventiler i vinduesrammer og vægge åbne, og se om aftrækskanaler og udsugningsventiler fungerer og er rene.
- Opstår der vandskade, skal skaden udbedres hurtigst muligt.

Kilde: Skimmel.dk



Ved hjælp af elektrostatiske klude kan beboere selv opsamle støvprøver. På laboratoriet "vaskes" kludene, og det beskidte vand analyseres for svampesporer, bakterier og giftstoffer, som det ses her i et af NFA's laboratorier.

# Årstiden bestemmer mængden af svampesporer og bakterier i indeklimaet



Anne Mette Madsen og Mika Frankel fra Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø (NFA) har i deres studier fundet ud af, at mængden af mikroorganismer i indeklimaet varierer afhængigt af årstiden. Det er forskel på, hvad der forurener indeklimaet mest om sommeren og om vinteren. Om sommeren falder koncentrationen af bakterier i boligen, hvis vi lufte ud, mens koncentrationen af svampesporer stiger.

Mikroorganismer kan give betændelse og betændelseslignende tilstande i kroppen. Er der mange mikroorganismer i indeklimaet, kan det give hovedpine, allergi og luftvejs-sygdomme som astma, bronkitis og infektioner i luftvejene.

Se, hvornår der er flest af hvilke mikroorganismer i boligen i løbet af året:

## Svampesporer

**Flest:** Sommer

Der er flest svampesporer i naturen om sommeren, og de kommer ind udefra gennem åbne døre og vinduer.

**Færrest:** Vinter

## Bakterier

**Flest:** Forår

Boligens beboere har opholdt sig meget inden døre hele vinteren og det tidlige forår, så de menneskeborne bakterier har kunnet boltre sig.

**Færrest:** Sommer

## Støv

**Mest:** Forår

**Mindst:** Vinter

## Endotoksiner

[giftstoffer der dannes af bakterier]

Mængde varierer ikke med årstiden.

# Lavere lungefunktion hos elever i fugtige klasselokaler



Foto: Colourbox

**CISBO-studie peger på sammenhæng mellem fugt og skimmelsvampe i klasseværelset og nedsat lungefunktion hos eleverne.**

Ph.d.-studerende Gitte Juel Holst fra Institut for Folkesundhed ved Aarhus Universitet har undersøgt sammenhængen mellem indeklima og astma og allergi hos 330 børn fra 1. til 2. klasse. Formålet har været at undersøge, om der er synlig fugt og skimmelsvamp hjemme hos børnene og i deres klasselokaler, hvilke svampe og bakterier, der er der, hvis der er fugt, og om der er en sammenhæng mellem forekomsten af fugt og skimmel og elevernes helbred.

I studiet er der blevet målt både i klasselokalerne på skolerne og hjemme hos eleverne.

## **Nedsat lungefunktion i klasseværelser med meget synlig fugt og skimmel**

”Vi ser ikke nogle umiddelbare helbredseffekter på det, vi har målt på af synlig skimmel og fugt i børnenes værelser. Men vi kan se, at når der er en høj grad af synlige skimmel og fugt i klasselokalerne, er det associeret med en lavere lungefunktion hos børnene i forhold til de børn, der er i klasselokaler med en lav grad af synlig fugt og skimmel”, fortæller Gitte Juel Holst.

21 klasselokaler på 15 skoler var med i studiet, og hele 81 procent af dem havde en moderat til høj grad af synlig fugt og skimmelsvamp, mens der kun var 23 børneværelser med synlig fugt og skimmel, svarende til 7 procent.

## **Fugt og skimmel indikator på dårligt indeklima**

Men selvom studiet indikerer en markant sammenhæng mellem fugt og skimmelsvamp i klasseværelset og børnenes lungefunktion, så ved forskerne stadig ikke præcis, hvad der er årsag til, at børnene bliver syge. For fugt og skimmel er kun en indikator på, at der er noget galt med indeklimaet, pointerer Gitte Juel Holst.

”Fugt og skimmel er associeret med forskellige typer af mikrober, som fx bakterier. Men vi har kun målt på nogle af dem, og det ser ikke ud til, at det er dem, der er årsagen til, at børnene har nedsat lungefunktion. Mikrober udskiller også VOC’er, som er flygtige organiske forbindelser, og man har tidligere set en sammenhæng mellem, at jo mere synlig fugt og skimmel, der er, jo højere grad af flygtige forbindelser bliver der målt i luften. Det kan komme fra svampe, men det kan også komme fra alt muligt andet som fx fra afgangning af kemikalier fra møbler”, forklarer Gitte Juel Holst.

For at kunne sige mere om, hvad årsagen er til børnenes nedsatte lungefunktion, kræver det flere målinger, og at mange flere skoler er med i en undersøgelse.

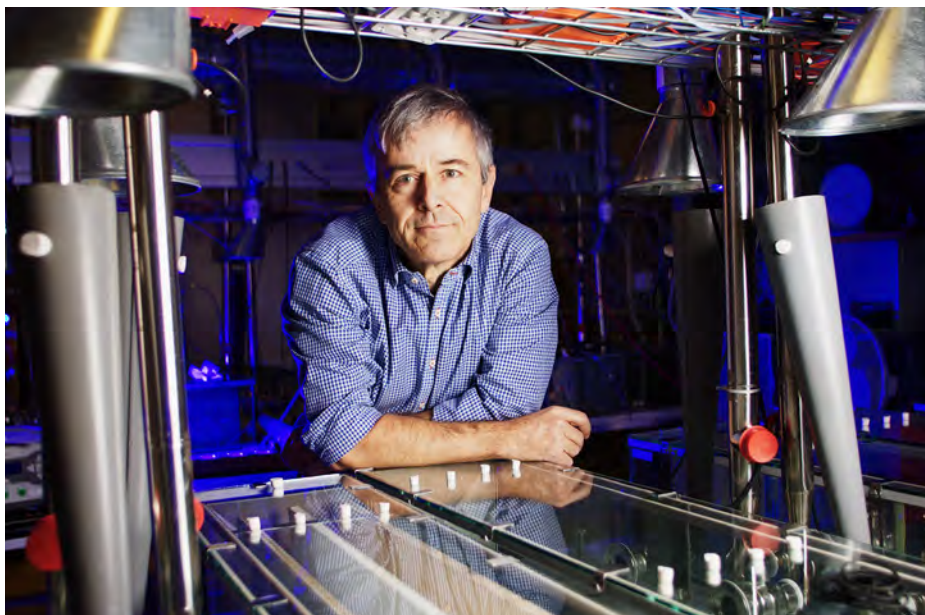




# **Luften indendørs kan let renses for partikler**

**Indendørs partikelforurening kan  
fjernes ved simpel filtrering af luften.**





■ Det interessante er, at det har vist sig at være så enkelt at rense luften effektivt indendørs.

Professor Lars Gunnarsen, SBI.

Små partikler i hjemmet fra madlavning, tøjvask, stearinlys, forurenet udeluft mv. kan øge risikoen for luftvejslidelser og hjerte-kar-sygdomme. Forskerne i CISBO satte sig for at undersøge, om det er muligt at fjerne partikler i boliger ved hjælp af luftrensning, og om det har en positiv helbredseffekt for beboerne.

#### **Simpel teknologi**

Forskerne designede en luftrenser, som kunne suge luften gennem et fint filter og blæse det ud igen i boligen.

"Vi har bevidst valgt et såre simpelt design. Vi har bygget vores egne, kraftige luftrensere med traditionelle partikelfiltre, hvor luften presses igennem et filter, som fanger de små partikler. Vi gjorde desuden luftrenserne meget støjsvage, for det nytter jo ikke noget at rense luften, hvis beboerne bliver syge af støj", forklarer professor Lars Gunnarsen fra Statens Byggeforskningsinstitut (SBI) ved Aalborg Universitet København.

Luftrenserne blev installeret i 27 boliger nær stærkt trafikerede veje i København. Halvdelen af luftrenserne havde et effek-

tivt filter, og den anden halvdel fik installeret et ineffektivt filter. På den måde kunne forskerne måle på beboernes velbefindende ved at sammenholde resultater fra den gruppe beboere, der havde fået renset luften, med kontrolgruppen, der ikke havde.

#### **Markant forbedring af luften**

Undersøgelsen viser, at partikkelkoncentrationen blev mindsket markant i de boliger, som var udstyret med virksomme luftrensere sammenlignet med boligerne uden.

"Det interessante er, at det har vist sig at være så enkelt at rense luften effektivt indendørs. Udfordringen bliver nu at omsætte vores eksperimentelle udstyr til nogle mere elegante løsninger, som kan vinde indpas i almindelige boliger. Vi har vist, at den simple teknologi virker, så må producenterne stå for produktudviklingen", siger Lars Gunnarsen.

Han forventer, at vi i fremtiden langt oftere end i dag vil opleve, at luften indendørs bliver filteret for partikler. Det kan ske gennem nye systemer med recirkulation af luften som i CISBO-forskernes ekspe-

rimerter, men det kan også ske ved at indbygge effektive filtre i de mekaniske ventilationssystemer, som mange boliger i forvejen udstyres med.

#### **Skift filteret hvert halve år**

Selvom luftrensning som udgangspunkt er godt, bør man ifølge Lars Gunnarsen se sig godt for, når man vælger luftrenser. Nogle luftrensere indeholder eksempelvis gasfiltre, elektrostatiske filtre eller ioniserende filtre, der hjælper med at rense luften. Andre luftrensere tilsætter ozon til luften, fordi det fjerner dårlig lugt og kan give en friskhedsfølelse. Men ozonen kan reagere med andre kemikalier i luften og danne nye partikler, der kan forværre indeklimaet. I CISBO's undersøgelse er der anvendt traditionelle partikelfiltre, hvor luften presses igennem et filter.

"Vores undersøgelse viser, at almindelige partikelfiltre er anvendelige til at rense luften. Man skal dog huske at skifte filteret i sin luftrenser hvert halve år", fremhæver Lars Gunnarsen.



# Betydning af øget ventilation i astmabørns hjem

**CISBO har vist, at ventilation og luftfiltrering kan forbedre luftkvaliteten i boliger. Men får beboerne også bedre helbred af renere luft? Det undersøger CISBO bl.a. i projektet 'AstmaVen'.**

8-10 % af danske skolebørn lider af astma, hvilket gør astma til den mest udbredte kroniske sygdom blandt børn. Forskerne i AstmaVen-projektet har gennemført det hidtil største såkaldte interventionsstudie i Danmark for at undersøge betydningen af øget ventilation i astmabørns hjem.

Mekaniske ventilationssystemer blev opstillet i 43 børneværelser hos børn med astma. Forskerne fulgte børnene i en periode på 9 måneder. SBI stod for målinger af bl.a. CO<sub>2</sub>, luftfugtighed, partikler og temperatur. Forskere fra Aarhus Universitet gennemførte løbende helbredstest af børnene.

"Det er lykkedes at få gode eksponeringsmålinger, som nu skal sammenkædes med helbredsmålinger for at undersøge, om der er forbedringer i børnenes sygdomsforløb", fortæller seniorforsker Barbara Kolarik fra Statens Byggeforskningsinstitut ved Aalborg Universitet København, der har medvirket i projektet.

Målingerne blev færdiggjort i efteråret 2015. Analyserne af datamaterialet færdiggøres i foråret 2016, og resultaterne fra AstmaVen udgives senere samme år.

Professor Lars Gunnarsen fra SBI og hans kolleger i CISBO opstiller specialkonstruerede ventilationssystemer i 43 børneværelser for at undersøge betydningen af øget ventilation i astmabørns hjem. Resultaterne udkommer i 2016.



Børneværelset er det rum, hvor man kan finde den højeste koncentration af sundhedsskadelige stoffer.

Kilde: Miljøstyrelsen



FOTO: SBI

# Stil luftrensere i soveværelset

**Det har tydeligst helbredseffekt hos ældre mennesker at forbedre luftkvaliteten i soveværelset frem for andre steder i boligen.**

Undersøgelser fra CISBO har vist, at man ved hjælp af HEPA-filtre, der renser luften for farlige partikler, kan forbedre luftkvaliteten i boliger. Yderligere CISBO-undersøgelser peger på, at det har tydeligst helbredseffekt at forbedre luftkvaliteten i soveværelset.

Typisk opholder vi os mindst halvdelen af døgnet i vores bolig – ældre mennesker over tre fjerdedele af døgnet. Da ældre samtidig har øget risiko for hjerte-kar-sygdomme, som kan forårsages af partikler i luften, har CISBO's forskere undersøgt, om ældre mennesker kan have gavn af at få filtreret luften i deres boliger.

Ph.d. Gabriela Karottki fra Institut for Folkesundhedsvidenskab og hendes kolleger fra CISBO undersøgte derfor helbredseffekter af luftfiltrering hos 48 beboere i alderen 51 til 81 år, alle ikke-rygere, fordelt i 27 boliger i nærheden af Københavns hovedfærdselsårer.

I hver bolig blev der placeret to højeffektive luftrensere, der filtrerede luften i hhv. stue og soveværelse. Under forsøget

målte forskerne partikelforureningen og beboernes sundhed: blodtryk, blodårernes elasticitet, lungefunktion, symptomer på betændelse og en række andre forhold.

## **Forbedret karfunktion**

Ved at sammenholde beboernes sundhed med partikelforureningen i soveværelset og stuen kunne forskerne konkludere, at de ældres sundhed blev tydeligt forbedret, når luften i deres soveværelser blev filtreret for partikler. Derimod havde det ingen tydelig effekt på de ældres sundhed, at partikelforureningen blev reduceret i stuen.

"Vores undersøgelse viser, at en halvering af partikelforureningen i soveværelset giver beboerne en forbedret karfunktion", siger Gabriela Karottki.

Forskerne havde ikke på forhånd ventet at finde en sundhedsmæssig forskel mellem nedsat partikelforurening i hhv. soveværelset og andre steder i boligen.

"Det giver god mening, at der er denne forskel, simpelthen fordi soveværelset er

det sted, hvor mange opholder sig flest timer i løbet af døgnet", siger professor Steffen Loft fra Institut for Folkesundhedsvidenskab på Københavns Universitet.

## **Vær opmærksom på valg af luftrensere**

"På baggrund af undersøgelsen må vi anbefale, at hvis man har en luftrenser, eller hvis man påtænker at anskaffe en, så bør man stille den i soveværelset for at få maksimal effekt", siger Steffen Loft.

Steffen Loft supplerer, at der kan være en tilsvarende virkning af at sætte et filter i boligens ventilationsanlæg.

Forskerne understreger, at der er stor forskel på luftrensere, og at der i denne undersøgelse alene er anvendt luftrensere, som filtrerer luften gennem et HEPA-filter. Fra andre undersøgelser ved man, at nogle luftrensere med elektrostatiske filter forværrer situationen og skaber flere partikler, end de fjerner.



**/// Vores undersøgelse viser, at en halvering af partikelforureningen i soveværelset giver beboerne en forbedret karfunktion.**

## Partikelforurening indendørs

Partikler i luften fra fx madlavning, stearinlys eller forurenet udeluft, der trænger ind i boligen, kan øge risikoen for hjerte-kar-sygdomme og luftvejslidelser. Partiklerne kommer ned i lungerne, når man trækker vejret, hvor de optages i blodet og kan påvirke betændelse i blodkarrene og åreforkalkning, som hvert år er årsag til tusindvis af dødsfald i Danmark. Resultater fra CISBO's undersøgelse af luftfiltrering viser, at en halvering af partikelforureningen i soveværelset gav 48 ældre beboere tydeligt forbedret karfunktion.

## Undersøgelse af luftfiltrering

CISBO har undersøgt helbredseffekter af luftfiltrering hos 48 personer i alderen 51 til 81 år, alle ikkerygere. De 48 personer fordelte sig i 27 boliger i nærheden af Københavns hovedfærdselsårer. I hver bolig blev der placeret to højeffektive luftrensere, der filtrerede luften i hhv. stue og soveværelse. Gennem en periode på to uger kørte luftrensere med et HEPA-filter, og i en anden periode, også på to uger, kørte luftrensere uden filter. Undervejs målte forskerne partikelforureningen og beboernes sundhed: blodtryk, blodårenes elasticitet, lungefunktion, symptomer på betændelse og en række andre forhold. Ved at sammenholde beboernes sundhed med partikelforureningen i hhv. stue og soveværelse kunne forskerne konkludere, at der var en tydelig sammenhæng mellem beboernes sundhed og partikelforureningen i soveværelset.



CISBO-forskerne byggede deres egne luftrensere med stor kapacitet og lavt støjniveau. Ph.d. fra SBI Michal Spilak, der her ses i felten, håber, at producenter kan videreudvikle det eksperimentelle udstyr til mere elegante løsninger, som kan vinde indpas i almindelige boliger.



Ph.d. Gabriela Karottki undersøgte sundhedseffekten af luftrensning hos 48 ældre beboere, bl.a. ved at måle blodårenes elasticitet på forsøgsparticipanterne. I baggrunden ses en af de specialbyggede luftrensere, som ph.d. fra SBI Michal Spilak [th] havde ansvaret for.

FOTO: CARINA REFSING NISSEN.

# Forskning møder praksis

CISBO dannede i 2012 tre netværksgrupper med hver deres fokus på indeklima. Målet var at styrke dialogen mellem forskere og praktikere. Flere end 360 personer fra især byggebranchen og sundhedssektoren har siden meldt sig ind i de tre netværk og deltaget i en række netværksmøder og konferencer, som CISBO har afholdt. Her giver to af moderatorerne deres perspektiver på CISBO og netværksmøderne.

## Thorkil Kjær

Aadministrerende direktør i Astma-Allergi Danmark, moderator for netværksgruppen 'Indeklima og sundhed'



/// Vi mangler stadig for alvor at tænke sundhed ind i indeklimaet.

### Hvad har du bidt mærke i af interessant ny viden fra CISBO?

"Husstøvmideallergi er en af de væsentligste indeklimarelaterede sygdomme. Tværfagligheden mellem læger, ingeniører og andre videnskabsgrupper i CISBO har betydet, at der er lavet nogle vigtige forskningsryk på området, som kan danne grundlag for mere viden om, hvordan vi kan forbedre boliger og behandlingsmuligheder. Det kræver netop tværfaglighed for at få et gennembrud. Lægen kan forebygge symptomer med behandling og medicin, den byggesagkyndige kan komme med forskrifter for ventilation, luftskifte, luftfugtighed m.v., og beboeren kan gøre livet surt for husstøvmiderne. Tilsammen kan det give en bedre livskvalitet."

### Hvilke emner har fyldt i debatten i din netværksgruppe?

"En af de tilbagevendende diskussioner i netværksgruppen har været dilemmaet mellem et sundt indeklima og energiforbrug. Indeklimaet har hidtil trukket det korteste strå. Et godt indeklima med et for-

nuftigt luftskifte kan koste lidt i CO<sub>2</sub>-regnskabet, fordi det kræver lidt mere energiforbrug, når der skal luftes ud, ventileres og varmes op. Der er ingen tvivl om, at man kan få sig en rigtig god bolig i dag, men vi mangler stadig for alvor at tænke sundhed ind i indeklimaet."

### Hvad er vigtigt fremadrettet, hvis vi skal opnå et bedre indeklima i vores boliger?

"Vi er blevet meget klogere på indeklimaet. Vi præsterer bedre og bedre produkter, som vi kan have større tryghed ved. En af udfordringerne i dag er, at der er mange nye produkter, og der kan være cocktaileffekter, som vi endnu ikke kender til, samtidig med at vi er lukket godt inde med produkterne i meget tætte bygninger. Vi har løst mange problemer, men alligevel ser vi en stigning i allergier. Vi skal værne om og pleje det fokus, vi har fået på indeklima og sundhed, og jeg håber, at drivet fra CISBO lever videre. Det er afgørende, at indeklimaet får en bedre placering på den politiske dagsorden."



## Netværket fortsætter

CISBO afsluttes i løbet af 2016, men det netværk, der er etableret mellem forskere og praktikere, fortsætter. Realdania arbejder videre med at udvikle en platform til videnuudveksling om indeklima med fokus på at omsætte viden til praksis og nye løsninger.

FOTO: JØRGEN TRUE

## Christen Galsgaard

Direktør i brancheforeningen Dansk Ventilation, moderator for netværksgruppen 'Luftkvalitet og luftrensning'



**Indeklimaet skal tænkes ind i totaløkonomien.**

### Hvad har du bidt mærke i af interessant ny viden fra CISBO?

"CISBO har verificeret meget af den viden, vi hidtil har fået gennem laboratorietests. Nu har vi viden om, hvordan ventilation, luftrensning og luftkvalitet fungerer i praksis hjemme hos beboerne i deres boliger. Det har tydeliggjort fordele og omkostninger ved ventilation og et sundt indeklima. En af de helt store bi-effekter af CISBO er det samarbejdsforum af forskellige aktører, der er blevet skabt. Det har øget videndelingen, og det skal holdes ved lige."

### Hvilke emner har fyldt i debatterne i din netværksgruppe?

"Teknologien kan rigtig meget, men et sundt indeklima afhænger i sidste ende af brugerens adfærd. Der er stor forskel på, hvordan den enkelte bruger ønsker at bo, og mange har sparsom viden om, hvad et sundt indeklima er. Det efterlader spørgsmålet om, hvor meget styring, der skal indarbejdes i teknologien og systemerne, hvor meget der skal overlades til

brugeren, og hvor meget der skal indarbejdes i love, standarder og regler.

### Hvad er vigtigt fremadrettet, hvis vi skal opnå et bedre indeklima i vores boliger

"Teknologien skal nok udvikle sig. Anbefalinger fra forskere og videncentre bliver i pænt omfang implementeret i produkterne. Der, hvor der er behov for en indsats fremadrettet, er dialogen med beslutningstagerne i byggeriet. Ofte vælger bygherren og rådgiverne teknologi ud fra, hvad der er billigst. På længere sigt, kan det dog have store omkostninger. Det øger risikoen for, en helt ny bygning ikke lever op til gældende lovkrav og standarder, når den er bygget færdig. Ud over at det har konsekvenser for indeklimaet, kan det også gøre bygningen vanskeligere at udleje eller sværere at sælge. Det er dyrt og besværligt at skifte installationer ud. Indeklimaet skal tænkes ind i totaløkonomien."

# Om publikationen

Center for Indeklima og Sundhed i Boliger [CISBO] blev etableret i 2009 som et tværfagligt samarbejde mellem forskere fra Danmarks vigtigste forskningsinstitutioner på indeklimateområdet. Det er Realdania, der har taget initiativ til og finansieret CISBO for at skabe ny viden om, hvordan vi kan opnå et sundere indeklima i vores boliger.

CISBO's forskning viser bl.a., at daglige aktiviteter såsom madlavning, tøjvask og afbrænding af stearinlys er nogle af de væsentligste kilder til et usundt indeklima. CISBO viser, at partikler, svampe og kemiske stoffer i boligerne kan hænge sammen med nedsat lungefunktion og andre ændringer i kroppen, der på sigt kan føre til hjerte-kar-sygdomme. Forskerne dokumenterer desuden, hvorvidt man ved at fjerne partikler i boliger fx ved hjælp af luftfiltrering og ventilation kan forbedre luftkvaliteten i boliger og beboernes helbred.

I denne publikation kan du læse om udvalgte resultater fra CISBO's forskningsprojekter. Publikationen samler også forskernes gode råd og anbefalinger til et sundere indeklima. Publikationen henvender sig til både byg- og driftsherrer, rådgivere i byggeriet, sundhedspersonale og beboere.