

Skimmelsvampe og indeklimakvalitet

De seneste års mest omtalte indeklimaproblemer har været problemer hos personer, der i kortere eller længere tid har opholdt sig i vandskadede bygninger. Symptomerne spænder lige fra almindelig utilpashed over uspecifik overfølsomhed og allergisk reaktion til forgiftningsslignende tilstande

Af Ulf Thrane¹, ulf.thrane@biocentrum.dtu.dk, Birgitte Andersen¹, birgitte.andersen@biocentrum.dtu.dk, Kristian Fog Nielsen^{1,2}, kristian.f.nielsen@biocentrum.dtu.dk

¹Mykologigruppen, BioCentrum-DTU

²Afdelingen for Energi og Indeklima, By og Byg - Statens Byggeforskningsinstitut

Der er i disse år fokus på luftkvaliteten i vores indeklima - og med god grund. De fleste børn og voksne opholder sig indendørs i mange timer hver dag, i daginstitutionen, i skolen, på arbejdspladsen og i hjemmet, og der er utallige rapporter om gener, der menes relateret til dårligt indeklima. I de senere år har der været et øget antal indeklimaklager i forbindelse med offentlige arbejdspladser [3]. Årsagerne til et dårligt indeklima er mangfoldige. Forhold som høj luftfugtighed, afgang fra materialer og høj støvbelastning vides at påvirke mennesker, men der er ikke tvivl om, at skimmelsvampe også har en stor indflydelse på kvaliteten af vores indeklima.

Skimmelsvampevækst og dårligt indeklima

Vandskade er hovedårsagen til svampevækst indendørs. Skaderne kan skyldes kraftig kondensation på grund af utilstrækkelig ventilation eller indtrængende vand fra defekte tagkonstruktioner, sprængte vandrør eller stormflod. Endvidere ses utilstrækkelig omfangsdræn, manglende vedligeholdelse af bygningerne og forkert udført renovering som en medvirkende årsag [3]. Er der for meget vand tilstede, kommer der skimmelsvampevækst, da der er svampesporer overalt, og stort set alle konstruktioner indeholder byggematerialer af organisk oprindelse eller støv. Ikke alle svampe kan vokse på alle materialer, men alle gængse byggematerialer kan, hvis de opfuges eller vandskades, nedbrydes af svampe og andre mikroorganismer. Våde gipsplader er meget ofte inficeret med *Stachybotrys chartarum*, hvorimod der bag det fugtige tapet eller glasvæv ofte er vækst af *Aspergillus versicolor*, *Penicillium chrysogenum* og *Chaetomium* arter. På fugtige trækonstruktioner er det hyppigt *Chaetomium*, *Cladosporium* og *Trichoderma* arter, men også *Penicillium chrysogenum* forekommer her. Vådt isoleringsmateriale er også et godt substrat for mange skimmelsvampe, f.eks. *Penicillium chrysogenum* og *Chaetomium* arter.

Vandskadede bygninger, som giver personer helbredsmæssige problemer, har ofte synlige - eller delvist skjulte - svampeproblemer. Der er ofte tale om uspecifikke reaktioner, der typisk observeres som kraftige og pludselige reaktioner i slimhinder i øjne og luftveje eller kløe og rødmen på eksponerede hudflader, mens almen-utilpasheden viser sig som udtalt

træthed, hovedpine og hukommelsesbesvær. Dette kan skyldes svampene, enten direkte eller i samspil med andre kvalitetsnedsættende parametre som høj fugtighed, mangelfuld ventilation, høj støvbelastning m.m., og et godt råd er at få elimineret fugtkilden og fjerne svampevæksten. Flere nye undersøgelser viser en forhøjet risiko for at børn, der går på vandskadede skoler og daginstitutioner, udvikler astma. Ellers er de mest signifikante symptomer koncentrationsbesvær, øjenirritationer, hoste specielt om natten, talrige bihulebetændelser og andre infektioner i de øvre luftveje. Personer, der færdes i stærkt vandskadede bygninger, kan have så store koncentrationsproblemer, at de glemmer helt elementære ting (*Cognitive Impairment*), ligesom nogle kvinder stopper med at menstruere.

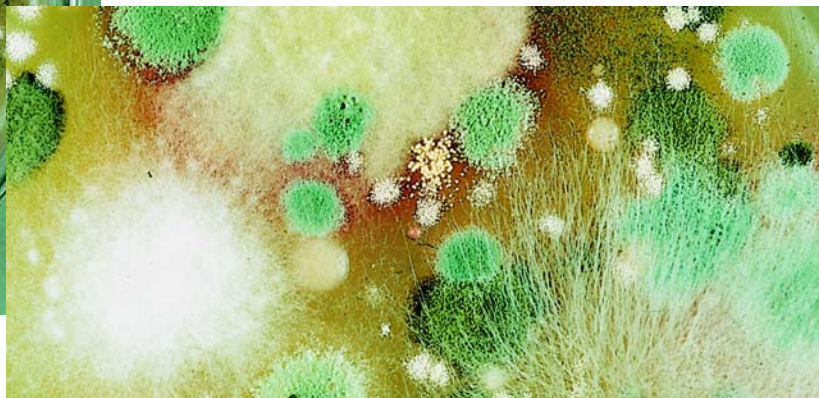
Alle de førnævnte svampe kan producere biologisk aktive stoffer i form af mykotoxiner eller flygtige forbindelser under væksten, der dermed kan kontaminere indeklimaet ved at være



Figur 1. Dårligt isoleret væg kombineret med meget fugtigt indeklima medfører vækst af skimmelsvampe.



Figur 2. Aftryksplade fra byggemateriale, der viser massiv vækst af *Penicillium*, *Aspergillus* og *Cladosporium* arter.



et del af støvbelastningen eller direkte afgasning til luften. Der er således al mulig grund til at tage svampevækst i bygninger meget alvorligt. Problemet har været kendt længe, idet der i Tredje Mosebog (Kap. 14, 33-48) står, at der ikke må komme grønne og røde misfarvninger på væggene, og hvis der gør, skal præsten komme og fjerne det - kan det ikke lade sig gøre, skal huset nedrives.

Mykotoksiner

Alle skimmelsvampe kan producere biologisk aktive stoffer, bl.a. de meget potente mykotoksiner. De sættes oftest i forbindelse med levnedsmidler og foderstoffer, og de mest omtalte er aflatoxin, ochratoxin A, fumonisiner, patulin, sterigmatocystiner, trichothecener og zearalenon. Generelt karakteriseres mykotoksiner som ikke-flygtige stoffer, og de findes i svampens biomasse (mycelium og sporer), eller i substratet (f.eks. tapet eller træværk) svampen vokser på. Der er påvist mykotoksiner (bl.a. trichothecener og sterigmatocystiner) i svampeinficerede byggematerialer [5, 6]. Det medfører, at mykotoksiner, trods deres ikke-flygtige natur, kan »kontaminere« indeklimaet gennem svampemateriale og støvpartikler, der løsrives fra materialet. Mykotoksiner er detekteret i støvpartikler, og det er påvist, at nogle mykotoksiner optages særdeles effektivt gennem luftvejene, hvor de undertrykker immunforsvaret eller direkte nedbryder

de fine blodkar i lungerne. Dette er eksempelvis tilfældet for *Stachybotrys chartarum*, der meget ofte er dominerende på vandskadede gipsplader, hvor den producerer stærkt toksiske trichothecener.

Stachybotrys chartarum har fået en betydelig interesse, da den i efteråret 1994 blev sat i forbindelse med 10 tilfælde af ukendt akut lungeblødning hos spædbørn i Cleveland, Ohio, USA. Andre tilfælde, der nogle gange var diagnosticeret som ukendt spædbarnsdød, frembragte yderligere 27 sager fra Cleveland, hvoraf ca. 1/3 havde dødelig udgang. En retrospektiv undersøgelse af lungeblødningstilfælde hos spædbørn fra resten af USA har frembragt yderligere 101 potentielle sager i perioden 1993-1998 [1]. Der er for nyligt blevet rapporteret yderligere tilfælde fra andre forskningsgrupper, hvor der i et enkelt tilfælde er isoleret *S. chartarum* sporer fra lungevævet på patienten [2], ligesom det første europæiske tilfælde med dødelig udgang er rapporteret fra Belgien. I langt de fleste sager har man fundet høje koncentrationer (>500 sporer/m³) af *S. chartarum* sporer i luften, der er frembragt af turbulens fra ventilationsanlæg eller pga. fysiske indgreb i konstruktionerne.

Ud over mykotoksiner kan β -1-3-D-glucan, der indgår som del af cellevæggen i alle skimmelsvampe, forårsage betændelselignende reaktioner, ligesom der er rapporteret effekter på immunforsvaret. Eksponeringsforsøg med inhalation af isolere-



Figur 3. *Stachybotrys chartarum* kulturer på laboratoriemedium

de glucaner har givet anledning til tilstoppet næse, svien i halsen, hovedpine og træthed – de samme symptomer, som ses ved provokeringsforsøg med svampeinficeret byggemateriale. Undertrykkelse af immunforsvaret, hvad enten det skyldes mykotoxiner ellers selve svampen, kan have uheldige følger i form af infektioner af virus og bakterier, der kan bidrage til det generelle ubehag, men de præcise årsagssammenhænge er endnu ukendte.

Flygtige forbindelser

De fleste kender lugten af »gammel kælder« – for mange en typisk »muglugt«, som man netop møder i en ældre jordslået kælder, fra mugne appelsiner eller fra et stykke brød, der har ligget for længe i køkkenskabet. Lugten skyldes flygtige stoffer som geosmin, methyl-isoborneol og 1-octen-3-ol, der er dannet af skimmelsvampene under væksten. Disse og andre mikrobielt producerede flygtige forbindelser kaldes i daglig tale for MVOC'er (*Microbial Volatile Organic Compounds*). Svampe kan producere en lang række af stærkt lugtende MVOC'er, hvilket bl.a. benyttes til feltbestemmelse af visse storsvampe (rørhatte, champignon, trøfler m.fl.), ligesom man har oplært hunde til at detektere hussvamp i bygninger.

Gaschromatografiske analyser af skimmelsvampes MVOC'er har vist, at også de har artsspecifikke »lugte« [4], men i indeklimasammenhænge er der fokuseret på de negative effekter. Hos nogle personer ses en kraftig reaktion i form af slimhindeirritationer, »ru hals«, åndedrætsbesvær o.l., når de går ind i rum, hvor der er svampelugt, men det har vist sig at være meget vanskeligt at detektere de MVOC'er, der giver de observerede reaktioner. En mulig forklaring er, at de anvendte metoder ikke er tilstrækkelige til at opsamle og detektere MVOC i de aktuelle koncentrationer, eller at de biologiske effekter skyldes ukendte synergistiske effekter mellem MVOC'er og andre VOC'er i miljøet. I denne forbindelse er vores næse et langt mere følsomt instrument end selv det mest moderne analytiske udstyr. Det er endvidere muligt, at MVOC'erne fra svampene kan reagere med ozon eller NO_x og at disse produkter kan have en slimhindeirriterende effekt [3].

Tværfaglige tiltag til løsning af problemerne

På nationalt plan er der taget initiativ til samarbejde omkring de omtalte problemstillinger gennem det statslige ramme-program »Skimmelsvampe i bygninger«. I dette ramme-program indgår både sundhedsmæssige, mikrobiologiske og bygningstekniske aspekter. Programmet involverer flere universiteter og sektorforskningsinstitutter, og der er etableret samarbejdsaftaler med flere private virksomheder.

Set i lyset af problemets omfang, er der stor mangel på ingeniører og andre kandidater med denne tværfaglige viden. Derfor er der oprettet et undervisningstilbud på DTU i form af et 3-ugers fuldtidskursus »Skimmelsvampe i bygninger og indeklima«, der også kan søges af færdiguddannede. Kurset udbydes i fællesskab af tre institutter: BioCentrum-DTU, BYG-DTU og Institut for Mekanik, Energi og Konstruktion.

Forfatterne vil gerne takke rammeprogrammet »Skimmelsvampe i bygninger«, Forskerakademiet og Levnedsmiddelcentret ved DTU/KVL for støtte til arbejdet med skimmelsvampe i bygninger og indeklima.



Figur 4. Svampesporer fra *Stachybotrys chartarum*. De mørke sporer er ca. 12 µm lange.

I det daglige kan man sikre et godt indeklima ved hjælp af simple regler som en daglig grundig udluftning, aftørring af badeværelse efter bad, god udluftning ved tørring af vasketøj og jævnlig rengøring. På Mykologigruppens informationsside på Internettet om skimmelsvampe i indeklimaet, <http://www.ibt.dtu.dk/mycology/indoor/indeklimaet.htm>, kan man finde yderligere oplysninger om vores aktiviteter på området samt en meget benyttet oversigt over gode råd med henvisninger til kvalificeret hjælp, hvis man måtte stå med skimmel-svampeproblemer.

Referencer

1. Dearborn, D.G., Yike, I., Sorenson, W.G., Miller, M.J., and Etzel, R.A. (1999): Overview of investigations into pulmonary hemorrhage among infants in Cleveland, Ohio. *Environmental Health Perspectives*, 107(suppl.): 495-499.
2. Elidermir, O., Colasurdo, G.N., Rossmann, S.N., and Fan, L.L. (1999): Experience and reason - *Stachybotrys* and pulmonary hemorrhage. Isolation of *Stachybotrys* from the lung of a child with pulmonary hemosiderosis. *Pediatrics*, 104: 964-966.
3. Gravesen, S., Nielsen, P.A. og Nielsen, K.F. (1997): Skimmelsvampe i vandskadede bygninger. SBI-Rapport 282.
4. Larsen, T.O. and Frisvad, J.C. (1995): Characterization of volatile metabolites from 47 *Penicillium* taxa. *Mycological Research*, 99: 1153-1166.
5. Nielsen, K.F., Gravesen, S., Nielsen, P.A., Andersen, B., Thrane, U., and Frisvad, J.C. (1999): Production of mycotoxins on artificially and naturally infested building materials. *Mycopathologia*, 145: 43-56.
6. Nielsen, K.F., Hansen, M.Ø., Larsen, T.O., and Thrane, U. (1998): Production of trichothecene mycotoxins on water damaged gypsum boards in Danish buildings. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 42: 1-7.