By og Byg Resultater 020

Skimmelsvampe i bygninger

Formidling af forskningsprogrammets resultater

BY OG BYG
Statens Byggeforskningsinstitut
Danish Building and Urban Research

Skimmelsvampe i bygninger

Formidling af forskningsprogrammets resultater

Suzanne Gravesen
Peter A. Nielsen
Ole Valbjørn

By og Byg Resultater 020
Statens Byggeforskningsinstitut 2002

Titel	Skimmelsvampe i bygninger
Undertitel	Formidling af forskningsprogrammets resultater
Serietitel	By og Byg Resultater 020
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2002
Forfattere	Suzanne Gravesen, Peter A. Nielsen, Ole Valbjørn
Redaktion	Gusta Clasen
Sprog	Dansk
Sidetal	43
Litteratur-henvisninger	Side 29
English summary	Side 35
Emneord	Skimmelsvamp, indeklima, sundhedsrisici, fugt, byggematerialer, bygningskonstruktioner.
ISBN	87-563-1126-5
ISSN	1600-8049
Pris	Kr. 130,00 inkl. 25 pct. moms
Tekstbehandling	Yelva Jensen
Omslag	*Skimmel* - Viscositetstryk på kobber, 2002, Suzanne Gravesen
Tryk	
Udgiver	By og Byg Statens Byggeforskningsinstitut, P.O. Box 119, DK-2970 Hørsholm E-post by-og-byg@by-og-byg.dk www.by-og-byg.dk

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen: *By og Byg Resultater 020*: *Skimmelsvampe i bygninger. Formidling af forskningsprogrammets resultater. (2002)*

Indhold

Forord 4
Baggrunden for forskningsprogrammet ”Skimmelsvampe i bygninger” 5
Problemer med fugt og skimmelsvamp 5
Usikkerhed overfor vurdering af skimmelsvampe 6
Forskningsprogrammet 8
Programmets tilblivelse, dets aktører og forløbet 8
Programmets målsætning og indhold 9
Programmets projekter 10
Skimmelsvampe og sundhed 13
De vigtigste sundhedsmæssige resultater 13
De sundhedsmæssige undersøgelser 13
Støv med mange skimmelsvampe giver symptomer 15
Hvad betyder vækst af skimmelsvampe i bygningen? 15
Ventilationens betydning 16
Kan lægen vise, at en person er blevet syg af skimmelsvampe? 16
Skimmelsvampe og bygninger 19
De vigtigste byggetekniske resultater 19
De byggetekniske undersøgelser 20
Skimmelsvampe i indeklimaet 20
Hvilke skimmelsvampe forekommer i bygninger? 22
Hvad vokser skimmelsvampe på i bygningerne? 23
Hvordan udsættes man for skimmelsvampe? 23
Hvordan foregår opsporing og analyse af skimmelsvampe i bygninger? 25
Undersøgelse, vurdering og sanering af skimmelsvampe i bygninger 26
Formidling af resultaterne 27
Information om forskningsprogrammet 27
Publicering fra forskningsprogrammet 29
Summary 35
Bilag 1 Deltagerne i Forskningsprogrammet skimmelsvampe i bygninger 37
Bilag 2 Deltagernes fordeling på programmets projekter 40
Bilag 3 Referencegruppen for Forskningsprogrammet skimmelsvampe i bygninger 42

Forord

Denne rapport formidler resultaterne af et tværfagligt, fireårigt forskningsprogram, Skimmelsvampe i bygninger, 1998 - 2002. Programmet havde til formål at fremskaffe mere viden om skimmelsvampes livsbetingelser i bygninger, skimmelsvampes virkninger på mennesker og skabe grundlag for effektive, sikre og økonomisk forsvarlige løsninger, som ved projektering, udførelse, drift og renovering kan afhjælpe og forebygge skimmelsvampevækst i bygninger.
Programmets resultater er dokumenteret i By og Byg Dokumentation 026, Resultater af Forskningsprogrammet Skimmelsvampe i bygninger, 2002, der er baseret på bidrag fra programmets deltagere, der er anført i bilag 1. Detaljerede resultater fremgår af allerede udsendte rapporter, artikler og anvisninger. Inden for de nærmeste år vil der fremkomme flere artikler i internationale tidsskrifter. Der kan således forekomme nye oplysninger, som vil underbygge eller udbygge de fundne resultater.

Programmet indeholdt 13 projekter inden for områderne: Sundhedsmæssige, mikrobiologiske og bygningsmæssige forhold.

Forskningsprogrammet blev etableret efter forslag fra Statens Byggeforskningsinstitut og det tidligere By- og Boligministerium og blev gennemført af 13 videnskabelige institutter og 6 private virksomheder. Projektets samlede budget var på ca. 18 mio. kr., støttet gennem Forskningsstyrelsen med ca. 13 mio. kr. Følgende har støttet forskningsprogrammet: Arbejdsministeriet (nu Beskæftigelsesministeriet), Arbejdstilsynet, By- og Boligministeriet (nu Økonomi- og Erhvervsministeriet), Forskningsministeriet (nu Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling), Forskningsministeriets Byggedirektorat (nu Statens Forsknings- og Uddannelsesbygninger), Forsvarets Bygningstjeneste, Grundejernes Investeringsfond, Fonden Realdanmark og Forsikring og Pension. Birch & Krogboe Fonden har støttet arbejdet med det indledende rammeprogram og endelig har Direktør E. Danielsen og Hustrus Fond støttet både den indledende fase af programmet og den afsluttende dokumentationsrapport. Boligselskabernes Landsforening har sammen med Grundejernes Investeringsfond støttet udarbejdelsen og formidlingen af pjecer.

Der har i hele programmets forløb været inspirerende og værdifulde diskussioner mellem Programkomiteen og Programmets styregruppe. Dette gælder ligeledes Boligministeriets Referencegruppe (bilag 3) etableret til formålet, og som bl.a. repræsenterede programmets sponsorer.

Gennemførelsen af dette store program har fungeret meget tilfredsstillende, programmet har inden for den fastsatte tid opnået mange nye resultater, og de fleste af de satte mål blev opfyldt. Alle deltagerne takkes hermed for deres indsats.

By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut og
Forskningsprogrammet Skimmelsvampe i bygninger
Juni 2002

Torger Børresen	*Finn Gyntelberg*	*Erik Christophersen*
Formand for	Formand for	Forskningschef
Programkomiteen	Forskningsprogrammet	Statens Byggeforskningsinstitut

Baggrunden for forskningsprogrammet ”Skimmelsvampe i bygninger”

Problemer med fugt og skimmelsvamp

Indeklimaet spiller en væsentlig rolle for menneskers velbefindende, ikke mindst i industrialiserede lande, hvor op i mod 90 % af døgnets timer tilbringes inden døre, enten i hjemmet, i transportmidler eller på arbejdspladsen.

Der er registreret en række symptomer, der ikke er klart årsagsbestemte, men som ofte henføres til indeklimaets påvirkninger. Symptomer sat i forbindelse med indeklimaet kaldes i flæng indeklimasymptomer eller bygningsrelaterede symptomer, forkortet BRS.

De omfatter symptomer fra slimhinderne i øjne og øvre luftveje, men også almene symptomer som hovedpine, koncentrationsbesvær, træthed og svimmelhed er sat i relation til indeklimaforhold. Mange faktorer synes at spille en rolle for udviklingen af disse symptomer. Nogle risikofaktorer omfatter således både bygningsfaktorer af fysisk, kemisk og biologisk art, psykosociale faktorer, og faktorer som fx individuel sårbarhed**,** køn, alder, rygevaner, og ikke mindst om personerne har astma eller høfeber.

Fra midten af 80’erne og op gennem 90’erne blev der konstateret en række helbredsmæssige og bygningsmæssige problemer i forbindelse med fugt- eller vandskadede skoler og almennyttige boligbebyggelser, hvor der på fugtige byggematerialer blev konstateret udbredt vækst af skimmelsvampe.

Fig. 1. Skimmel på bjælke som følge af vandgennemtrængning gennem taget. Foto: Peter Thompson.

Fig. 2. Ikke en smuk sø, men et tagpaptag på en af bygningerne i en skole, hvor lokalerne længe var plaget af vandskader som følge af det utætte tag. Foto: Mikael Østergaard.

Fig. 3. Radikalt ændret konstruktion af det utætte tag som et led i renoveringen af skolen. Regnvandet ledes nu væk.
Foto: Suzanne Gravesen.

Fra flere danske skoler med store vandskader og udbredt skimmelsvampevækst blev der rapporteret symptomer, som brugerne mente kunne henføres til bygningerne. Alvoren i disse ”svampesager” kan illustreres med, at Arbejdstilsynet, Embedslægeinstitutionen, Bedriftsundhedstjenesten, de lokale arbejdsmedicinske klinikker, og flere tekniske rådgivningsfirmaer var involveret i håndteringen af problemerne. Ligeledes har flere almennyttige boligbebyggelser været i fokus på grund af fugtproblemer.

I de senere år har der derfor været stigende interesse for at afdække skimmelsvampes rolle som risikofaktor for udvikling af indeklimasymptomer. Ikke alene kan den type symptomer opstå hos personer, som opholder sig i en bygning med skimmelsvampevækst, men også hos personer, som skal renovere sådanne bygninger. Sidstnævnte personer vil dog i almindelighed blive udsat for langt højere koncentrationer af mikrobielle partikler end dem, der opholder sig i bygningen til daglig. Renoveringsarbejdere vil desuden

Fig. 4. Bag tavlen, som var ophængt på ydervæg, sås kraftig skimmelvækst.
Foto: Suzanne Gravesen.

Fig. 5. På denne skole løste man midlertidigt problemer med nedsivende vand, som gentagne gange ødelagde telefonen, ved at anbringe et halvtag af plexiglas over denne. Foto: Torben Sigsgaard.

under arbejdet udsættes for flere kemikalier og partikler i forhold til bygningsbrugerne.

I Danmark har der, som nævnt, været mange skoler og institutioner, som har været vandskadede, eventuelt med efterfølgende vækst af skimmelsvampe. Personer, som har opholdt sig i disse bygningers lokaler, har ofte henført deres symptomer til forekomsten af skimmelsvampe i lokalerne. Til støtte for, at en sådan sammenhæng kunne være rigtig, har der både i Danmark og andre lande været enkeltstående bygningssager, hvor skimmelsvampe i miljøet er blevet tolket som den primære årsag til indeklimasymptomer, og hvor renovering af bygningerne har bedret forholdene. Imidlertid har kun få videnskabelige undersøgelser vist sammenhæng mellem indeklimasymptomer og vækst af skimmelsvampe. Flere af undersøgelserne har specielt beskæftiget sig med sammenhængen mellem fugt og symptomer, men har ikke været i stand til at sondre mellem effekter af skimmelsvampe og fugt eller andre fugtrelaterede påvirkninger. Desuden har der sjældent været taget tilstrækkelig højde for andre faktorer, som både har betydning for symptomer og for sammenhæng med andre miljøfaktorer, såkaldte ”confounding factors” (konkurrerende faktorer). Det har således været diskuteret, om der, uafhængig af andre faktorer, er sammenhæng mellem udsættelse for skimmelsvampe i indeklimaet og indeklimasymptomer.

Usikkerhed overfor vurdering af skimmelsvampe

Fig. 6. Ved udredning af luftvejsallergi foretages ofte en priktest i huden med de mistænkte allergener. Foto: ALK.

Den eksisterende rådgivning i skimmelsvampesager har overvejende bygget på erfaringer fra enkeltsager, hvor man i en række tilfælde har opnået symptomfrihed hos de berørte personer, enten ved at fjerne dem fra de inficerede områder og/eller renovere bygningerne til et niveau, man har anset for forsvarligt.

Med hensyn til at vurdere de sundhedsmæssige effekter set i forhold til omfanget af skimmelangreb i en bygning var der ligeledes usikkerhed om ”hvor meget er for meget?” i forhold til en skimmelbelastning. Mangel på viden om sammenhængen mellem dosis og effekt bevirkede samtidig, at der herskede stor usikkerhed i forhold til renoveringsomfanget i en inficeret bygning. Hvor langt skal man gå i en renovering? Skal der skæres ind til benet i form af bortskaffelse af alt inficeret materiale, eller kan man nøjes med at indkapsle skimmelvæksten eller dræbe skimmelen med svampegifte – en langt billigere løsning. Af den grund kan udgifterne til en renovering beløbe sig til nogle få tusinde kroner eller op til flere hundrede tusinde alt efter rådgivers og beslutningstagers holdning til fugtproblemerne. I visse skolesager har der været renoveringer for et tocifret millionbeløb.

Fig. 7. En positiv reaktion viser sig ved en "vabel" som efter berøring med en brændenælde. Reaktionen bliver afmærket og målt. Foto: ALK.

Manglen på dokumentation baseret på egentlige videnskabelige undersøgelser af en sammenhæng mellem udsættelse og effekt kan give problemer med ”bevisførelsen” for personer med symptomer, de forbinder med ophold i vandskadede og inficerede bygninger. Ligeledes kan der opstå problemer for de besluttende myndigheder eller de administratorer, der skal håndtere skimmelsvampesagerne, fx tage stilling til renoveringsomfanget.

Hvis allergi ikke kan påvises med de gængse lægelige allergiundersøgelser og laboratorietests, og sygdom dermed dokumenteres, kan man – afhængig af den enkelte læges eller administrators erfaring og viden – møde meget forskellige holdninger til symptomerne. Denne mangel på klinisk og byggeteknisk dokumentation kan i visse tilfælde føre til konflikter mellem brugerne og ejendomsforvalterne.

Forståeligt nok kan håndteringen fra beslutningstagernes side derfor være præget af tøven, ubeslutsomhed og usikre improvisationer, også fordi der fra tid til anden kan findes personer, der udnytter situationen, fx ved at misbruge et forsikringsselskabs velvilje.

En del af ”skimmelsagerne” får en betydelig pressedækning, som ind imellem er præget af misforståelser og sensationsprægede informationer, som kun øger ængstelsen hos de berørte personer. Fx blev en af de stærkt vandskadede skoler ikke rømmet udfra en teknisk og lægelig vurdering, men snarere efter pres fra forældrene, som forlangte skolen lukket af forsigtighedshensyn.

Mange kommuner har haft problemer med skimmelvækst i dårligt vedligeholdte bygninger. Derfor har presset på såvel sundhedsområdet som byggeområdet været meget stort for at etablere et bedre dokumenteret beslutningsgrundlag. Fx blev en bebyggelse på 628 énfamilieshuse rømmet og ombygget for ca. 1.5 millioner kr. pr. hus, en samlet udgift på en lille milliard. Ikke fordi der var tilstrækkelig dokumentation for nødvendigheden af dette drastiske skridt, men igen af forsigtighedsgrunde, fordi man af etiske grunde ikke kunne lade beboerne blive boende, mens man udførte et større forskningsprojekt.

I lyset af den usikkerhed der herskede, forsøgte man derfor efterfølgende at tilvejebringe forskningsmidler til at få en bedre dokumentation. Alligevel var det forbundet med store vanskeligheder at finde de nødvendige midler. Kun takket være en stor indsats fra det tidligere Boligministerium blev der både fra privat og offentlig side tilvejebragt midler, så dette forskningsprogram kunne gennemføres.

Foto: Jørgen True.

Forskningsprogrammet

Programmets tilblivelse, dets aktører og forløbet

I det følgende gives en kort beskrivelse af programmets tilblivelse for at illustrere, hvorfor det kan tage seks år at få gennemført et fireårigt forskningsprogram.

I 1996 opfordrer bestyrelsen for Statens Byggeforskningsinstitut Instituttet til at udarbejde et programoplæg.

- Forskningsprogrammet "Skimmelsvampe i Bygninger" bliver forberedt af en gruppe på Statens Byggeforskningsinstitut (SBI, nu: By og Byg) bestående af seniorforskerne Peter A. Nielsen, Ole Valbjørn og Suzanne Gravesen, der med forskningschef Erik Christophersen som lokomotiv er en slags entreprenører for programidéen.
- For at designe et forskningsprogram af tilstrækkelig bredde, hvor man på samme tid inddrager både de sundhedsmæssige, de mikrobiologiske og de bygningsmæssige forhold, involveres folk fra fagområder indenfor bl.a. medicin, mikrobiologi, toksikologi, partikelfysik, organisk kemi, bygningsfysik og byggeteknik.
- Programoplægget bliver sendt til Boligministeriet, der sammen med det nu involverede Forskningsministerium finder penge til gennemførelse af programmet.
- Forskningsministeriet sender derefter i overensstemmelse med reglerne og med ganske få ændringer Forskningsprogrammet ”Skimmelsvampe i bygninger” i EU-udbud i 1997.
- De tidligere deltagende parter - nu organiseret i et konsortium - konverterer programmet til en ansøgning, som rettes til i overensstemmelse med udbuddet.
- Da der efter fristens udløb ikke viser sig andre ansøgere end konsortiet, bliver de ansøgte ca. 13 millioner kroner bevilget.
- Forskningsprogrammet ”Skimmelsvampe i bygninger” sættes i gang i foråret 1998 med en yderligere egenfinansiering fra de forskellige deltagende institutter på ca. 5 millioner. (Se programmets deltagere og tilhørsforhold under Bilag).
- Yderligere modtager programmets deltagende institutter støtte fra andre fonde i programmets forløb (se forord).
- Forskningsstyrelsen udpeger en tværfaglig programkomité med forskningschef Torger Børresen, Danmarks Teknisk Universitet, som formand og med følgende personer: Professor, Dr. med. Arne Svejgaard, Københavns Universitet, professor, Dr. med. Philippe Grandjean, Syddansk Universitet, Ingeniørdocent, Lic. techn. Bjarne Chr. Jensen, Odense Teknikum og civilingeniør Ove Nielsen fra Erhvervs- og Boligstyrelsen.
- Som formand for Forskningsprogrammet ”Skimmelsvampe i bygninger” vælges professor, overlæge, dr. med. Finn Gyntelberg, Arbejds- og Miljømedicinsk Klinik, Bispebjerg Hospital, der sammen med læge, lektor, Ph.d. Torben Sigsgaard, Institut for Miljø- og Arbejdsmedicin, Aarhus Universitet og de tidligere nævnte fra Statens Byggeforskningsinstitut udgør programmets Styregruppe.

Styregruppen havde den vigtige opgave at formidle kontakten, den faglige forståelse og samarbejdet mellem deltagerne på tværs af de faglige disciplingrænser.

Programkomitéen sørgede for, at de løbende møder med Styregruppen blev afholdt på de involverede institutter, for at Komitéen kunne få et indtryk af de forskellige forskningsmiljøer.

Der har været afholdt tre workshops i alt, heraf to sammen med finske forskere, der arbejder med et lignende program. Samarbejdet med de finske kolleger har vist sig meget frugtbart, bl.a. blev et studieophold tilbudt en af programmets deltagere, civilingeniør Kristian Fog Nielsen, der i tilslutning til programmet gennemførte sit ph.d. studium med titlen: "Mould growth on building materials - secondary metabolites, mycotoxins and biomarkers".

I stedet for den traditionelle midtvejsrapport iværksatte Programkomitéen en midtvejs-evaluering, der fandt sted som en workshop med deltagelse af internationale evaluatorer. Disse var professorerne Brian Flannigan, Heriot-Watt University, Edinburgh, Dick Heederick, University of Ütrecht, Ragnar Rylander, Göteborg Universitet og Jan Sundell, Danmarks Tekniske Universitet. Resultatet af evalueringen var meget positivt og rosende, hvor det tætte tværfaglige samarbejde blev fremhævet som noget helt særligt.

Programmets målsætning og indhold

Forskningsprogrammets overordnede formål var at skabe grundlag for afhjælpning og forebyggelse af skimmelsvampevækst i den eksisterende bygningsmasse samt at forbedre grundlaget for at forebygge skimmelsvampevækst i nybyggeri.

Det var således formålet at klarlægge årsagssammenhænge mellem skimmelsvampevækst i bygninger og helbredseffekter, samt hvordan og i hvilket omfang mennesker udsættes for skimmelsvampe og deres stofskifteprodukter. Det var desuden formålet at udvikle enkle og hurtige metoder til undersøgelse af skimmelsvampevækst i bygninger. Yderligere skulle der udarbejdes metoder til identifikation og vurdering af skimmelsvampeforekomsten som praktisk grundlag for de professionelle brugeres forebyggelse og bekæmpelse af sundhedsskadelig skimmelsvampevækst. Der ville herved blive skabt grundlag for sikrere og billigere afhjælpning (renovering og sanering) og for hensigtsmæssig vedligeholdelse af bygninger.

Indsatsen blev gennemført i et koordineret sammenhængende forskningsprogram med tre delprogrammer omfattende de sundhedsmæssige, mikrobiologiske og bygningsmæssige forhold. Programmet blev organiseret i følgende ni forskningsprojekter:

- Skimmelsvampe og sundhed,
- Skimmelsvampes virkning på mennesker,
- Karakterisering af skimmelsvampe knyttet til fugtige bygninger,
- Personers udsættelse for skimmelsvampe i bygninger,
- Hurtigmetoder til måling af skimmelsvampe i bygninger,
- Erfaringsindsamling om kritiske og sikre bygningskonstruktioner,
- Tilstandsundersøgelse og vurdering af skimmelsvampevækst i bygninger,
- Byggematerialers modstandsdygtighed overfor svampeangreb,
- Sanering og renovering af materialer og bygningskonstruktioner.

Resultaterne skulle formidles bredt gennem et tilsvarende koordineret program for formidling, information og samarbejde med brugere på forskellige niveauer. Foruden det tidligere omtalte ph.d.-studium, blev der tilknyttet et projekt vedrørende fugt, ventilation, skimmelsvampe og husstøvmider i lejligheder. (Gunnarsen, 2001).

For særligt interesserede er projekterne i de tre delprogrammer mere detaljeret beskrevet i de følgende afsnit.

Programmets projekter

Sundhedsmæssige forhold

I denne del blev årsagssammenhængen mellem skimmelsvampevækst i bygninger og helbredspåvirkninger belyst. De helbredsmæssige effekter blev undersøgt ved en befolkningsundersøgelse (epidemiologisk undersøgelse) og ved eksperimentelle laboratorie- og patientundersøgelser.

Skimmelsvampe og sundhed – en epidemiologisk undersøgelse

Formålet med den epidemiologiske undersøgelse var at belyse, om der kunne findes en sammenhæng mellem vækst af skimmelsvampe og forekomst af indeklimasymptomer samt astma og allergi hos både børn og voksne. Undersøgelsen, blev udført i skoler. Udover skimmelsvampe blev der taget højde for andre indeklimapåvirkninger, både på skolen og i hjemmet.

I undersøgelsen indgik 15 skoler, hvoraf det blev tilstræbt at cirka halvdelen var skoler med vandskade og skimmelsvampevækst, medens et lignende antal kontrolskoler skulle være uden sådanne. Alle lærere og elever i 8.-9. og i 1.-3. klasse deltog.

Der blev anvendt spørgeskemaer om indeklimasymptomer, objektive mål for symptomer, allergologisk udredning m.m.

I skolerne blev udsættelsen for skimmelsvampe og andre indeklimapåvirkninger kortlagt ved hjælp af målinger og bygningsundersøgelser.

Skimmelsvampes virkninger på mennesker

Med det formål at belyse betydningen af overfølsomhed for indeklimasvampe blev der foretaget provokationsundersøgelser af mennesker, som havde fået påvist overfølsomhed for skimmelsvampe. Der blev anvendt virksomme og uvirksomme stoffer, som blev givet i en rækkefølge, der var ukendt både for lægen og forsøgspersonen. Der blev anvendt en dosis, der svarede til det, man normalt udsættes for i indeklimaet. Forsøgene blev udført i overensstemmelse med Helsinki-deklarationen.

Endvidere undersøgtes den immunologiske aktivitet. Denne blev målt ved frigivelse af signalstoffer (cytokiner) fra visse celler i blodet ved udsættelse for skimmelsvampe og stoffer fra bakteriers og svampes cellevæg (endotoxin og glucan) i blod fra et panel bestående af allergikere og ikke allergikere samt lærere med og uden indeklima-symptomer.

Det blev endvidere undersøgt om en metode, hvor man benyttede sig af, at støv kan standse bevægelsen af fimrehår i luftrørsvæv udtaget fra kyllinger, kunne anvendes som en slags model for menneskets luftveje. I givet fald vil sådanne eksperimentelle undersøgelser kunne belyse sammenhænge mellem påvirkning fra skimmelsvampe og biologiske effekter hos mennesker.

Mikrobiologiske forhold

Undersøgelserne omfattede kortlægning af skimmelsvampe i fugtskadede bygninger og nogle af deres giftige stofskifteprodukter. Endvidere blev der arbejdet med en nærmere belysning af stoffernes frigørelse, hvilke veje stoffer og partikler tilbagelægger fra væg til næse, og hvilke potentielle sundhedsskadelige effekter, de har. Yderligere blev der udviklet hurtigmetoder til påvisning og identifikation af skimmelsvampe.

Karakterisering af skimmelsvampe knyttet til fugtige bygninger

Formålet var at identificere de bygningsrelaterede skimmelsvampe for at kunne tilvejebringe de relevante organismer til brug for diagnosticering af allergi, og for at kunne undersøge svampenes potentielle giftighed.

Endvidere er et grundlæggende kendskab til skimmelsvampene nødvendigt ved vurdering af konstruktioners og materialers modstandsdygtighed mod skimmelsvampeangreb. Karakteriseringen og identifikationen af

skimmelsvampene skete ved hjælp af mikroskop samt kemiske og fysiologiske metoder. Herudover blev dannelsen af eventuelle giftige stofskifteprodukter (mykotoksiner) og eventuelle luftformige stoffer undersøgt.

Personers udsættelse for skimmelsvampe i bygninger

Der fandtes ikke tilstrækkelig viden om, hvordan svampesporer og de flygtige stoffer svampene danner på opfugtede materialer, fx i en lukket konstruktion, finder vej til personers hud eller luftveje. Gennem felt- og laboratoriestudier skulle afgivelsen og spredningen af sporer og flygtige stoffer fra materiale med skimmelsvampevækst til indendørsluften og videre til de eksponerede personer, der opholder sig i bygningen, beskrives og kvantificeres. Dette er grundlæggende for forståelsen af, hvordan de enkelte skimmelsvampe påvirker mennesker, og hvordan man håndterer problemer med skimmelsvampeinficerede bygninger. Der blev udført modelberegninger for at beskrive frigivelse og transportmekanismer for skimmelsvampesporer og deres flygtige stoffer fra svampekilden i konstruktionerne til personernes eksponering (ved hudkontakt eller indånding). Vækstforhold, konstruktioner, materialer, trykfordeling mellem hulrum, konvektion og ventilation, herunder mekaniske ventilationsanlægs betydning, blev taget i betragtning. Resultaterne giver bedre muligheder for at vurdere risikoen for om svampevækst i bygningens konstruktioner kan give sundhedsmæssige effekter og for at gennemføre relevante målinger, fx ved tilstandsundersøgelser.

Hurtigmetoder til måling af skimmelsvampe i bygninger

Ved vurdering af omfanget af en renovering er der ofte brug for et hurtigt, men også tilstrækkeligt specificeret svar på, om der er skimmelsvampevækst eller ikke på et givet byggemateriale. Herved undgås fordyrende opsættelse af arbejdet, og der er store besparelser at hente, såfremt man mere præcist kan beskrive omfang og udbredelse af skimmelsvampevæksten. Herigennem kan en evt. afrensning begrænses, eller fjernelse af bærende konstruktioner undgås.

Tre forskellige hurtigmetoder blev afprøvet og søgt valideret i praksis: Den ene metode kan afsløre svampevækst på prøvestedet ved at påvise et bestemt enzym, som findes hos svampe i vækst. Den anden metode går et spadestik dybere, idet den identificerer hvilken svampeart, der vokser på prøvestedet. Metoden bygger på en bestemmelse af svampenes arvemateriale (DNA). Den tredje metode fører også til artsbestemmelse af svampene på voksestedet ved analyse af svampenes luftformige stofskifteprodukter (MVOC'er).

Bygningsmæssige forhold

Formålet med programmets byggetekniske del var at tilvejebringe et mere sikkert grundlag for løsning af skimmelsvampeproblemer i bygninger, og at kunne forebygge vækst af skimmelsvampe i nye og renoverede bygninger med færre anlægs- og driftsudgifter.

Erfaringsindsamling om kritiske og sikre bygningskonstruktioner

På baggrund af erfaringsindsamling hos de rådgivende og udførende firmaer blev der udarbejdet en oversigt over kritiske og sikre konstruktioner (klimaskærm, ventilation, vådrum og vand- og afløbssystemer). Oversigten blev sammenholdt med erfaringer indsamlet på anden måde, hvorved omfanget af problematiske konstruktioner og dermed problemernes omfang i Danmark blev vurderet. Projektet blev gennemført i tæt samarbejde med byggeriets professionelle brugere. Hermed øgedes forskningsprojekternes relevans, og en mere effektiv udnyttelse af forskningsresultaterne.

Tilstandsundersøgelse og vurdering af skimmelsvampevækst i bygninger

Der blev udarbejdet et sammenhængende system af metoder til kortlægning af bygningers konstruktions- og driftstilstand. Der blev endvidere udarbejdet

nye målemetoder, der sammen med de i dag anvendte metoder kan anvendes til at beskrive og vurdere omfanget af skimmelsvampeangreb. Et væsentligt resultat af projektet er en anvisning på, hvordan udførelse og vurdering af tilstandsundersøgelser i skimmelsvampeangrebne bygninger kan foretages. Med den som baggrund kan der træffes beslutninger om nødvendige og tilstrækkelige indgreb til at forebygge og fjerne skimmelsvampeangreb.

Byggematerialers modstandsdygtighed overfor skimmelsvampeangreb

Det blev undersøgt hvilke klimaforhold, der er gunstige og ugunstige for vækst af skimmelsvampe på byggematerialer. På basis heraf blev det undersøgt, om det er muligt at udarbejde en afprøvningsmetode, der gør det muligt at bestemme materialers og konstruktioners modstandsevne mod angreb af skimmelsvampe under forskellige klimaforhold. De fremkomne data indgår i modeller for dynamisk simulering af konstruktions- og driftsforhold. Herved er det muligt, både i opførelsesfasen og i driftsfasen, at angive sikrere og billigere løsningsforslag til forebyggelse af skimmelsvampevækst i forbindelse med nybyggeri, ved renovering og under driften af bygninger.

Sanering og renovering af materialer og bygningskonstruktioner

Fysiske, kemiske og mekaniske metoder til fjernelse eller neutralisering af skimmelsvampe på materialer og i konstruktioner blev undersøgt i praksis og afprøvet i laboratoriet. Der blev opstillet kriterier for, hvornår en afrensning kan karakteriseres som tilfredsstillende, og kriterierne blev opstillet på basis af de hurtigmetoder, der indgik i det mikrobiologiske delprogram.

Skimmelsvampe og sundhed

De vigtigste sundhedsmæssige resultater

På baggrund af undersøgelsen af store og små skoleelever og lærere og endvidere fra laboratorieundersøgelser, fandt man følgende resultater:

- Der var en klar sammenhæng mellem skimmelsvampeniveauet i gulvstøv og irritationssymptomer fra øjne og øvre luftveje samt almensymptomerne hovedpine, svimmelhed og koncentrationsproblemer. Jo højere skimmelsvampeniveau desto flere personer med symptomer.
- Forekomsten af astma, høfeber eller luftvejsinfektioner var ikke relateret til skimmelsvampeniveauet i gulvstøv.
- Sammenhængen mellem udsættelse for skimmelsvampe fra gulvstøv og symptomer var typisk stærkere blandt skoleelever med astma eller høfeber, et forhold der var særlig udtalt for irritation fra øjenslimhinder.
- Forhold som nylig overstået luftvejsinfektion, tilstedeværende høfeber eller astma, og flere psykosociale faktorer, eksempelvis udsættelse for mobning, havde generelt en stærkere sammenhæng med de undersøgte symptomer end udsættelse for skimmelsvampe.
- Et stigende omfang af fugtskader i skolerne viste ikke sammenhæng med en stigende hyppighed af de undersøgte symptomer, infektionstilbøjelighed, astma eller høfeber.
- Et større omfang af skimmelsvampevækst på vægge og i bygningskonstruktioner viste heller ikke sammenhæng med en større hyppighed af de undersøgte symptomer, infektionstilbøjelighed, astma eller høfeber.
- De udførte laboratorieundersøgelser tyder på, at skimmelsvampe påvirker organismen via immunsystemet. Aktivering af immunsystemet kan netop medføre de almensymptomer, som er observeret i denne undersøgelse.
- Ud fra en helbredsmæssig betragtning bør støv og skimmelsvampe, der kan tilføres luften, derfor minimeres i lokaler og bygninger.

De sundhedsmæssige undersøgelser

Undersøgelsen i skolerne

Som nævnt blev der som et af hovedprojekterne i programmet gennemført en stor undersøgelse af 1383 skoleelever og 579 lærere samt af deres lokaler i skoler for at belyse, om der er sammenhæng mellem vækst af skimmelsvampe og forekomst af helbredsgener, herunder astma og allergi hos både børn og voksne.

Bygningsundersøgelserne var koncentreret om de lokaler, som 1.-3. klasses og 8.-9. klasses elever var i og lærerværelset.

De små elever fik foretaget lungefunktionsmålinger og gennemgik en løbetest. Der blev opsamlet støv i de små elevers hjem. De store elever besvarede udelukkende spørgeskemaer. Lærerne besvarede spørgeskemaer og fik bl. a. foretaget en lungefunktionsundersøgelse. Spørgeskemaerne indeholdt spørgsmål om astma, allergi, infektionstilbøjelighed og symptomer fra øjne, ansigtshud, øvre og nedre luftveje samt almensymptomerne, hovedpine, koncentrationsbesvær, svimmelhed og unormal træthed.

I alt forelå der ca. 400 forskellige bygnings- og personoplysninger for hver person, som er brugt til at beskrive og vurdere sammenhænge mellem bygningsfaktorer og helbredsforholdene i en samlet statistisk behandling. De udførte undersøgelser er beskrevet nærmere i By og Byg Dokumentation 026, ”Resultater af Forskningsprogrammet Skimmelsvampe i bygninger", 2002.

Andre undersøgelser

Ved en blindet, eksperimentel undersøgelse, der inkluderede 8 forsøgspersoner, som ansås for at være særligt følsomme for skimmelsvampe, kunne der ikke afsløres flere symptomer ved udsættelse for luft med skimmelsvampe sammenlignet med udsættelse for luft uden skimmelsvampe (placebo).

Der blev udviklet nye analysemetoder, som kan anvendes til at undersøge den immunologiske reaktion på komponenter i støv samt til at bestemme forskelle mellem allergikere og ikke-allergikere. De undersøgte komponenter i støvet var cellevægsstoffer fra skimmelsvampe og bakterier. Ligeledes blev en række af de skimmelsvampe, som er knyttet til fugtige byggematerialer, undersøgt med metoden.

Undersøgelserne omfattede et testpanel af allergikere og ikke-allergikere og lærere med og uden indeklimasymptomer fra skoler med og uden fugt og skimmel.

Ved laboratorieundersøgelser af blod fra lærerne med og uden indeklimasymptomer så man en højere frisætning af signalstoffet IL8 og en større aktivering af signalstofgenet (opregulering af mRNA) hos lærerne med symptomer.

Disse sidste resultater understøtter sandsynligheden for, at der er en årsagssammenhæng mellem udsættelse for skimmelsvampe og de observerede symptomer fra slimhinder samt almensymptomerne. Den underliggende mekanisme er formentlig en påvirkning af og reaktion fra organismens immunsystem.

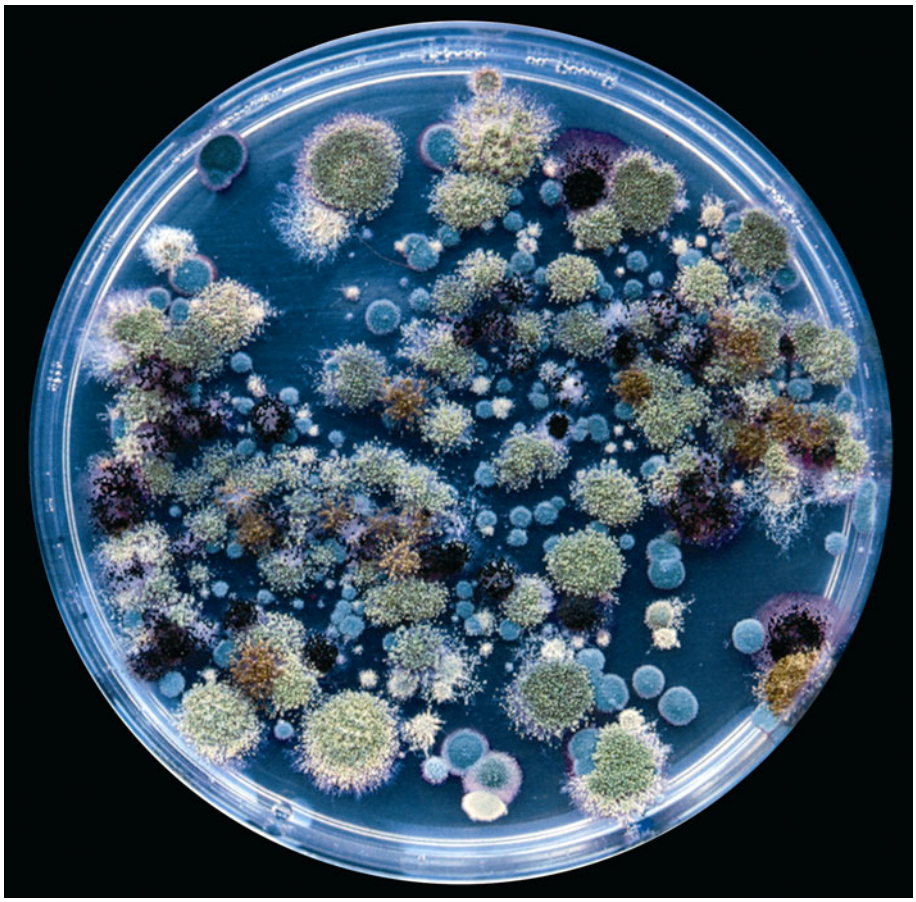


Fig. 8. Mængden af skimmelsvampe kan måles ved at optælle antallet af levedygtige kim, som vokser frem fx fra en støvprøve til små kolonier på en dyrkningsplade. I fagsproget benævnes kimtallet: CFU som betyder "colony forming units". Tallet kan angives fx per gram støv, per m^2 gulv eller per m^3 luft.
Foto: Ole Filtenborg.

Støv med mange skimmelsvampe giver symptomer

Undersøgelsen i skolerne har vist, at støvet i klasselokalerne har betydning for udvikling af indeklima-symptomer, men på lidt forskellig måde for de små børn, de store børn og lærerne. Grundlæggende viser resultaterne dog det samme, nemlig at personer, der udsættes for skimmelsvampe i støv bliver generet og får luftvejssymptomer. Det har endvidere vist sig, at de såkaldte almensymptomer som hovedpine, koncentrationsbesvær eller svimmelhed også påvirkes af støvets komponenter, ligesom negative påvirkninger af psykosocial art gør det. Fx influerer en række andre faktorer end skimmelsvampe på de store børns symptomer, bl.a. mobning, stor arbejdsbyrde, nyligt overståede infektioner og astma eller høfeber.

Det er derfor vigtigt at vurdere alle de indeklimatiske og psykosociale forhold, når man fx på en arbejdsplads skal finde årsager til, at disse symptomer forekommer.

I undersøgelsen her havde forhold som forkølelse generelt set en større effekt på symptomerne end skimmelsvampene i støvet.

Ved den statistiske behandling af spørgeskemaerne viste det sig, at 25 % af børnene i de store klasser angiver at have fået stillet diagnosen astma eller høfeber af deres læge. Endvidere viser undersøgelsen, at langt flere af disse børn har symptomer, især pga. støv, end de ikke-allergiske børn. Når der skal foretages en risikovurdering i forbindelse med ophold i en bygning, specielt en skole, er det derfor vigtigt at være klar over, at allergiske børn, herunder børn med astma, er langt mere sårbare end de øvrige børn.

Analyser af de voksnes blod viser også, at der er tale om individuel sårbarhed. Hos både allergikere og lærere med indeklimasymptomer viste analyserne med biologiske komponenter i støvet og de forskellige skimmelsvampe, at immunapparatet enten blev aktiveret (trigget) til at frigive signalstoffer eller allerede var aktiveret på forhånd formentlig på grund af belastningen i lokalerne af støv og skimmel. Dette konstante immunologiske beredskab kan muligvis være med til at forklare de tidligere nævnte symptomer.

Hvad betyder vækst af skimmelsvampe i bygningen?

I de skoler, der blev undersøgt, var der fugtskader og skimmelsvampevækst i nogle af klasselokalerne, men det var overvejende i tagkonstruktioner, der blev fundet vækst. De skolebygninger, vi kunne finde til undersøgelsen, var således ikke dramatisk inficerede. Dette forhold skal også ses i lyset af, at ud af de 130 skoler, der var rapporteret at have fugt- eller vandskader, var de 42 enten under renovering eller stod umiddelbart foran renovering. Disse skoler kunne derfor ikke indgå i undersøgelsen

Selv om nogle få klasselokaler havde op til 8 m^2 med synlig skimmelvækst, var det generelt ikke muligt gennem de statistiske analyser at se en sammenhæng mellem vækst på overfladerne eller i tagkonstruktionen og rapporterede symptomer.

For de mindste skolebørn blev der dog fundet en svag sammenhæng, der peger på, at ophold i bygningerne med fugt og skimmel kan give symptomer.

Der kunne således i denne undersøgelse generelt ikke vises nogen statistisk sammenhæng mellem symptomer og forekomst af fugt/skimmelvækst i de lokaler, personerne opholder sig i. Dette kan formentlig delvis forklares ved, at der, som vist i et andet af programmets projekter, kan være stor forskel på afgivelsen af svampesporer afhængig af art. Endvidere spiller materialefugten og den relative fugtighed i lokalet en stor rolle. Jo mere fugtigt, jo vanskeligere har svampesporerne ved at frigøres fra deres voksested og blive en del af svævestøvet.

Fig. 9. Vækst af skimmelsvampen *Penicillium* på et byggemateriale. Hvis materialet er meget fugtigt, vil sporerne, som skyer vand (hydrofobe) have svært ved at rive sig løs og blive en del af svævestøvet.
Foto: Jan Carl Westphall.

I skoler, kan eleverne være en stor kilde til skimmelsvampebelastningen, idet sporerne bringes ind med fodtøjet, som har snavs eller fugtig jord på sålerne. Sammen med støv- og snavspartiklerne vil svampesporerne naturligt blive en del af svævestøvet ved elevernes almindelige aktivitet. Luftbevægelser kan få støvet til at holde sig svævende i luften i længere tid.

Da væksten, som blev påvist i de enkelte fugtskadede klasselokaler var forholdsvis beskeden, og da det formodes, at fugtigheden i materialerne har været forholdsvis høj, har sporefrigivelsen til støvet været ret beskeden. Da mængden af indslæbt skidt formentlig er lige så stor i de fugtskadede som i skolerne uden fugtskader, er det ikke mærkeligt, at der er fundet mindst lige så mange skimmelsvampe i støv fra skoler uden fugtskader som i skoler med fugtskader.

Ved den samlede vurdering af skimmelsvampes betydning er det dog vigtigt at holde sig for øje, at de sundhedsmæssige effekter, der er set i denne undersøgelse, ikke afspejler omfanget og de kraftige påvirkninger, som kan forekomme i de alvorligst ramte byggerier. I de alvorligst ramte byggerier er påvirkningerne større og meget våde materialer er ofte inficeret af de mest fugtelskende svampe, som kan indeholde stoffer, der er meget biologisk aktive. Der foreligger dog ingen sikre undersøgelser, der påviser dette. Der er heller ikke foretaget undersøgelser i boliger med fugt og skimmel, hvor opholdstiden er væsentlig længere.

Fig. 10. Skimmelvækst af et omfang som dette er klart uacceptabelt. Årsagen til vandskaden skal findes, skaden udbedres og svampene fjernes både af hygiejniske og æstetiske grunde.
Foto: Suzanne Gravesen.

På den anden side peger resultaterne på, at områder med en mindre skimmelbelastning næppe vil give gener hos ikke allergikere. På baggrund af denne undersøgelse er det dog ikke muligt at sætte grænser for hvor meget skimmesvampevækst, der kan accepteres.

Af hensyn til de mindre børn og allergikerne bør skimmelsvampe, der kan tilføres luften og dermed nå åndingszonen, fx synlige skimmelsvampe og delvis skjulte, under alle omstændigheder fjernes, og støv holdes nede. Dette bør gøres både ud fra forsigtighedsprincippet og af hygiejniske grunde.

Ventilationens betydning

Af personundersøgelserne fremgår det, at ophold i bygninger med mekanisk indblæsning og udsugning havde givet anledning til flere symptomer end ophold i de bygninger, der enten har naturlig ventilation eller udsugning alene. Dette resultat slår ved den statistiske behandling også igennem med hensyn til støvet, idet der er flere skimmelsvampesporer i støvet fra bygninger med mekanisk indblæsning og udsugning. Dette til trods for, at der ikke forekom recirkulation af luften. Recirkulation kan erfaringsmæssigt give anledning til en forøget støvmængde i indblæsningskanalerne og dermed også i lokalerne. I mange andre undersøgelser har mekanisk ventilation også vist sig som en risikofaktor, uden at man har kunnet forklare hvorfor. En forklaring kunne være, at ophvirvlet støv får en længere opholdstid i luften i mekanisk ventilerede rum end i rum med naturlig ventilation.

Øvrige indeklimafaktorer som temperatur, kuldioxid og relativ fugtighed havde ingen betydende indflydelse på elevers og læreres helbredstilstand i de undersøgte skoler.

Kan lægen vise, at en person er blevet syg af skimmelsvampe?

Hvis en person er allergisk over for skimmelsvampe, kan dette som regel påvises ved personundersøgelse og allergitests. Allergi over for skimmelsvampe er hyppigere hos børn end hos voksne. Hos begge grupper forudsætter det, at man er arveligt disponeret for at udvikle allergi.

Er man ikke allergiker, er det vanskeligt at påvise sammenhængen mellem symptomer og miljø direkte, da symptomerne sjældent er høfeber eller astma, men hyppigere er symptomer som øjenirritation, irritation i svælget, hovedpine og svimmelhed, hvor det er sværere at finde en direkte markør.

Imidlertid antyder resultaterne fra de eksperimentelle undersøgelser af blod fra lærerne, at det kan blive muligt at påvise en sammenhæng mellem symptomer og miljø også i praksis, men det vil kræve yderligere afprøvning. Denne vil, som omtalt under laboratorieforsøgene, kunne ske ved, at man i blodprøver fra patienter finder markører for ændringer i den immunologiske reaktion i forhold til en normalgruppe. Disse markører er såkaldte signalstoffer fra cellerne (cytokiner), hvis frigivelse til blodet øges som tegn på en aktivering af cellernes immunologiske beredskab.

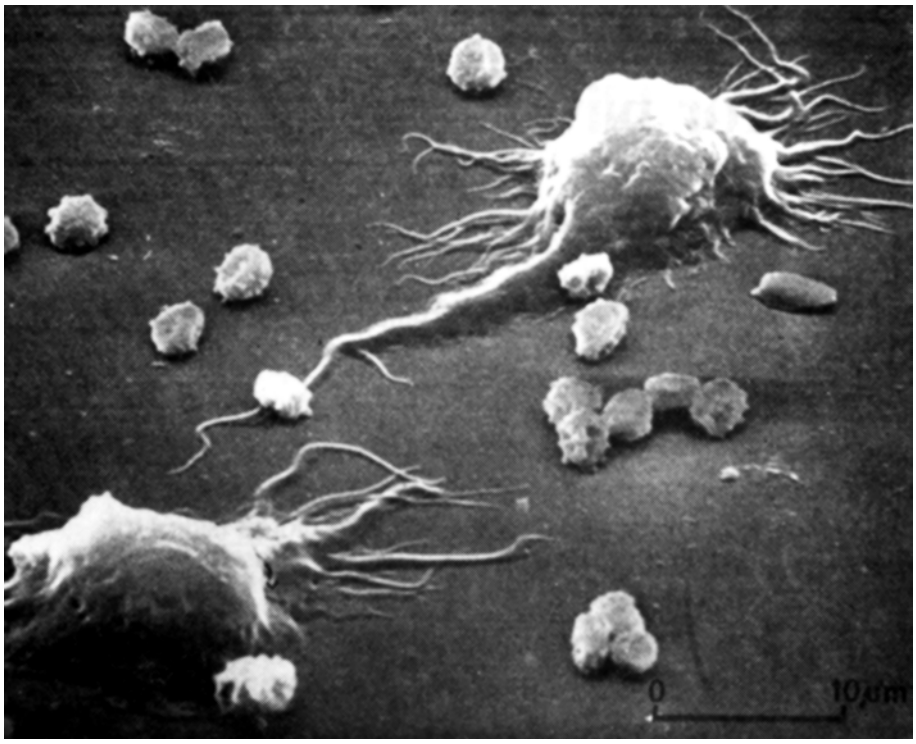


Fig. 11. Kroppen forsvarer sig. Store hvide blodlegemer (lungemakrofager) jagter partikler, som de optager og ødelægger. Samtidig sender de signalstoffer (cytokiner) til andre celler i immunapparatet, som deltager i forsvaret. Foto: Bo Holma.

Fig. 12. En plastfolie er spændt ud mellem tagspærene for at forhindre vand i at trænge ned i det underliggende rum. Når utætheden opdages, er det bedre at tætne taget med det samme end at forsøge med andre afværgeforanstaltninger.
Foto: Søren Skibstrup Eriksen.

Fig. 13. Ved den tekniske gennemgang af skolerne blev der konstateret mange tilfælde af vækst af skimmelsvampe i tagrum forårsaget af vandgennemtrængning fra utætte og nedslidte tage.
Foto: Søren Skibstrup Eriksen.

Fig. 14 a og 14 b. Ved badeværelser er der ofte stor risiko for utætheder ved overgangen mellem væg og gulv og ved rørgennemføringer. Konsekvensen er kraftig vækst af såvel synlig som ikke synlig skimmelsvampevækst i konstruktionerne. Foto: Peter Thompson.

Fig. 15. Gipsplade med skimmelvækst fra en væg. Der kan trænge store mængder vand ind i vægkonstruktioner med hulrum. Konstruktionerne er længe om at blive tørre igen, og det er derfor vanskeligt at undgå vækst af skimmelsvampe.
Foto: Kristian Fog Nielsen.

Fig. 16. Et af skimmelsvampes foretrukne materialer at vokse på er tapet, som indeholder cellulose og tapetlim, der ofte er stivelsesholdigt. Derfor går det rigtigt galt, når materialerne bliver våde.
Foto: Annette Olsen.

Skimmelsvampe og bygninger

De vigtigste byggetekniske resultater

Forekomsten af skimmelsvampe

- Der er 15-20 % af danske boliger, hvor der er synlige tegn på fugt eller skimmel, men ved en stikprøve i lejelejligheder med måling af skimmelvækst viste det sig, at kun ca.13 % havde synlig vækst. Udbredelsen af væksten var dog generelt lille.
- En opgørelse af folkeskolers forekomst af fugt og skimmel, baseret på oplysninger fra kommunerne, viste, at 9 % havde fugtskader, mens 20 % havde haft. En stikprøve viste imidlertid, at der i halvdelen af skolerne var fugtskader alligevel. Men fugtskaderne var generelt af begrænset omfang og fandtes primært i tagkonstruktionerne.
- Tagkonstruktioner er generelt sårbare pga. af manglende vedligeholdelse, men især når de har komplicerede tagudformninger, der er følsomme for forkert udførelse eller forkert projektering. Sårbare konstruktioner er også baderum med lette konstruktioner, kælderkonstruktioner, fx krybekældre samt ældre byggerier med opstigende grundfugt og dårligt vedligeholdte facader.
- Skoler eller andre bygninger, der får fugtskader, får ikke nødvendigvis skimmelsvampeproblemer. Det afhænger af opfugtningstid, de anvendte materialers modstandsdygtighed mod skimmelangreb, og om de er forurenede allerede ved indbygningen. Fugtige materialer vil dog altid udgøre en risiko.

Skimmelsvampe og byggematerialer

- Forsøg har vist, at træ, træbaserede materialer og tapet er de mindst modstandsdygtige byggematerialer over for skimmelvækst.
- Puds og beton kan få vækst af skimmelsvamp, men det kræver høj fugtighed, helst 95 % RH, for at materialets lille indhold af organisk stof kan give egnede vækstforhold.
- Der er udviklet to metoder, med hvilke man nu hurtigt kan karakterisere skimmelsvampe og beskrive deres vækst i bygninger.
- Der er etableret en bedre forståelse for skimmelsvampes spredning i bygninger og dermed også forståelse for påvirkningen af personer indendørs. Der har bl.a. vist sig stor forskel på, hvor let skimmelsvampesporer afgives og spredes til luften i lokaler. Det viste sig også, at der fra skimmelsvampene afgives endnu mindre partikler, som lettere når ned i lungerne, end sporerne gør.
- Nærmere studier af svampen *Stachybotrys chartarum*, som er kendt for at producere bestemte giftige stofskifteprodukter (satrotoksiner) under vækst i bygninger, har vist, at kun 40 % af de undersøgte isolater producerede disse stoffer. De producerede dog alle et andet giftstof.

Fig. 17. I beton findes meget lidt organisk stof. Derfor kræves en meget høj fugtighed (helst 95 % RH) for at give gode vækstbetingelser for skimmelsvampe.
Foto: Jan Carl Westphall.

Fig. 18. *Stachybotrys chartarum* fremkommer på materialer med høj fugtighed (> 90 % RH). I byggebranchen har den været et problem på meget våde gipsplader. Under væksten kan den producere flere giftige stoffer, hvis betydning for helbredet i de mængder, der kan forekomme i bygninger dog ikke er tilstrækkelig undersøgt . Foto: Kristian Fog Nielsen.

De byggetekniske undersøgelser

De fleste byggetekniske undersøgelser i programmet blev udført i 15 skoler. Skolerne blev udvalgt efter henvendelsen til samtlige kommunale myndigheder m.fl. over hele landet (ekskl. København, der netop havde været undersøgt) via spørgeskema/telefoninterview. Fra 1523 (94 %) skoler forelå oplysninger om fugt og skimmel mm. 20 % havde tidligere haft vandskader. Af de 9 % (130 skoler), som kommunerne angav havde fugtproblemer, var 42 allerede under renovering eller stod for at skulle renoveres og kunne derfor af etiske grunde ikke indgå i undersøgelsen, da det ville have forsinket renoveringen. Dette betyder muligvis, at man gik glip af ”worst case” skolerne. I forbindelse med udvælgelsen af egnede skoler, viste det sig, at over halvdelen af de 28 skoler, der var oplyst som værende uden vandskader alligevel havde vandskader.

I de 15 udvalgte skoler indgik 28 forskellige bygninger og i alt 107 lokaler med varierende forekomst af fugt og skimmelvækst i undersøgelsen.

Skimmelsvampe i indeklimaet

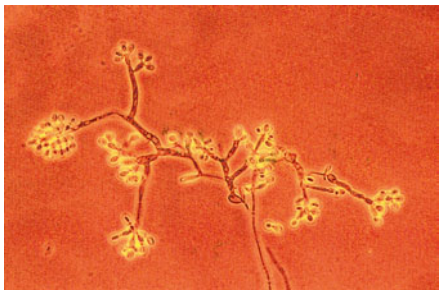


Fig. 19. En skimmelsvamp med sporer og hyfetråde, der danner et sammenhængende mycelium.
Foto: Robert Samson.

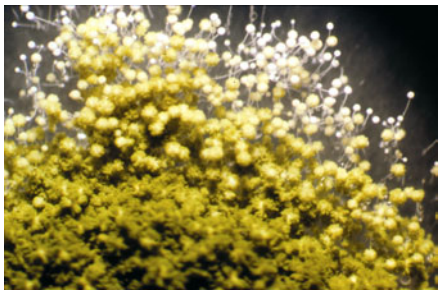


Fig. 20. *Aspergillus ochraceus* på tapet, hvor svampens sporer har slået sig ned og fundet passende betingelser for spiring og vækst med ny sporedannelse. Foto: Suzanne Gravesen.

Mange af de skimmelsvampe, som findes, forekommer både udendørs og indendørs. Skimmelsvampe formerer sig med sporer og breder sig ved hjælp af et netværk af tråde (hyfer), der udgør myceliet.

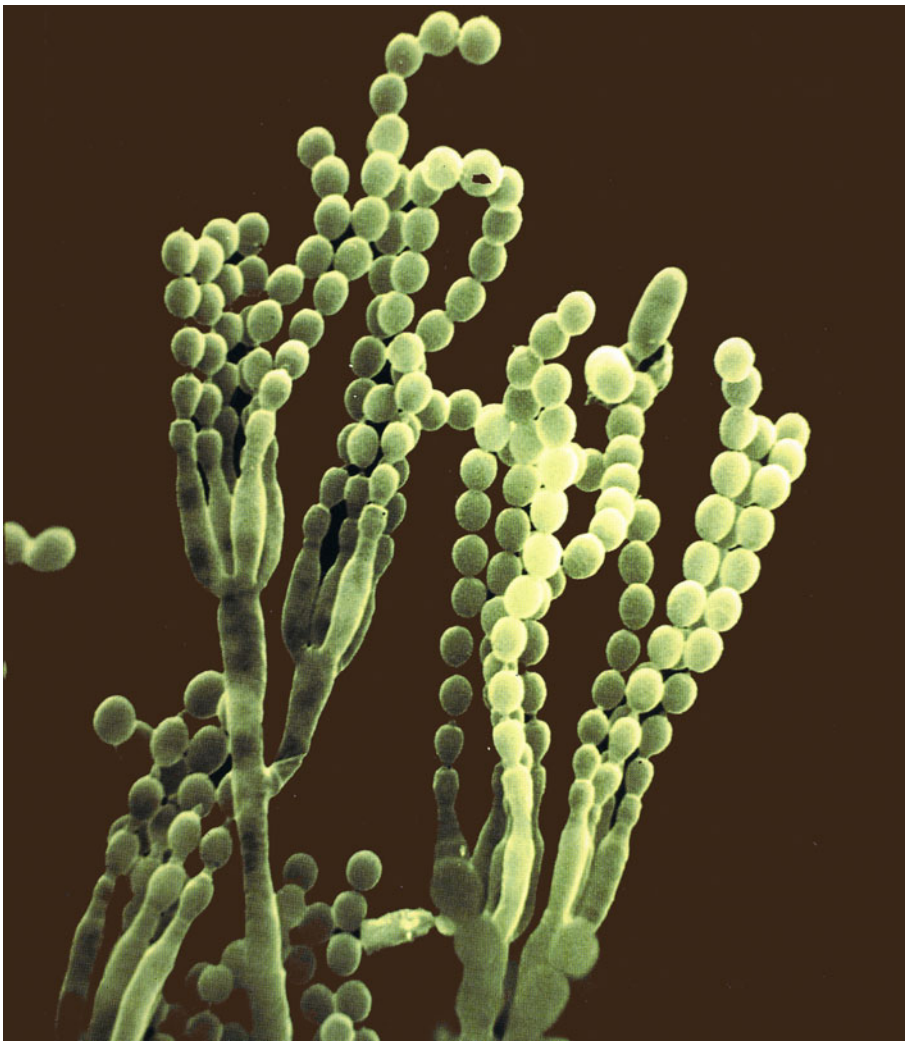


Fig. 21. Skimmelsvampen *Penicillium chrysogenum* fotograferet i scanning elektron mikroskop. Den findes meget hyppigt på byggematerialer. Den kan frigøre sine sporer både enkeltvis eller i kæder. Sporerne er meget vandafvisende (hydrofobe) og vil derfor i mindre grad frigøres som svævestøv, når materialefugten eller rumfugten er høj. Forstørrelse: ca 2400 gange. Foto: Robert Samson.

I bygninger uden fugtproblemer varierer mængde og arter med forekomsten udendørs, hvilket betyder, at der i en bygning, som i øvrigt ikke er skimmelinficeret, er flest svampesporer i sensommeren og det tidlige efterår.

I fugtige bygninger vokser skimmelsvampene på overflader af materialer og udvikler en særlig svampesammensætning afhængig af temperatur, materialernes fugt og beskaffenhed.

I fagsproget bruges ofte begreberne: "primære, sekundære og tertiære kolonisatorer" for grupper af skimmelsvampe, der kan vokse ved hhv. lav, middel og høj fugtighed inden for området fra ca. 75 % til 100 % relativ fugtighed på materialernes overflader.

Skimmelsvampene vokser i bygninger både på synlige, fugtige overflader og på skjulte, fugtige overflader i hulrum, herunder også i ventilationsanlæg. De forekommer endvidere i luften i form af sporer eller dele af hyfer, som kæder eller klumper af sporer eller eventuelt vedhæftet større partikler, fx i husstøv. Partiklerne føres rundt i bygningerne med luftstrømninger og aflejres på overflader. Sporerne spirer og begynder at gro, hvis der er de rette betingelser. Afgørende for væksten er, at der er fugt tilstede, idet de øvrige livsbetingelser, organisk materiale (fx træ, papir, lim) og en passende temperatur næsten altid er til stede i bygninger.

En del af skimmelsvampene afgiver under væksten gasser, som er luftformige stofskifteprodukter fra svampene. De har ofte en karakteristisk og ubehagelig lugt, som kan hænge i tøj og tekstiler og kan trænge igennem bygningskonstruktionerne, selv gennem dampspærrer af plast.

Skimmelsvampevækst resulterer ikke automatisk i forhøjede koncentrationer af luftbårne sporer i indeluften, enten fordi væksten er lukket inde i bygningskonstruktioner, fx under gulve eller i isoleringsmaterialer, eller fordi materialefugten eller luftfugtigheden er så høj, at det forhindrer sporefrigivelsen.

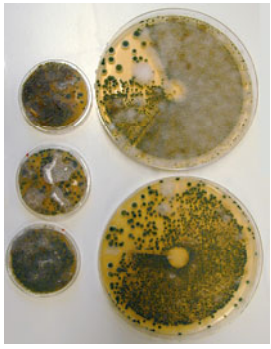


Fig. 22. De to store dyrkningsplader viser svampe opsamlet i luften i et meget forurenet indeklima. De opsamlede svampesporer er vokset frem til kolonier. Væksten på de tre små plader (kontaktplader) er fremkommmet efter at aftryk er taget på skimmelforurenede byggematerialer i rummet. Foto: Lisbeth Larsen.

Fig. 23-27. Foto: Jens Frisvad/ Suzanne Gravesen

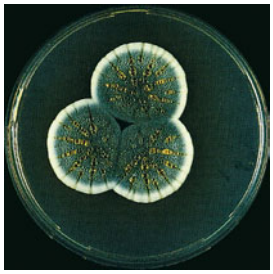


Fig. 23. *Penicillium chrysogenum.*

Fig. 24. *Cladosporium herbarum.*

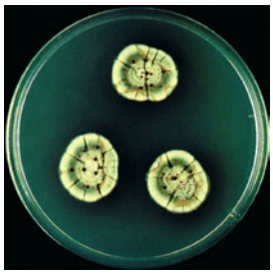


Fig. 25. *Aspergillus versicolor*

Fig. 26. *Alternaria sp.*

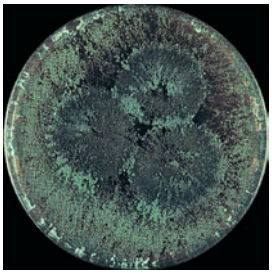


Fig. 27. *Trichoderma harzianum.*

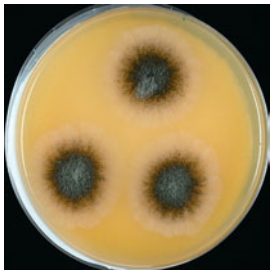


Fig. 28. *Stachybotrys chartarum.* Foto: Kristian Fog Nielsen

På trods af at udsættelse for skimmelsvampe hovedsagelig sker ved indånding, er måling af mikroorganismer i luften alene normalt et dårligt redskab til at dokumentere vækst af skimmel, fordi eksponeringen tidsmæssigt svinger meget. I stedet bør materialerne eller installationerne, der kan være forurenede, først undersøges.

Støvet i bygninger indeholder også skimmelsvampesporer og myceliere-ster, og mængden af dette indhold har vist sig at være en god indikator for eksponering for skimmelsvampe.

Hvilke skimmelsvampe forekommer i bygninger?

I fugtskadede bygninger ses hyppigst de samme ca.15 forskellige skimmelsvampeslægter. Forskningsprogrammet og tidligere undersøgelsers resultater har vist, at slægten *Penicillium (chrysogenum)* er den hyppigste slægt både i indeluften, i støv og på materialer med vækst af skimmelsvampe.

Denne skimmelsvamp følges af *Cladosporium (C. sphaerospermum* og *C. herbarum)* både i luften, i støv og på træbaserede materialer. I undersøgelsen var *Cladosporium sphaerospermum* knyttet til indeklimasymptomer hos lærerne, uanset om de arbejdede i en skole med eller uden fugt og skimmel.

Cladosporium er den skimmelsvampeslægt, der er hyppigst forekommende, når det er højsæson for skimmelsvampe udendørs, dvs. i sensommeren og den første del af efteråret.

På andre materialer forekommer efter *Penicillium* oftest *Aspergillus* (*versicolor*). Dernæst kommer *Alternaria*, når det drejer sig om luft og støv. *Alternaria* er også blandt de hyppigste udendørs skimmelsvampe, hvorimod *Aspergillus* og *Penicillium* er mindre hyppig i udeluften og repræsenterer de indendørs svampe.(Læs mere om skimmelsvampenes forekomst på byggematerialer i dokumentationsrapporten).

Disse skimmelsvampe tilhører de primære kolonisatorer, der kan begynde at vokse ved omkring 75 % relativ fugtighed.

Naturligt nok forekommer de skimmelsvampe, der kræver højere fugtighed (over 90 % relativ fugtighed) sjældnere, nemlig hvor der er eller har været fugtskader. Karakteristisk for de fugtkrævende svampe er, at mange af dem er særdeles biologisk aktive og tillige under særlige forhold producerer mykotoksiner, som er giftige stofskifteprodukter fra svampen. Vigtige svampe i den sammenhæng er *Chaetomium, Trichoderma* og *Ulocladium.*

Stachybotrys chartarum er ligeledes en af de svampe, der kan være meget giftig. Den er blevet nærmere undersøgt og karakteriseret i dette program, fordi den bl.a. i USA er anset for at kunne give anledning til særligt alvorlige symptomer. Man har undersøgt en række forskellige kulturer (isolater) af *Stachybotrys chartarum.* Et vigtigt resultat var, at der var forskel på de forskellige kulturers stofskifte. Kun 40 % af de undersøgte *Stachybotrys* kulturer producerede det meget giftige stofskifteprodukt, som benævnes satratoksin. Derimod producerer alle de kulturer, man har set på af denne svamp altid en anden type giftstoffer (spiriocykliske drimaner).

Stachybotrys, som foretrækker at vokse på meget våde gipskartonplader, forekom ikke i de skoler, der indgik i skimmelsvampeprogrammet, primært fordi der i bygningerne ikke var brugt gipskartonplader, som i opfugtet tilstand er denne svamps foretrukne dyrkningsmedium. Heraf følger, at det ikke var muligt at registrere eventuelt alvorligere symptomer i forbindelse med udsættelse for denne svamp.

Selv om der endnu ikke er klare beviser for de meget fugtkrævende svampes kraftigere effekt på mennesket under de eksponeringer, man udsættes for i indeklimaet, må det anbefales at anvende forsigtighedsprincippet, dvs. man skal undgå eksponering for sådanne skimmelsvampe.

Hvad vokser skimmelsvampe på i bygningerne?

Resultaterne fra skimmelsvampeprogrammet og fra de mange mikrobiologiske undersøgelser af materialer med formodet fugtskade, som er foretaget i Danmark op gennem 90'erne viser, at *Penicillium* er fundet på ca. en fjerdedel af de træbaserede prøver.

I de tidligere undersøgelser er *Stachybotrys* totalt fundet på ca. en tiendedel af prøver taget på gipskartonplader, der er det materiale, der i opfugtet tilstand er mest følsomt /eller mindst modstandsdygtigt overfor denne svamp.

Resultaterne af de eksperimentelle undersøgelser af materialers modstandsdygtighed, som er en del af programmet, viser at ubehandlet træ og træbaserede materialer er de mest følsomme materialer for vækst, mens puds og beton kræver væsentlig højere fugtighed, helst 95 % RH, for at materialets lille indhold af organisk materiale kan give egnede vækstforhold. Både højere temperatur, ru overflader og støv fremmer generelt væksten. I By og Byg Anvisning "Undersøgelse og vurdering af fugt og skimmelsvampe i bygninger" (Valbjørn, in press) findes en liste over skimmelsvampe i danske bygninger.

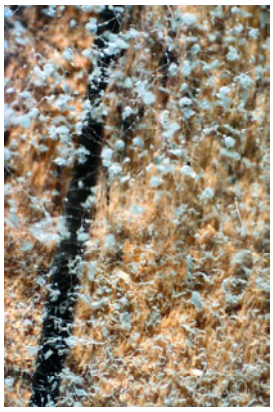


Fig. 29. Vækstforsøg med *Penicillium* på ubehandlet træ. Foto: Jan Carl Westphall.

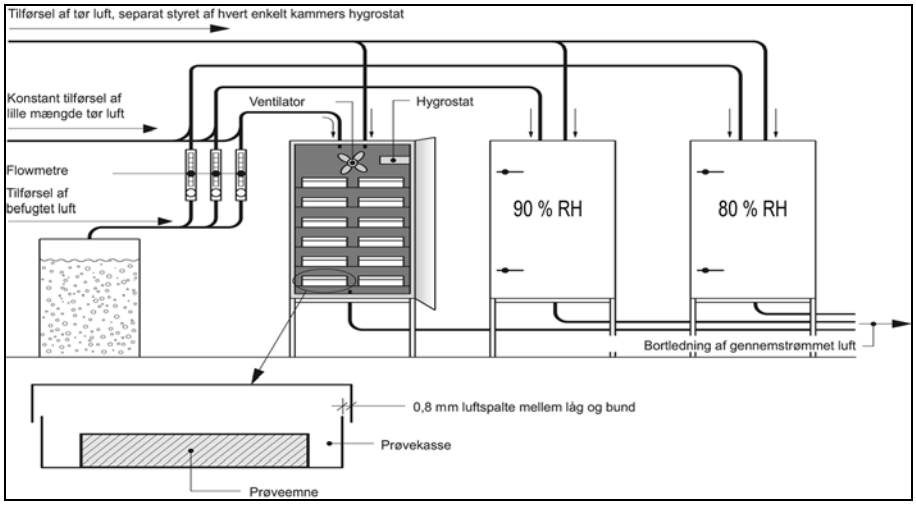


Fig. 30. I laboratorieopstillingen var det muligt at afprøve materialernes modstandsevne mod vækst af skimmelsvampe ved tre forskellige fugtighedsgrader.

Der er udarbejdet en foreløbig oversigt over materialernes betydning for skimmelsvampenes vækstforhold. Dette er væsentligt ved risikovurdering, ved valg af materialer og ved beslutning om saneringstiltag. Denne viden kan i fremtiden anvendes i beregningsprogrammer til at forudsige, hvor hyppigt en konstruktion vil have materialer, hvor vækst kan opstå, så det kan angives, hvor modstandsdygtig den vil være over for fugtskader.

Der er behov for videre studier af disse forhold under de dynamiske forhold, herunder vekslende fugtigheder, som forekommer i mange konstruktioner, for at kunne bedømme konstruktionernes risiko for vækst af skimmel mere kvalificeret end det er muligt i dag.

Fig. 31. Vandskadet vindgips er hyppigt angrebet af skimmelsvampe. Foto: Peter Thompson.

Hvordan udsættes man for skimmelsvampe?

Det har været væsentligt i programmet at etablere en forståelse for, hvordan personer bliver udsat for skimmelsvampe i indeklimaet, fordi der er rapporteret vidt forskellige sammenhænge og undertiden ingen sammenhænge mellem udsættelse for skimmelsvampe og sundhedsmæssige effekter.

Gennem en række laboratoriemæssige og feltmæssige undersøgelser er der i løbet af programmet under projekt 4: "Personers udsættelse for skimmelsvampe" (Fra væg til næse) opnået en god forståelse for vejene til at blive udsat for skimmelsvamp.

Fig. 32. Laboratorieopstilling til brug for afprøvning af forskellige materialers modstandsevne mod vækst af skimmelsvampe under veldefinerede forhold.

Der blev her udviklet en metode (P-FLEC) til forskningsmæssige undersøgelser af afgivelse af partikler fra skimmelsvampe i afhængighed af temperatur, fugt og lufthastighed.

Det blev bekræftet, at jo mere tørt, der er, jo mere vil frigørelsen af både sporer og hyferester øges hos den type svampe, der oftest findes indendørs.

Da skimmelsvampesporerne bevarer deres biologiske aktivitet, fx deres allergifremkaldende stoffer også efter udtørring, og lettere frigives til luften jo tørre de er, kan dette være med til forklare, hvorfor selv udtørrede skimmelsvampe kan være særdeles aktive i eksponeringen.

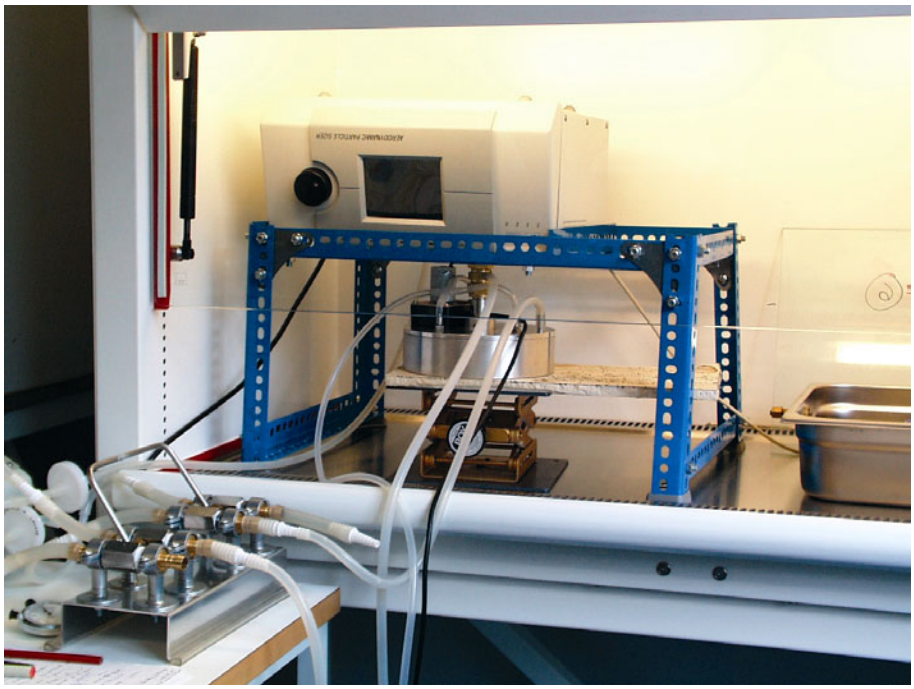


Fig. 33. Opstilling med en P-FLEC (Particle Field and Laboratory Emission Cell) der i programmet blev udviklet til måling af partikelafgivelse fra skimmelsvampe.
Foto: Jan Kildesø.

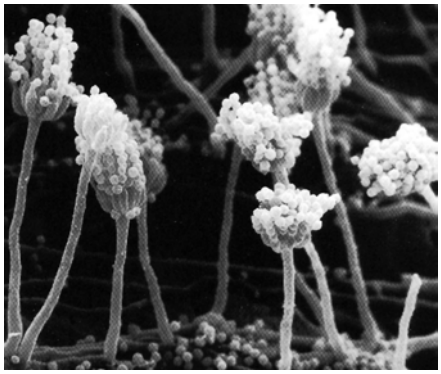
Eksperimenterne med P-FLEC'en, dokumenterer endvidere, at sporefrigørelsen fra skimmelsvampe i vækst er meget forskellig fra slægt til slægt. Der blev registreret en helt ny og måske meget vigtig iagttagelse: At der sammen med svampesporerne blev frigivet partikler langt mindre end sporerne, dvs mindre end 1µm. Dette kan muligvis have betydning for sygdomsudvikling i lighed med den risiko, man taler om, fx i forbindelse med udsættelse for dieselpartikler.

Disse forsøg kan forklare, at der i undersøgelsen af skimmelsvampe og sygelighed i skoler ikke klart viste sig en sammenhæng mellem skimmelsvampe i vækst på konstruktioner og skimmelsvampe i bygningernes støv og dermed symptomer, idet eksponeringsvejen først og fremmest synes at være vækst på materiale, svampeafgivelse til støv og endelig ophvirvling af støv til indåndingszonen.

Gennem laboratorie- og feltundersøgelser er det vist, at sporer og hyfer, der måtte afgives, føres med de almindeligt forekommende luftstrømme i bygninger. Dette kan ske i opholdsrummene grundet bevægelse af personer o.l., men også gennem utætheder til lukkede rum, tagkonstruktioner og gulve eller kælderkonstruktioner.

I en undersøgelse uden for skimmelsvampeprogrammet viste et forsøg med at trampe på trægulve med udtørrede skimmelsvampe under gulvet, at der skulle ekstrem stor påvirkning til i form af hop og tramp for at pumpe skimmelsvampesporer gennem utætheder op i rumluften.

Andre forsøg, ligeledes udenfor programmet, har vist, at den opadstigende luftstrøm op langs personer på grund af varme øger den personlige eksponering for partikler i forhold til den gennemsnitlige eksponering i et rum. Da partikler vil have tendens til at lægge sig på især gulvoverflader, ligesom der indslæbes støv udefra, spiller gulves koncentration af skimmelsvampe derfor en stor rolle for eksponeringen.



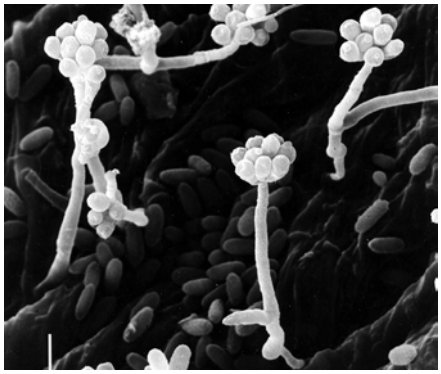


Fig. 34 og 35. På disse scanning elektroniske mikroskopi billeder af henholdsvis *Penicillium* og *Stachybotrys* kan man næsten fornemme, hvor løst sporerne fra *Penicillium* sidder og dermed kan afgives til omgivelserne, hvis luften og materialet er tørt. Sporerne fra *Stachybotrys* har derimod langt sværere ved at blive en del af svævestøvet. Forstørrelse ca. 1500 gange. Fotos: Robert Samson.

Hvordan foregår opsporing og analyse af skimmelsvampe i bygninger?

En af de almindeligst brugte metoder til påvisning af skimmelsvampe har været at foretage tælling og identifikation af de skimmelsvampe, der findes indendørs, enten i luften eller på overflader. Dertil findes en række detektions- og analysemetoder. Disse er blevet brugt til at understøtte beslutninger om, i hvor høj grad forekomsten af skimmelsvampe var kritisk, og i nogen grad til at vurdere om en eventuel sanering var tilstrækkeligt omhyggeligt udført. Problemet har været at få standardiserede metoder, som kunne give et hurtigere resultat end en traditionel aftryksmetode, som kræver 5-7 dages dyrkning af disse aftryk og samtidig at få et bedre udtryk for, om der var tale om aflejrede sporer på en overflade eller vækst af skimmel. Aftryksmetoden er udviklet til brug for identifikation af skimmelsvampene, men har tillige tjent som et meget groft mål for vækstens udbredelse.

I dette skimmelsvampeprogram er der udviklet en praktisk og hurtig metode, der kan vise, hvor meget skimmelsvampemateriale (biomasse), der findes på en given overflade. Desuden kan man ved hjælp af metoden i de fleste tilfælde afgøre, om der er tale om egentlig skimmelsvampevækst på en overflade eller blot skimmelsporer ophobet i støv. Metoden er kommercielt tilgængelig og har fået navnet Mycometer-test™.

Parallelt med mycometertesten er der på laboratorieplan udviklet en anden hurtigmetode, der ved hjælp af DNA analyser på een dag vil kunne påvise, hvilke skimmelsvampe der er på materialerne. En færdigudvikling af metoden til brug i praksis søges gennemført efter programmets afslutning, hvis midler kan findes.

Endelig er det forsøgt at udvikle en hurtigmetode, som er baseret på, at afgasninger fra skimmelsvampe i vækst afgiver stoffer, som er så specifikke, at en luftmåling skulle kunne identificere de forekommende skimmelsvampe. En fordel ved anvendelse af denne metode kan være muligheden for at afsløre vækst i svært tilgængelige hulrum i en bygning. Der blev fundet stoffer som var karakteristiske, men som også varierede efter, hvilke byggematerialer skimmelsvampene voksede på. Der har ikke været mulighed for at udvikle dette yderligere inden for programmets økonomiske og tidsmæssige ramme.

Fig. 36. Prøvetagning ved hjælp af Mycometer-testen ™, som blev udviklet i forbindelse med programmet.
Foto: Morten Reeslev.

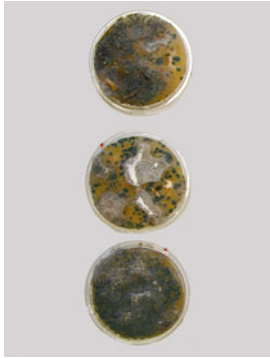


Fig. 37. 5cm dyrkningsplader med svampemedium til aftryk på overflader (kontaktplader).
Foto: Lisbeth Larsen.

Fig. 38. Den DNA baserede hurtigmetode til identifikation af skimmelsvampe. Til analyserne bruges små DNA plastik-chips.
Foto: Pernille Skouboe.

Undersøgelse, vurdering og sanering af skimmelsvampe i bygninger

Et vigtigt projekt i skimmelsvampeprogrammet var at få indsamlet erfaringer og tilstrækkelig viden til at udarbejde vejledninger til, hvordan man undersøger og måler forekomst af skimmelsvampe i bygninger og til at vurdere resultaterne til brug for en efterfølgende renovering. Der er nu udarbejdet et manuskript til en anvisning, der beskriver fremgangsmåden og de forskellige målestrategier. Desuden er der en anvisning under udarbejdelse om de fordele og ulemper, der er ved forskellige måder at fjerne skimmelsvampe på og kriterier for, hvordan man kontrollerer resultatet.

Disse anvisninger er baseret på en lang række af skimmmelsvamprogrammets resultater og er udarbejdet i samarbejde med repræsentanter for de teknikere (Erfa-gruppen), som direkte skal bruge anvisningerne.

Den første anvisning (Valbjørn, in press) giver konkrete checklister og skemaer til brug for systematiske undersøgelser i felten. Dernæst indeholder den en vejledning i at foretage målinger af fugt og skimmelsvampe, og i hvorledes resultaterne kan tolkes. Som baggrund for denne tolkning er der givet tabeller, der hjælper undersøgeren med oplysninger om, fx forventede fugtforhold, i afhængighed af årstiden og forventede vækstforhold for forskellige materialer.

By og Byg Anvisning "Sanering af skimmelsvampevækst i bygninger" (Koch & Nielsen, in press) indeholder foruden en diskussion af forskellige saneringsmetoder og deres egnethed til forskellige konstruktioner og materialer, en vejledning i beslutningsgrundlaget, sikkerhedsforanstaltninger og kvalitetskontrol.

Fig. 39 a og 39 b. Pladen til en tagkassette har ligget på jorden, hvor nogen har trådt på den. Under transporten er pladen blevet opfugtet, hvorefter skimmelsvampe har kunnet vokse frem efter at tagkassetten er blevet monteret. Foto: Peter Thompson.

Formidling af resultaterne

Information om forskningsprogrammet

Både den videnskabelige kommunikation, den faglige formidling og formidlingen til lægfolk har været højt prioriteret i Skimmelsvampeprogrammet. Den videnskabelig kommunikation er foregået og foregår fortsat ved publicering i anerkendte internationale tidsskrifter med fagligt bedømmersystem. Den faglige kommunikation har fundet sted ved kurser, konferencer og workshops, i rapporter, fagtidsskrifter og via artikler i danske fagblade samt gennem flere af de deltagende institutters hjemmesider. Formidlingen til lægfolk er foregået via pjecer, i populære tidsskrifter, aviser og tv.

Information om programmet blev udsendt via By og Bygs hjemmeside og nyhedsbreve til byggebranchen, statslige, kommunale og amtslige myndigheder, sundhedsmyndigheder samt til dagspressen. Programmets resultater vil blive formidlet via By og Bygs hjemmeside, samt gennem artikler, pressemeddelelser og lign.

Pjecer og video

Der er udarbejdet og udsendt 2 pjecer med information om sammenhængen mellem fugt og skimmelsvampevækst og med råd om, hvorledes vækst af skimmelsvampe bør håndteres. Pjecerne blev udarbejdet i samarbejde med Boligselskabernes Landsforening og Grundejernes investeringsfond og udsendt til driftsansvarlige for boligbebyggelser og til boligbrugerne i henholds-

vis ca. 40.000 og 600.000 eksemplarer. De kan endvidere ses på www.skimmel.dk.

Pjecerne følges op af en video udarbejdet af Boligselskabernes Landsforening i samarbejde med By og Byg.

Der er endvidere udarbejdet forslag til yderligere to pjecer.

Den ene handler om betydningen af at holde materialer, støbte konstruktioner og kældre tørre under byggeprocessen og lade bygninger tørre ud inden indflytning. Denne er henvendt til ansvarlige for byggepladsens organisering og bygningers udførelse samt til bygningshåndværkere.

Den anden pjece til praktiserende læger handler om den sundhedsmæssige betydning af eksponering for skimmelsvampe med råd om, hvorledes patientens eventuelle eksponering for skimmelsvampe kan undersøges.

Anvisninger og rapporter

En anvisning til professionelle bygningsundersøgere om metoder til undersøgelse og vurdering af resultater om fugt og skimmel i bygninger, er under udarbejdelse. (Valbjørn, in press).

Der arbejdes ligeledes på en anvisning (Koch & Nielsen, in press) til professionelle bygningsundersøgere om metoder til sanering og renovering for skimmelsvampe i bygninger.

Endelig er der, foruden nærværende rapports bredere formidling af resultaterne, udarbejdet en slutrapport, By og Byg Dokumentation 026, Resultater af Forskningsprogrammet Skimmelsvampe i bygninger,(red.: Gravesen, Nielsen, & Valbjørn, 2002), som for fagfolk behandler samtlige projekter under programmet.

Videnskabelig rapportering

Resultaterne af undersøgelserne er offentliggjort i en række videnskabelige artikler i internationale tidsskrifter, jf. efterfølgende publiceringsliste. Listens antal af publikationer indeholder de titler, der var udarbejdet eller under udarbejdelse ved redaktionens sluttidspunkt (maj 2002). Der er flere artikler under udarbejdelse. Desuden rapporteres resultaterne i den næste tid ved internationale videnskabelige møder både i Europa og USA.

Workshops

Der blev afholdt to workshops til udveksling af erfaringer mellem det danske og det finske skimmelsvampeprogram. Her var deltagere fra Skotland, Holland, USA og Sverige. Der er desuden afholdt en workshop i forbindelse med programmets gennemførelse.

Kurser

To én-dags kurser og en konference blev gennemført i samarbejde med kursusarrangører med deltagelse af personer fra byggeindustrien, bygningsmyndigheder, forsikringsselskaber, rådgivende ingeniører og arkitekter samt bedriftssundhedstjenesterne.

Indlæg ved danske og internationale møder

Der er præsenteret resultater løbende ved nationale møder, som fx Indeklimaforum, Selskab for Arbejdsmiljø, Danmarks Lærerforenings Arbejdsmiljøkursus, Dansk Selskab for Arbejds- og Miljømedicin samt internationalt ved konferencer bl.a. ved Indoor Air' 99 i Edinburgh og '02 i Monterey.

Evalueringskonference

I forbindelse med international evaluering af programmets forløb og hidtidige resultater blev der i foråret 2001 afholdt en konference med programmets deltagere og 4 udenlandske evaluatorer. Denne workshop havde også til formål at orientere alle programmets deltagere (ca. 45) på tværs af de faglige discipliner.

Publicering fra forskningsprogrammet

Peer reviewed artikler

Andersen, B., Fog Nielsen, K., & Jarvis, B. B. (2002). Characterization of *Stachybotrys* from water-damaged buildings based on morphology, growth and metabolite production. *Mycologia, 94*(3), 392-403.

Andersen, B., & Nissen, A. T. (2000). Evaluation of media for detection of *Stachybotrys* and *Chaetomium* species associated with water-damaged buildings. *International Biodeterioration and Biodegradation, 46*(2), 111-116.

Fog Nielsen, K., Hansen, M. Ø., Larsen, T. O., & Thrane, U. (1998). Production of trichothecene mycotoxins on water damaged gypsum boards in Danish buildings. *International Biodeterioration and Biodegradation, 42*, 1-7.

Fog Nielsen, K., & Thrane, U. (2001). Fast methods for screening of trichothecenes in fungal cultures using gas chromatography - tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A, 929*(1-2), 75-87.

Fog Nielsen, K., Thrane, U., Larsen, T. O., Nielsen, P. A., & Gravesen, S. (1998). *Production of mycotoxins on artificiallly inoculated building materials.* International Biodeterioration and Biodegradation, 42(1), 9-16.

Fog Nielsen, K., & Øgaard Madsen, J. (2000). Determination of ergosterol on mouldy building materials using isotope dilution and gas chromatography-tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A, 898*, 227-234.

Fog Nielsen, K., et al. (1999). Production of mykotoksins on artificially and naturally infested building materials. *Mycopathologia, 145*, 43-56.

Gravesen, S. (2000). Microbiology on Indoor Air 99: What is new and interesting? An overview of selected papers presented in Edinburgh, August 1999. *Indoor Air, 10*(2), 74-78.

Gravesen, S., Nielsen, P. A., Iversen, R., & Fog Nielsen, K. (1999). Microfungal contamination of damp buildings: Examples of risk constructions and risk materials. *Environmental Health Perspectives, 107*(Suppl 3), 505-508.

Jarvis, B. B., Hinkley, S. F., & Fog Nielsen, K. (2000) Stachybotrys: An unusual mold associated with water-damaged buildings. *Mycotoxin Research, 16A*(1), 105-108.

Jensen, K. A. & Kildesø, J. (2001). Generation of aerosols for exposure studies usingparticles released from surfaces *Journal of Aerosol Science, 32*(sup. 1), 313-318.

Wilkins, K. (2000). Volatile sesquiterpenes from *Stachybotrys chartarum*: Indicators for trichothecene producing mold species? *Environmental Science & Pollution Research, 7*(2), 77-78.

Wilkins, C. K., Fog Nielsen, K., & Din, S. U. (2002). Patterns of volatile metabolites and trichothecenes produced by *Stachybotrys* and other trichothecene production molds. *Environmental Science & Pollution Research,9*(3).

Wilkins, K., & Piecková, E. (2001). Detection of ciliostatic activity in fungal growth on building materials. *Environmental Science & Pollution Research, 9*(2), 105-106.

Følgende artikler er fremsendt til review:

Andersen, B., & Frisvad, J. C. (in press). Characterization of *Alternaria* and *Penicillium* species from similar substrata based on growth at different temperature, pH and water activity. Systematic and Applied Microbiology. (Submitted).

Andersen, B., Krøger, E., & Roberts, R. G. (in press). Chemical and morphological segregation of *Alternaria arborescens*, *A. infectoria* and *A. tenuissima* species-groups. Mycological Research. (Submitted).

Fog Nielsen, K., et al. (in press). Metabolite profiles of *Stachybotrys* isolates from water-damaged buildings and their induction of inflammatory mediators and cytotoxicity in macrophages. Mycopathologia. (Submitted).

Fog Nielsen, K., et al. (in press). Relationship between metabolite profiles of *Stachybotrys* isolates from water-damaged buildings and their induction of inflammatory mediators and cytotoxicity in macrophages. Mycopathologia. (Submitted).

Fog Nielsen, K., Nielsen, P. A., Holm, G., & Uttrup, L. P. (in press). Mold growth on building materials: The influence of humidity and temperature on fungal growth, diversity and secondary metabolism. Applied and Environmental Microbiology. (Submitted).

Kildesø, J., et al. (in press). Determination of fungal spore release from wet building materials. Indoor Air. (Submitted).

Krause, J. D., & Hammad, Y. Y. (in press). Measuring the efficacy of mold remediation on contaminated ductwork. Indoor Air. (Submitted).

Peltola, J., et al. The boar sperm cell motility inhibition, potential for trichothecene production, and RAPD analysis of *Stachybotrys chartarum* isolates. Systematic and Applied Microbiology. (Submitted).

Reeslev, M., Miller, M., & Fog Nielsen, K. (in press). Quantifying mold biomass on gypsum board: A comparison ofeergosterol and beta-N-acetylhexosaminidase as mold biomass parameters. Applied and Environmental Microbiology. (Submitted).

Følgende artikler er under forberedelse

Bruun Plesner, K., Sigsgaard, T., Doekes, G., Høst, A., & The DAMIB Group. (in prep.). The relationship between allergens in the home environment and the prevalence of allergic diseases in young Danish school children.

Bruun Plesner, K., et al. (in prep.). The relationship between the school environment and the relevance of allergic diseases in young Danish school children.

Krüger, T., Sigsgaard, T., & Bonefeld-Jørgensen, E. C. (in prep.). Cytokine release and mRNA activation after incubation in the whole blood assay with moulds from water damaged schools in a panel of 10 atopics and 10 non-atopics.

Sigsgaard, T., Krüger, T., Meyer, H. W., & Bonefeld-Jørgensen, E. C. (in prep.). The relationship btw cytokine release, gene activitation in whole blood assay and symptoms in school teachers during work in school buildings.

Artikler

Fog Nielsen, K. (1998). Mykotoksinproduktion på vandskadede byggematerialer. *Dansk Kemi, 79*(67), 30-34.

Fog Nielsen, K. (1999). Mykotoksiner og biologisk aktive stoffer i vandskadede bygninger. *Miljø og Sundhed, 5*(10), 4-9.

Thrane, U., Andersen, B., & Fog Nielsen, K. (2001). Skimmelsvampe og indeklimakvalitet. *Dansk Kemi, 82*(2), 33-35.

Valbjørn, O. (1998). Skimmelsvampe i bygninger [Moulds in buildings]. *VVS 34*(12), 22-24. (In Danish).

Valbjørn, O. (1998). Sygdom, skimmelsvampe og våde bygninger [Health, moulds and wet buildings]. *Stads- og Havneingeniøren, 89*(8), 96-98. (In Danish).

Konferencebidrag

Andersen, B., & Frisvad, J. C. (1999). *Physiological and chemical studies of Alternaria and Penicillium isolates from similar habitats*. Poster presented at IX th International Congress of Mycology, Sydney, August 1999.

Andersen, B., & Nissen, C. (1999). *Characterizing of Stachybotrys species from water damaged buildings*. Poster presented at IX th. International Congress of Mycology, Sydney, August 1999.

Andersen, B., & Roberts, R. G. (1999). *Chemical and morphological segregation of small-spored Alternaria and species groups*. Poster presented at IX th International Congress of Mycology, Sydney, August 1999.

Danish Building Research Institute. (1999). *Danish-Finnish Workshop: Moulds in buildings, held on Rungstedgaard, October 7-8, 1999, Hørsholm, Denmark.* Hørsholm.

Ebbehøj, N. E., Svensson, A. L., Meyer, H. W., Valbjørn, O. & The DAMIB-group. (in press). Lung function and symptoms in damp and mouldy buildings. In *Indoor Air 2002, The 9th International Conference on Indoor air Quality and Climate, June 30-July 5, 2002, Monterey, California*.

Fog Nielsen, K., Nielsen, P. A., & Holm, G. (2000). Growth of moulds on building materials under different humidities. In O. Seppänen, & J. Säteri (Eds.), *Healthy Buildings 2000, August 6-10, 2000, Espoo, Finland : Exposure, Human Responses and Building Investigations, Proceedings,* Vol. 3 (pp. 283-288). Helsinki: SYI Indoor Air Information Oy.

Johanning, E., Gareis, M., Fog Nielsen, K., Dietrich, R. & Märtlbauer, E. (in press). Airborne mycotoxin sampling and screening analysis. In *Indoor Air 2002, The 9 th International Conference on Indoor air Quality and Climate, June 30-July 5, 2002, Monterey, California*.

Indoor Air ´93, Proceedings of the 6 th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Helsinki, Finland, July 4-8, 1993, Vol. 4 (pp. 311-316). Helsinki: Helsinki University of Technology, Laboratory of Heating, Ventilating and Air Conditioning.

Kildesø, J., et al. (2000). The release of fungal spores from water damaged building materials. In O. Seppänen, & J. Säteri (Eds.), *Healthy Buildings 2000: Exposure, Human Responses and Building Investigations, Proceedings, Vol. 1* (pp. 313-318). SYI Indoor Air Information Oy, Helsinki.

Kildesø, J., & Fog Nielsen, K. (1999). Quantification of the release of fungal spores from water damaged platerboards. In *Danish-Finnish Workshop: Moulds in buildings, held on Rungstedgaard, October 7-8, 1999, Hørsholm, Denmark*. Hørsholm: Danish Building Research Institute.

Krause, J. D., & Hammad, Y. Y. (in press.). Measuring the efficacy of mold remediation on contaminated ductwork. In Indoor Air 2002, The 9th International Conference on Indoor air Quality and Climate, June 30-July 5, 2002, Monterey, California.

Meyer, H. W., et al. (in press). Double blind placebo controlled exposure to moulds. In *Indoor Air 2002, The 9 th International Conference on Indoor air Quality and Climate, June 30-July 5, 2002, Monterey, California*.

Meyer, H. W., Würtz, H., Valbjørn, O., & Gyntelberg, F. (in press). Moulds and health - an epidemiological study. In *Indoor Air 2002, The 9th International Conference on Indoor air Quality and Climate, June 30-July 5, 2002, Monterey, California*.

Reeslev, M., & Miller, M. (2000). The Mycometer-test: A new rapid method for detection and quantification of moulds in buildings. In O. Seppänen, & J. Säteri (Eds.), *Healthy Buildings 2000, August 6-10, 2000, Espoo, Finland : Exposure, Human Responses and Building Investigations, Proceedings, Vol. 1* (pp. 589-590). Helsinki: SYI Indoor Air Information Oy.

Sigsgaard, T., Bruun Plesner, K., Høst, A., Meyer, H. W., & Würtz, H. (in press). Bronchial hyperresponsiveness is associated to LPS concentration in classrooms of 6-10 year old school children. European Respiratory Society. (Submitted).

Sigsgaard, T., et al. (in press). Moulds in the dust collector and health children aged 7-10. In *Indoor Air 2002, The 9th International Conference on Indoor air Quality and Climate, June 30-July 5, 2002, Monterey, California*.

Valbjørn, O., Skibstrup Eriksen, S., & Meyer, H. W. (1999). Water damages in Danish schools. In *Indoor air '99, The 8th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Edinburgh, Scotland, 8-13 August 1999. Vol 2* (pp. 562-563).

Wilkins, K. (2000). *Volatile metabolite patterns for the identification of common indoor mold species*. Poster presented at The 23rd Int. Symp. on Capillary Chromatography, June 5-10, 2000, Riva del Garde.

Wilkins, K., Fog Nielsen, K., Hoekstra, E., & Larsen, K. (1999). MVOC analysis for detection of microbial growth in buildings. I. Variation of MVOC and mycotoxin patterns in *Aspergillus versicolor*. In *Indoor air '99, The 8th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Edinburgh, Scotland, 8-13 August 1999. Vol. 4* (pp. 897-901).

Würtz, H. (in press). The dustfall collector - a simple way to measure exposure to microorganisms. In *Indoor Air 2002, The 9 th International Conference on Indoor air Quality and Climate, June 30-July 5, 2002, Monterey, California*.

Würtz, H., Kildesø, J., Meyer, H. W., & Nielsen, J. B. (1999). A pilot study on airborne microorganisms in Danish classrooms. In *Indoor air '99, The 8th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Edinburgh, Scotland, 8-13 August 1999. Vol. 1* (pp. 316-321).

Rapporter

*) Biotechnological Institute. (2000). Detection of moulds associated with water damaged buildings by DNA squencing and reverse DOT hybridization to small DNA arrays: Final report, project 5.2. Hørsholm.

Gravesen, S., Nielsen, P.A., & Valbjørn, O. (2002). *Skimmelsvampe i bygninger. Formidling af forskningsprogrammets resultater.* (By og Byg Resultater 020). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Gravesen, S., Nielsen, P.A., & Valbjørn, O., (red.) (2002). *Resultater af Forskningsprogrammet Skimmelsvampe i bygninger. Gennemgang af programmets projekter.* (By og Byg Dokumentation 026). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Koch, A. P., & Nielsen, P. A. (in press). *Sanering af skimmelsvampevækst i bygninger* (By og Byg Anvisning). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Kruse, P. (2000). *The influence of nutrient, relative humidity and incubation time on sporulation and release of conidias fro Penicillium chrysogenum and Aspergillus versicolor cultivated on gypsum boards*. Master Thesis. Copenhagen: National Institute of Occupational Health.

*) National Institute of Occupational Health. (2000). Development of an in-vitro bioassay for mold metabolites with airway activity in organic dust: Final report, project 2.3. Copenhagen. (In Danish).

Skov, P., Valbjørn, O., Gyntelberg, F., & DISG. (1989). *Rådhusundersøgelsen: Indeklima i kontorer*. København: Arbejdsmiljøfondet.

*) University of Copenhagen, Department of General Microbiology. (1999). Method of selective determination of fungal biomass: Final report, project 5.1. Copenhagen. (In Danish).

Valbjørn, O. (in press*). Undersøgelse og vurdering af fugt og skimmelsvampe i bygninger (*By og Byg Anvisning). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Valbjørn O., & Skibstrup Eriksen, S. (2001). *Bygningskonstruktioners risiko for fugtskader: Erfaringer fra praksis*. (By og Byg Resultater 012). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

*) Rapporterne er interne rapporter til Forskningsprogrammets programkommite.

Andre publikationer

Fog Nielsen, K. (2002). *Mould growth on building materials: Secondary metabolites, mycotoxins and biomarkers*. Ph.D. Thesis. Lyngby: Technical University of Denmark, BioCentrum.

Gravesen, S. (1999). Adverse health implications: A neglected problem in environmental medicine. *WHO Newsletter*, (24), 9-11.

**) Gunnarsen, L. (2001). Fugt, ventilation, skimmelsvampe og husstøvmider. En tværsnitsundersøgelse i lejligheder. (By og Byg Resultater 009). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Patent application: Method of selectively determining a fungal biomass. (1998). PCT/DK98/00041 (Mycometer-test, project 5.1).

**) Udarbejdet under Energiministeriets Forskningsprogram.

Summary

By og Byg Results 020: Moulds in buildings

The research programme

This report presents the results of a multidisciplinary research programme: "Moulds in buildings, 1998–2002". The purpose of the programme was to gain more knowledge concerning conditions for mould growth in buildings and the ensueing health effects on people. Furthermore the aim was to create basic knowledge about safe and cost efficient solutions for solving problems and for preventing mould growth in buildings during planning, operation, maintenance and renovation.

The programme comprised 13 projects covering health aspects, microbiological aspects and building aspects.

13 Danish research institutes and 6 private consulting firms implemented the research programme. The budget of the programme was around DKK 18 million and was supported by funds of around DKK 13 million from the Danish Ministry of Research.

Health aspects – results

Based on clinical examinations of adolescents and young pupils, teachers and furthermore on laboratory studies the following was found:

- A clear correlation was demonstrated to exist between the level of moulds in floor dust and a number of irritative symptoms from eyes and upper airways including the general symptoms such as headaches, dizziness and difficulties in concentration. The higher the level of moulds, the higher the number of persons with symptoms.
- Hay fever, asthma and occurrence of airway infections were not related to the level of moulds in floor dust.
- The correlation between exposure to moulds from floor dust and symptoms was typically stronger among pupils with asthma and hay fever. This condition was especially pronounced for irritation of the mucous membranes of the eyes.
- Conditions such as recent recovery from airway infections, presence of hay fever or asthma and other psycho-social factors, like exposure to bullying, generally had a stronger impact on the associations studied, than exposure to moulds.
- A larger number of water damages in schools was not associated with an increasing frequency of the symptoms investigated, susceptibility to infections, hay fever or asthma.
- An increasing extent of mould growth on walls and in building constructions was not associated with an increasing frequency of the symptoms investigated, susceptibility to infections, hay fever or asthma.
- The laboratory studies performed indicate that moulds influence the organism via the immune system. Activation of the immune system may actually induce the general symptoms observed in this study.
- For reasons of health, dust and moulds, which can be emitted to the ambient air, must therefore be minimised in rooms and buildings.

Microbiological - and building aspects – results

- 15-20 % of Danish homes show visible signs of moisture or mould growth. Spot checks in owner-occupied apartments revealed that 13 % had visible mould growth and that the extent of the mould growth was generally small.
- The presence of moisture and mould in Danish public schools was recorded and showed that 9 % had water damages. 20 % showed indications of earlier water damage. However, spot checks revealed that half of the schools were actually water damaged. The water damages were generally of a limited extent and were primarily found in roof constructions.
- Roof constructions are generally vulnerable due to lack of maintenance, but especially complicated roof constructions are vulnerable to bad workmanship or poor planning. Bathrooms with light constructions, basement constructions, e.g. crawl spaces; older buildings with rising damp and poorly maintained fronts are vulnerable construction.
- Schools or other buildings with water damage do not necessarily have mould problems. This depends on time of humidification, on the resistance to mould growth of the material used, and on the mould infestation of materials prior to their installation. Humidified materials will, however, always present a risk for mould growth.

Moulds and building materials

- Experiments have shown that wood, wood-based materials and wallpaper have the lowest resistance to mould infestation.
- Plaster and concrete, which have a very modest content of organic material, can be infested with mould growth, provided that the materials have a high humidity (water activity) preferably 95 % RH, which is a prerequisite for growth.
- Two methods were developed by means of which moulds now can be rapidly characterised and their growth in buildings decribed.
- A better understanding is established regarding dissemination of moulds in buildings and of indoor exposure of people. A big difference has been demonstrated concerning liberation and dispersal to the ambient air of the moulds according to morphology and physical conditions of the buildings. Experiments demonstrated that fungal particles smaller than spores were liberated to the air. During inhalation these particles will more easily reach the lungs compared with the larger spores.
- Detailed studies of the toxic mould *Stachybotrys chartarum,* known to produce mycotoxins (the so-called satratoxins) during growth in buildings, have demonstrated that only 40 % of the isolates produce this kind of toxins, but all isolates produced other toxic metabolites.

Bilag 1

Deltagerne i Forskningsprogrammet skimmelsvampe i bygninger

Abildgaard, Anne	COWI, Rådgivende Ingeniører AS Parallelvej 15 DK-2800 Lyngby
Andersen, Birgitte	Danmarks Tekniske Universitet BioCentrum Bygning 221 DK-2800 Lyngby
Bonefeld-Jørgensen, Eva C.	Aarhus Universitet Institut for Miljø- og Arbejdsmedicin Vennelyst Boulevard 6 DK-8000 Århus C.
Brendstrup, Jens	COWI, Rådgivende Ingeniører AS Parallelvej 15 DK-2800 Lyngby
Christophersen, Erik	Statens Byggeforskningsinstitut Afdelingen for Energi og Indeklima Postboks 119 DK-2970 Hørsholm
Ebbehøj, Niels	Bisbebjerg Hospital Arbejds- og Miljømedicinsk Klinik Bispebjerg Bakke 23 DK-2400 København NV
Eriksen, Søren Skibstrup	Statens Byggeforskningsinstitut Afdelingen for Byggeri og Produktivitet Postboks 119 DK-2970 Hørsholm
Gravesen, Suzanne	Statens Byggeforskningsinstitut Afdelingen for Energi og Indeklima Postboks 119 DK-2970 Hørsholm
Gunnarsen, Lars	Statens Byggeforskningsinstitut Afdelingen for Energi og Indeklima Postboks 119 DK-2970 Hørsholm
Gyntelberg, Finn	Bispebjerg Hospital Arbejds- og Miljømedicinsk Klinik Bispebjerg Bakke 23 DK-2400 København NV
Hansen, Kurt	RAMBØLL Bredevej 2 DK-2830 Virum
Hansen, Mikael Østergaard	Østergaard bygge & indeklimateknik a/s Bygaden 7 - Karlstrup DK-2690 Karlslunde
Høst, Arne	Odense Universitetshospital Børneafdeling H Sdr. Boulevard 29 DK-5000 Odense C.
Jensen, Yelva	Statens Byggeforskningsinstitut Afdelingen for Energi og Indeklima Postboks 119 DK-2970 Hørsholm

Kildesø, Jan	Arbejdsmiljøinstituttet (AMI) Lersø Parkallé 105 DK-2100 København Ø
Koch, Anne Pia	Teknologisk Institut - Bioteknik Gregersensvej - Postboks 141 DK-2630 Taastrup
Kragh, Hans	RAMBØLL Bredevej 2 DK-2830 Virum
Krüger, Tanja	Aarhus Universitet Institut for Miljø- og Arbejdsmedicin Vennelyst Boulevard 6 DK-8000 Århus C.
Larsen, Lisbeth	Teknologisk Institut - Bioteknik Gregersensvej - Postboks 141 DK-2630 Taastrup
Madsen, Bo	Teknologisk Institut - Bioteknik Gregersensvej - Postboks 141 DK-2630 Taastrup
Malling, Hans J.	Rigshospitalet Allergiklinikken 7551 Tagensvej 20 DK-2200 København N.
Meyer, Harald	Bispebjerg Hospital Arbejds- og Miljømed.Klinik Bispebjerg Bakke 23 DK-2400 København NV
Miller, Morten	Mycometer ApS Lersø parkalle 40 DK-2100 København Ø..
Mosbech, Holger	Frederiksberg Hospital Lunge- og Allergiklinikken DK-2000 Frederiksberg
Møller, Eva B.	Birch & Krogboe A/S Teknikerbyen 34 DK-2830 Virum
Nielsen, Klaus	Klaus Nielsen, Rådgivende Ingeniørfirma F.R.I. A/S Gl Strandvej 18 DK-2990 Nivå
Nielsen, Kristian Fog	Danmarks Tekniske Universitet BioCentrum Mykologigruppen - Bygning 221 DK- 2800 Lyngby
Nielsen, Ove	Erhvervs- og Boligstyrelsen Langelinie Allé 17 DK-2100 København Ø
Nielsen, Peter Andreas	Statens Byggeforskningsinstitut Afdelingen for Energi og Indeklima Postboks 119 DK-2970 Hørsholm
Nielsen, Peter V.	Aalborg Universitet Institut for Bygningsteknik Sohngårdsholmsvej 57 DK-9000 Aalborg
Nørskov, Pernille	Bioteknologisk Institut Kogle Allé 2 DK-2970 Hørsholm
Olsen, Per	Rådgivningstjenesten for Skolebyggeri Gl. Strand 50 DK-1202 København K.

Pedersen, Lars H.	Bioteknologisk Institut Kogle Allé 2 DK-2970 Hørsholm
Pejtersen, Jan Hyld	Arbejdsmiljøinstituttet (AMI) Lersø Parkallé 105 DK-2100 København Ø
Plesner, Karin Bruun	Kolding Sygehus Børneafdeling DK-6000 Kolding
Poulsen, Lars	Rigshospitalet Lab. for Medicinsk Allergologi Allergiklinikken, FIN 7542 Tagensvej 20 DK-2200 København N.
Reeslev, Morten	Mycometer ApS Lersø Parkallé 40 DK-2100 København Ø.
Schneider, Thomas	Arbejdsmiljøinstituttet (AMI) Indeklimaafdelingen Lersø Parkallé 105 DK-2100 København Ø
Sigsgaard, Torben	Aarhus Universitet Institut for Miljø- og Arbejdsmedicin Vennelyst Boulevard 6 DK-8000 Århus C.
Skouboe, Pernille	Bioteknologisk Institut Kogle Allé 2 DK-2970 Hørsholm
Skov, Peder	Køge Sygehus Arbejdsmedicinsk Afdeling Lykkebækvej 1 DK-4600 Køge
Suadicani, Poul	Bispebjerg Hospital Arbejds- og Miljømedicinsk Klinik Bispebjerg Bakke 23 DK-2400 København NV
Sørensen, Bjarne	Statens Byggeforskningsinstitut Administrationsafdelingen Postboks 119 DK-2970 Hørsholm
Thrane, Ulf	Danmarks Tekniske Universitet BioCentrum Bygning 221 DK-2800 Lyngby
Topp, Claus	Aalborg Universitet Institut for Bygningsteknik Sohngårdsholmsvej 57 DK-9000 Aalborg
Valbjørn, Ole	Statens Byggeforskningsinstitut Afdelingen for Energi og Indeklima Postboks 119 DK-2970 Hørsholm
Wilkins, Ken	Arbejdsmiljøinstituttet (AMI) Lersø Parkallé 105 DK-2100 København Ø
Würtz, Helle	Arbejdsmiljøinstituttet (AMI) Lersø Parkallé 105 DK-2100 København Ø

Bilag 2

Deltagernes fordeling på programmets projekter

Programledelse
Programleder:
Finn Gyntelberg, AMK
Programkoordinator:
Peter A. Nielsen, By og Byg
Sekretariatsleder:
Ole Valbjørn, By og Byg
Sekretær:
Yelva Jensen, By og Byg
Budget & Økonomi:
Bjarne Sørensen, By og Byg

Erfaringsgruppe
Deltagere:
Eva. B. Møller, B&K
Mikael Ø. Hansen, Østergaard bygge- & indeklimateknik a/s,
Hans Kragh, Rambøll
Kurt Hansen, Rambøll
Klaus Nielsen, Rådg.ing.
Jens Brendstrup, COWI
Anne Abildgaard, COWI
Per Olsen, Rådg.tj.f. Skolebyggeri

Formidling, information og samarbejde
Projektleder:
Ole Valbjørn, By og Byg
Deltagere:
Suzanne Gravesen, By og Byg
Peter A. Nielsen, By og Byg

Delprogram SUNDHED
Delprogramleder
Torben Sigsgaard, IMA

Projekt 1: Skimmelsvamp & Sundhed
Projektleder: Harald Meyer, AMK
Deltagere:
Finn Gyntelberg, AMK
Peder Skov, AMK
Niels Ebbehøj, AMK
Torben Sigsgaard, IMA,
Karin Plesner, OU
Arne Høst, OU
Lisbeth Larsen, TI
Mikael Ø. Hansen, Østergaard bygge- & indeklimateknik a/s,
Thomas Schneider, AMI
Jan Hyld Pejtersen, AMI,
Helle Würtz, AMI
Poul Suadicani, AMK
Søren Skibstrup Eriksen, By og Byg
Ole Valbjørn, By og Byg

Projekt 2: Skimmelsvampes virkning
Projektleder: Torben Sigsgaard, IMA
Delprojekt 1: Inflammatorisk reaktion
Projektansvarlig:
Eva C.B. Jørgensen, IMA
Deltagere:
Mads Thomassen, IMA,
Tanja Krüger, IMA

Delprojekt 2: Placebokontrol. ekspo.
Projektansvarlig: Harald Meyer, AMK
Deltagere:
Kristian F: Nielsen,
BioCentrum, DTU/ By og Byg
Lars K. Poulsen, LCA
Hans-Jørgen Malling, LCA
Svend Norn, Farmakolo.Inst.
Suzanne Gravesen, By og Byg
Finn Gyntelberg, AMK

Delprojekt 3: Udv.af in-vitro Bioassay
Projektansvarlig: Ken Wilkins, AMI
Deltager: Z. Jessenski, IP

Delprogram MIKROBIOLOGI
Delprogramleder:
Suzanne Gravesen, By og Byg

Projekt 3: Karakterisering af skimmelsvamp
Projektleder: Ulf Thrane og Thomas Ostenfeld Larsen, BioCentrum, DTU
Deltagere:
Birgitte Andersen, BioCentrum, DTU
Kristian F. Nielsen, BioCentrum, DTU

Projekt 4: Personers udsættelse
Projektleder:
Peter A. Nielsen, By og Byg
Deltagere:
Thomas Schneider, AMI
Peter V. Nielsen, AAU
Claus Topp, AAU
Birgitte Andersen, BioCentrum, DTU
Jan Kildesø, AMI

Projekt 5: Hurtigmetoder til måling
Projektleder:
Suzanne Gravesen, By og Byg
Delprojekt 1: Enzym-Metoden
Projektansvarlig: Morten Reeslev, KU*
Deltager: Morten Miller, KU*

Delprojekt 2: DNA-Metoden
Projektansvarlig: Lars H. Pedersen, BI
Deltagere:
Pernille Skouboe, BI
Pernille Nørskov, BI

Delprojekt 3: VOC-Metoden
Projektansvarlig:
Ken Wilkins, AMI

* nu Mycometer ApS

Delprogram BYGNING
Delprogramleder:
Peter A. Nielsen, By og Byg

Projekt 6: Erfaringsindsamling/ Bygningskonstruktioner
Projektleder: Ole Valbjørn, By og Byg
Deltagere:
Eva B. Møller B&K
Mikael Ø. Hansen, Østergaard bygge- & indeklimateknik a/s
Hans Kragh, Rambøll
Kurt Hansen, Rambøll
Klaus Nielsen, Rådg.ing.
Jens Brendstrup, COWI
Anne Abildgaard, COWI
Per Olsen, Rådg.tj.f. Skolebyggeri
Søren Skibstrup Eriksen, By og Byg
Peter A. Nielsen, By og Byg

Projekt 7: Tilstandsundersøgelse og vurdering af skimmelsvamp i bygninger
Projektleder: Ole Valbjørn, By og Byg
Deltagere:
Eva B. Møller B&K
Mikael Ø. Hansen, Østergaard bygge- & indeklimateknik a/s
Hans Kragh, Rambøll
Kurt Hansen, Rambøll
Klaus Nielsen, Rådg.ing.
Jens Brendstrup, COWI
Anne Abildgaard, COWI
Per Olsen, Rådg.tj.f. Skolebyggeri
Søren Skibstrup Eriksen, By og Byg
Peter A. Nielsen, By og Byg

Projekt 8: Byggematr. modst.dygtighed overfor skimmelsvampeangreb
Projektleder: Peter A. Nielsen, By og Byg
Deltagere:
Kristian F. Nielsen, BioCentrum
Birgitte Andersen, BioCentrum
Lotte Pia Uttrup, By og Byg
Suzanne Gravesen, By og Byg

Projekt 9: Sanering og renovering af materialer og bygningskonstruktioner
Projektleder: Anne Pia Koch, TI
Deltagere:
Peter A. Nielsen, By og Byg
Kristian F. Nielsen, BioCentrum

AAU	=	Aalborg Universitet, Institut for Byggeteknik
AMI	=	Arbejdsmiljøinstituttet
AMK	=	Arbejds- og Miljømedicinsk Klinik, Bispebjerg Hospital
BI	=	Bioteknologisk Institut
BioCentrum	=	Danmarks Tekniske Universitet
By og Byg	=	Statens Byggeforskningsinstitut
IMA	=	Institut for Miljø- og Arbejdsmedicin, Aarhus Universitet
KU	=	Københavns Universitet
LCA	=	Laboratoriet for Klinisk Allergologi, Rigshospitalet
OU	=	Odense Universitetshospital, Børneafdeling H
TI	=	Teknologisk Institut, Bioteknik
Øvrige deltagere:		Rådgivende ingeniørfirmaer Birch & Krogboe A/S, COWI A/S, Rambøll, Klaus Nielsen A/S, Østergaard bygge- & indeklimateknik a/s og Rådgivningstjenesten for Skolebyggeri.

Bilag 3

Referencegruppen for Forskningsprogrammet skimmelsvampe i bygninger

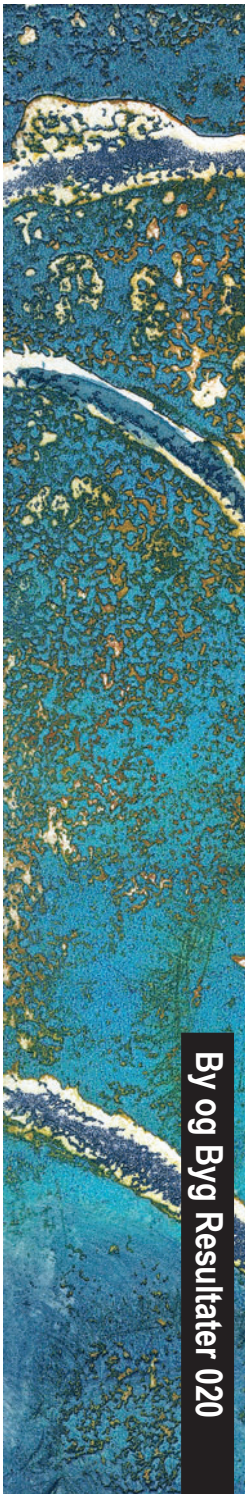
Augustesen, Lars Jakob	Kommunernes Landsforening Kontoret for Teknik & Miljø Gyldenløvesgade 11 DK-1600 København V.
Balschmidt, Bo	Dansk Forsikring og Pension - F&P Forsikringens Hus Amaliegade 10 1256 København K
Billmann, Claus	Skaarup & Jespersen a.s. Arkitekter og byplanlæggere Strandvejen 56 DK-2900 Hellerup
Blousgaard, Ella	Erhvervs- og Boligstyrelsen Langelinie Allé17 DK-2100 København Ø
Christensen, Anders	Direktoratet for Arbejdstilsynet Landskronagade 33 DK-2100 København Ø.
Fjord, Bent	Realkredit Danmark Jarmers Plads 2 DK-1590 København V
Gyntelberg, Finn	Bispebjerg Hospital Arbejds- og Miljømedicinsk Klinik Bispebjerg Bakke 23 DK-2400 København NV
Hafstrøm, Bjørn K.	Økonomi- og Erhvervsministeriet Energistyrelsen, 3. Kontor Amaliegade 44 DK-1256 København K
Hansen, Jacob Hougaard	Danske Entreprenører Nørre Voldgade 106 Postboks 2125 DK-1015 København K
Hansen, Torben	Danogips A/S Kløvermarksvej 4-6 DK-9500 Hobro
Højbjerre, Jacob	Statens Forsknings- og Uddannelsesbygninger (SFOU) Nørre Voldgade 16 DK-1358 København K.
Jensen, Anker	Landsbyggefonden Studiestræde 50 DK-1554 København V.
Jeppesen, Anne S	Forsvarets Bygningstjeneste Frederiksholms Kanal 30 Postboks 24 DK-1001 København K

Møller, Eva B.	Birch & Krogboe A/S Teknikerbyen 34 DK-2830 Virum
Nielsen, Ove	Erhvervs- og Boligstyrelsen Langelinie Allé 17 DK-2100 København Ø
Nielsen, Peter Andreas	Statens Byggeforskningsinstitut Afdelingen for Energi og Indeklima Postboks 119 DK-2970 Hørsholm
Nielsen, Pia Fredberg	Forskningsstyrelsen Randersgade 60 DK-2100 København Ø.
Schjønning, Anne-Lise	ISS Danmark A/S Møntmestervej 31 DK-2400 København N.
Stenalt, Preben	Grundejernes Investeringsfond Ny Kongensgade 15 DK-1472 København K.
Strange, Niels	Byggeriets Arbejdsgivere (BYG) Kejsergade 2 DK-1155 København K
Valbjørn, Ole	Statens Byggeforskningsinstitut Afdelingen for Energi og Indeklima Postboks 119 DK-2970 Hørsholm
Vedsmand, Lars	BAT-Kartellet Kampmannsgade 4 Postboks 392 DK-1790 København V.

Skimmelsvampe i bygninger

Rapporten opsummerer resultaterne af et stort, tværfagligt forskningsprogram om skimmelsvampe i bygninger. Det er for første gang dokumenteret, at der er en sammenhæng mellem skimmelsvampe i gulvstøv og irritationssymptomer fra øjne og øvre luftveje, samt hovedpine, svimmelhed og koncentrationsbesvær. På det byggetekniske område har forskningsprogrammet givet en større forståelse for skimmelsvampenes vækstvilkår på forskellige materialer og for, hvordan skimmelsvampe spredes, og dermed hvordan man eksponeres for skimmelsvampe i bygninger. Der er desuden udviklet metoder, som hurtigt kan give oplysninger om skimmelvækst i bygninger.

1. udgave, 2002
ISBN 87-563-1126-5
ISSN 1600-8049



By og Byg Resultater 020