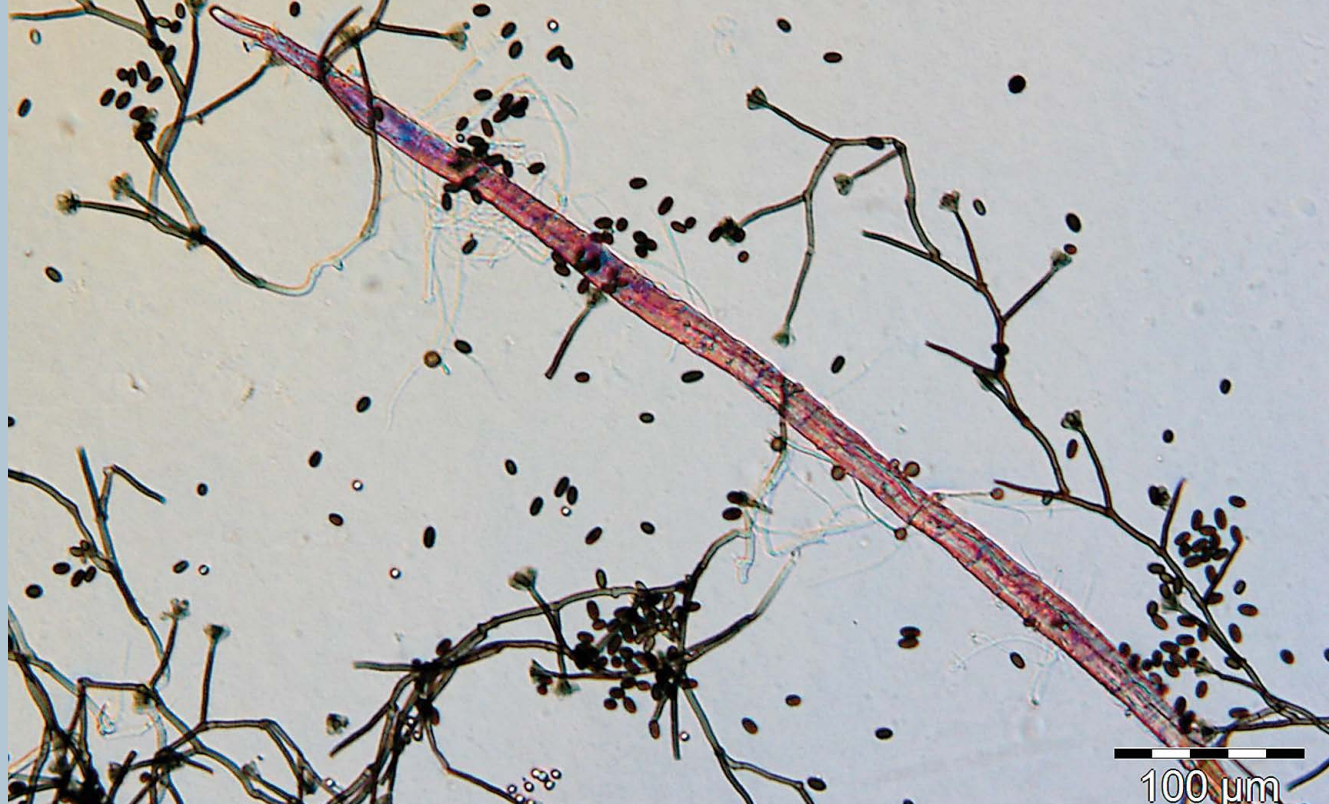


Skimmelsvampen *Stachybotrys chartarum*, der vokser på en gipsplade. Billedet er taget i lysmikroskop af et tapeaftryk ved x 200 forstørrelse.

Foto: Birgitte Andersen



SKIMMELSVAMPE – EN UDFORDRING FOR FORSKERE OG BOLIGEJERE

Dansk forsker forsøger at forstå skimmelsvampenes komplekse univers for blandt andet at sikre, at bæredygtigt byggeri ikke bliver de rene bomber under helbredet.

Forfatteren
Kristian Sjøgren er videnskabsjournalist



Om forskeren
Birgitte Andersen er lektor ved Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet. Hun arbejder med indeklima og skimmelsvampe – detektion og identifikation.

Hvis boligejere frygter noget mere end alt andet, er det skimmelsvamp. Store, fede plamager af skimmelvækst, der stortrives i det skjulte i hjemmet og fuldstændigt devaluerer værdien af huset.

Skimmelsvamp i gipsvæggene eller under gulvbrædderne kan være en bombe under helbredet. Har man astma eller allergi, kan skimmelvækst forværre sygdommene, mens ellers sunde og raske mennesker kan få hovedpine, slimhindeirritation eller sågar eksem, hvis de er meget uheldige. For nogle mennesker kan skimmelsvampene være årsagen til, at de hver morgen våg-

ner op med en følelse af tømmermænd eller influenza.

Selvom problemerne med skimmelsvampene er velkendte, er de for en stor dels vedkommende stadig et mysterium. Forskere ved faktisk ikke særligt meget om dem og endnu mindre om, hvorfor de kan give problemer med helbredet. I den henseende har man aldrig fundet den rygende pistol, der kobler en bestemt skimmelsvamp sammen med influenzalignende symptomer, og videnskaben er på bagkant, fordi den endnu ikke kan fortælle fru Jensen, hvorfor den mørke plet på stuevæggen bag sofaen giver hende hovedpine og ondt i halsen.

Man ved bare fra utallige lignende tilfælde, at der er et sammentræf mellem det at have skimmelvækst i hjemmet og det at være i risiko for at udvikle symptomer.

Det er som bekendt altid bedst, hvis man for at komme et problem til livs tager fat om nældens rod. Det gælder også skimmelsvampene, hvor det er bedre at forebygge skimmelsvampe i hjemmet end at behandle symptomerne på, at de er der. Det gælder både symptomerne på væggen eller i gulvet, men også symptomerne i forhold til helbredet.

Én af de danske forskere, som ved allermost om skimmelsvampe, er

lektor Birgitte Andersen fra Institut for Byggeri, By og Miljø ved Aalborg Universitet. For hende er skimmelsvampe ikke bare et problem, som hun forsøger at løse for fru Jensen. Skimmelsvampene er hendes livspassion, som hun finder helt og aldeles fascinerende.

»Folk skal interessere sig for skimmelsvampene, fordi nogle af dem ikke skal være der, hvor vi finder dem i vores huse. Jeg interesserer mig også for dem, fordi jeg ganske simpelt ikke kan lade være og finder dem aldeles flotte at kigge på under et mikroskop,« fortæller hun.

Der findes 60.000 forskellige arter af skimmelsvampe

Birgitte Andersen arbejder blandt andet med at klassificere alle de skimmelsvampe, som findes i verden. Dem er der i omegnen af 60.000 af, men kun 100 arter er almindelige i indeklimaet.

Gensekventering har gjort det muligt i prøver at identificere individuelle arter af skimmelsvampe. Helt simpelt laver forskerne en gensekventering af alt det genetiske materiale i en given prøve og benytter derefter genetiske databaser til at matche resultaterne fra prøven op med de arter, som forskere allerede har fyldt ind i databaserne. Finder man en række match, ved man, hvad der gror på fru Jensens væg, og hvis nogle gensekvenser ikke findes i databasen, kan det være tegn på, at man har fundet noget nyt.

Når man tager en prøve for skimmelvækst i et hjem, tager man en prøve i støvet. Skimmelsvampe spreder sig ved at sende svampesporer ud i luften, hvorfra de tages med af brisen for at blive aflejret i støvet i hjørnerne på gulvet eller på toppen af dørkarmen. På den måde kan man bruge fund af skimmelsvampesporer i en støvprøve som en indikation af, om der findes skimmelvækst i hjemmet.

»Nogle gange er det tydeligt, om der er skimmelvækst i hjemmet,



Meget synlig vækst af skimmelsvampe.
Foto: Shutterstock

Metoder til at finde skimmelsvamp

Når fagkyndige skal lede efter uønskede skimmelsvampe i folks hjem, benytter de forskellige metoder:

Mycometermetoden

Denne metode kigger udelukkende på biomassen i en given prøve. Mere specifikt undersøger mycometeret mængden af et bestemt enzym i en given prøve, men da enzymet findes i cellevæggene hos stort set alle skimmelsvampe, kan undersøgelsesmetoden ikke skelne mellem mug i en gipsplade og mug på et rugbrød. Birgitte Andersen mener alligevel ikke, at metoden er dårlig, da den erfaringsmæssigt kan bruges til i hvert fald at fastslå, om der er noget at være bekymret for i forhold til prøver fra en given bygning.

DNA-metoden

Denne metode benytter små stykker DNA, der specifikt indfanger sporer fra nogle af de mest problematiske skimmelsvampe. DNA-metoden er udviklet til at genkende lidt over 30 skimmelsvampe på artsniveau og kan blandt andet genkende *Penicillium chrysogenum*, som vokser på forskellige byggematerialer. Fordelen ved metoden er, at man med det samme får at vide, om der er fund af den ene eller anden problematiske skimmelsvamp i sin prøve. Ulempen er det begrænsede antal svampe, som metoden kan genkende.

Dyrkningsmetoden

Her er man nødt til at finde selve det sted, hvor skimmelsvampene gror (eller tage luftprøver for at fange skimmelsvampenes luftbårne sporer). Det kan være i fugerne på badeværelset eller den mørke plet på gipsvæggen i bryggerset. Efter man har taget en prøve af skimmelsvampen, dyrker man den i laboratoriet og identificerer den efterfølgende under et mikroskop. Ulempen her er, at det kræver en specialist som Birgitte Andersen at sætte navn på den fundne skimmelsvamp. Til gengæld finder analysemetoden kun levende svampe, hvor de andre metoder identificerer både levende og døde svampe og dermed er i risiko for at identificere et ikke-problem.

Eksempler på uønskede svampe i hjemmet

Aspergillus versicolor er blandt de mest almindelige skimmelsvampe i bygninger. Skimmelsvampen producerer stoffet geosmin, som er den karakteristiske lugt af jordslåethed eller gammel kælder. *A. versicolor* kan irritere luftvejene og give allergiske reaktioner, og så kan skimmelsvampen også producere det kræftfremkaldende stof sterigmatocystin. *A. versicolor* elsker at vokse på fugtige materialer, især i gulvkonstruktioner af træ, tapeter, puds og mineraluld. Og så har man fundet ud af, at sporerne kan overleve i beton, der har en pH-værdi over 12.

Penicillium chrysogenum er blandt de skimmelsvampe, som hyppigst findes i bygninger i forbindelse med fugtskader og svampevækst. Skimmelsvampen er i stand til at producere antibiotikummet penicillin, men gør det kun under særlige betingelser. *P. chrysogenum* kan vokse på tapet, lim, finér og i og på maling.

Stachybotrys chartarum også kaldet for "black killer fungus" elsker fugtige gipsplader, men laver også gerne kolonier på hø, halm, papir og tekstiler. Skimmelsvampen findes udbredt i Danmark, og den er også kendt for at kunne producere nogle særdeles potente toksiner.

mens det andre gange kan være skjult. Og så handler det også om at identificere, hvilken type skimmelsvamp det drejer sig om, for det er alt andet end ligegyldigt,« forklarer Birgitte Andersen.

Stor forskel på skimmelsvampearter

Skimmelsvampe er ikke altid dårligt for helbredet, og faktisk er kun et fåtal af dem associeret med en helbredsrisiko. Birgitte Andersen har med sine kollegaer lavet en analyse af indholdet af skimmelsvampe i prøver fra ni danske hjem for at finde ud af, i hvor stort omfang skimmelsvampene i prøverne stammer fra vækst i eller uden for huset. Studiet skulle være med til at kaste lys over, hvad der er grund til at være nervøs over.

»Man kunne godt forestille sig, at man i en støvprøve fra et hjem fandt skimmelsvampe fra mugosten, der ofte står fremme på køkkenbordet, fra skimmelvæksten på nogle af frugterne i frugtskålen eller svampesporer fra champignononer i skoven uden for vinduet. Det er dog usandsynligt, at det kommer med en helbredsrisiko, og derfor er det vigtigt at identificere de individuelle skimmelsvampearter,« siger hun.

I analysen af sporeindholdet i prøverne fra de ni danske hjem har forskerne både taget prøver fra dørkarmen uden for husene og fra dørkarme inde i husene. Herefter har de gensekventeret hele baduljen og efterfølgende identificeret prøvernes indhold af individuelle arter af skimmelsvampe.

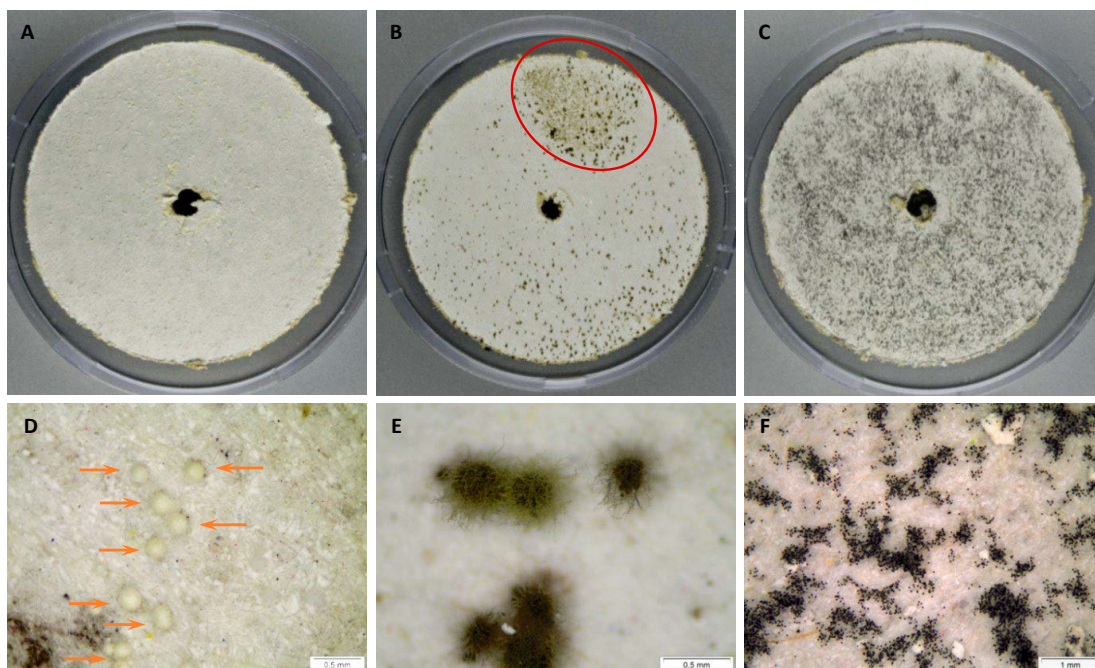
Birgitte Andersen fortæller, at typen af analyse har man brugt i mange år med bakterier, hvilket har gjort det let, fordi databaserne over bakterier er både fuldkomne og præcise. Desuden har mange tæt beslægtede bakterier nogenlunde samme livscyklus. Sådan ser det ikke ud med skimmelsvampe, hvor der både er huller i databasen, og hvor det ikke altid er til at stole på, at de navne, som står i

Eksempler på almindelige skimmelsvampe.

Skimmelsvampearth	Forekomst
Vækst i bygninger	
<i>Acremonium strictum</i>	Puds
<i>Aspergillus versicolor</i>	De fleste byggematerialer
<i>Chaetomium globosum</i>	Krydsfiner, spånplader, gipsplader, beton
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	Træværk, fuger
<i>Penicillium chrysogenum</i>	De fleste byggematerialer
<i>Stachybotrys chartarum</i>	Gipsplader, karton, tapet
<i>Trichoderma harzianum</i>	Træ, krydsfiner, spånplader, gipsplader
<i>Ulocladium alternariae</i>	Tapet, puds, gipsplader
Udeluften	
<i>Alternaria infectoria</i>	Rug-, byg- og hvedeplanter på marken
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Kompost, træflis, jord
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	Døde plantedele, jord
<i>Epicoccum nigrum</i>	Jord, døde plantedele
<i>Penicillium citrinum</i>	Jord, kompost
Madvarer	
<i>Aspergillus glaucus</i>	Franskbrød, pitabrød
<i>Penicillium digitatum</i>	Appelsiner, citroner, klementiner
<i>Penicillium expansum</i>	Æbler, pærer
<i>Penicillium glabrum</i>	Løg
<i>Penicillium roqueforti</i>	Rugbrød, blåskimmelost



Chaetomium globosum, der vokser på en gipsplade. Billedet er taget direkte i stereomikroskop. Foto: Birgitte Andersen



Tre gipsskiver (A-C) med skimmelsvampevækst. Væksten er næsten usynlig på skive A, da den svamp, *Aspergillus fischeri*, der groer på skiven, er hvid (D). På skive B vokser der *Chaetomium globosum* og *Penicillium chrysogenum* (i den røde cirkel) og på skive C vokser *Stachybotrys chartarum*, som kan dække en våd skive på 3 dage. Fotos: Birgitte Andersen

databasen, også matcher de associerede gensekvenser.

»Man kan matche automatisk i gen-databaserne over bakterier, men for skimmelsvampe må man stadig ind manuelt og verificere hvert fund. Det skyldes blandt andet, at mange af arterne ligner hinanden, men at de kan vokse vidt forskellige steder og repræsentere forskellige helbredsrisici eller ingen risici. Derfor er det et omfattende arbejde at lave en præcis kortlægning af forekomsten af skimmelsvampe i blot ni prøver,« fortæller Birgitte Andersen.

Som eksempel på problemstillingen nævner hun skimmelsvamp af slægten *Penicillium*. *Penicillium chrysogenum* kan vokse på forskellige byggematerialer og give helbredsgener, mens *Penicillium roqueforti* giver roquefortost sine karakteristiske farve og smag. Du kan selv gætte dig til, hvor *Penicillium camemberti* vokser.

»Så hvis man i sin prøve får at vide, at der et match for *Penicillium* sp., er det ikke til at sige, om det skyldes mug i en gipsvæg eller mug på en god ost. Derfor var det nødvendigt, at vi gennemgik alle fundene



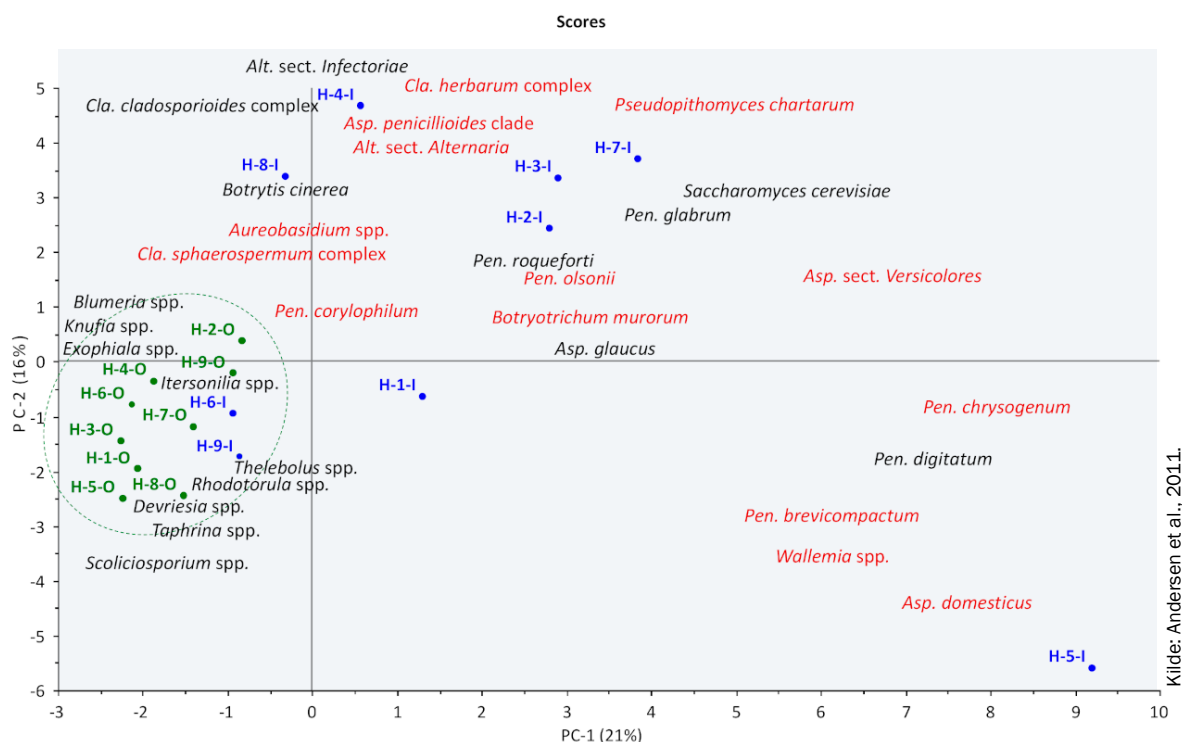
Chaetomium globosum, der vokser på en OSB-plade. På ydersiden har der siddet en gipsplade, og skimmelsvampen har vokset inde i vægkonstruktionen mellem de to plader. Begge plader har suget vand op på grund af en fejlkonstruktion. Foto: Birgitte Andersen

Svampe skal have vand og fugt

Uden vand eller høj luftfugtighed (> 75 % relativ fugtighed) kan skimmelsvampene ikke vokse. Men både bygningens beskaffenhed og brugernes adfærd har stor indflydelse på, hvor fugtig en bygning er. Hvis bygningen er gammel og misvedligeholdet eller opført hurtigt og sjusket, kan der komme vand ind gennem fx huller i taget, utætte vinduer, eller der kan stige grundfugt op gennem revner i fundament og murværk. Hvis bygningen er dårligt isoleret, kan der opstå kuldebroer indendørs, hvor fugten i indeluften kan fortættes og kondensere. Det ses især i hjørnerne på en ydervæg, enten oppe ved loftet eller nede ved gulvet.

Fugten indendørs kommer i de fleste tilfælde fra brugerne. Når vi bevæger os og trækker vejret, afgiver vi fugt til omgivelserne. Når vi laver mad, går i bad og tørrer tøj indendørs, dannes der også fugt, og så stiger luftfugtigheden. Et menneske genererer fugt og vanddamp, der svarer til ca. 2,5 liter vand i døgn. Når fugtigheden i luften er 100 %, kan luften ikke indeholde mere vanddamp, og man siger at "dugpunktet" er nået. Det ses tydeligt efter et langt, varmt brusebad, hvor vandet løber ned ad væggene. Hvis det samme sker på en tapetseret, kold ydervæg, vil tapetet suge vanddråberne op, og efter nogen tid vil skimmelsvampe begynde at vokse.

Tekst: B. Andersen



Et såkaldt *score plot* fra en principal komponent analyse af ni danske boliger og de 41 mest almindelige svampe. Der blev taget prøver udenfor og indenfor, som er blevet DNA-sekvenseret. Jo flere skimmelsvampearter, to boliger har til fælles, jo tættere ligger de sammen. Plottet viser, at alle prøver taget udendørs (grønne punkter -O), er meget ens, mens de prøver, der er taget indendørs (Blå punkter -I), er meget forskellige. Svampearterne i rød skrift er dem, der kan vokse i vores boliger, mens dem i sort er almindelige udendørs eller på fødevarer.

For eksempel har bolig H-5-I mange sporer af *Aspergillus domesticus*, mens bolig H-4-I har mange sporer af *A. penicillioides*. Alle boliger har derimod *Taphrina* spp. (hekse-kost) udenfor til fælles, og luftes der godt ud, som hos H-6-I og H-9-I, kommer indeklimaet til at ligne udeklimaet.

én for én for at sikre os, at vores fund var korrekte,« forklarer Birgitte Andersen.

Skimmelsvampe findes der, hvor de lever

Resultatet af undersøgelsen viste, at skimmelsvampe faktisk er ret opdelte mellem udenfor og indenfor.

I prøverne udenfor fandt forskerne mange svampesporer fra champignoner og skimmelsvampe, som lever på planter. Omvendt fandt forskerne svampesporer fra forskellige fødevarer indendørs, men ikke udendørs. I prøverne indendørs fandt forskerne også svampesporer, som hverken var det ene eller det andet, og de fandt også svampesporer i de hjem, som havde skimmelvækst i murværket, gulvet eller gipsvæggene.

»Og så kunne vi se, at de personer, som lufter ud ofte, havde færre

svampesporer i hjemmet end dem, som i højere grad holdt vinduerne lukkede,« siger Birgitte Andersen.

Hun forklarer dog, at resultatet ikke som sådan er overraskende. Svampene bor meget simpelt der, hvor der er noget at vokse på. Der lever jo heller ikke isbjørne på Sydpolen – der er ingen sæler at



Tre sporer af *Ulocladium alternariae*, der har dannet de første spæde hyfer, der senere bliver til et mycelium. Det tog 4 timer fra sporerne blev gjort våde til de germinerede. Foto: Birgitte Andersen

spise. Der lever også kun pandaer i Kina, fordi de store bambusskove findes der.

»Det betyder, at hvis vi vil lede efter skimmelvækst i et hjem, skal vi ikke lede efter alle mulige og umulige svampe. Vi kan nøjes med at kigge efter dem, som specifikt vokser på de byggematerialer, som huset er bygget af. Der er heller ingen grund til at interessere sig for mængden af sporer fra *Penicillium roqueforti* i støvet på vindueskarmen. Det er ikke en indikator for, at der er noget galt,« siger Birgitte Andersen.

Nye byggematerialer – flere skimmelsvampe?

Birgitte Andersen drømmer om at være med til at bidrage til forståelsen af hver enkelt spore i hver enkelt bygning. Hun vil vide, hvad der vokser i bygninger, hvorfor det vokser i bygningerne, og om det

kan have betydning for helbredet. Den viden skal gerne gøre det lettere for sagkyndige rundt om i verden at lave DNA-undersøgelser af skimmelsprøver og på baggrund af svaret vide, hvad de ser på, og hvad der er nødvendigt at gøre ved det.

Dette behov for bedre at forstå skimmelsvampene bliver i fremtiden endnu mere nødvendigt i takt med, at vi får nye byggematerialer ind i vores hjem. Cement og beton er dårligt for miljøet, og flere og flere byggefirmaer kigger i retning af organiske materialer til at erstatte dem. Det kan dreje sig om beklædningsplader af ålegræs eller isolering lavet af hør eller hamp.

Materialerne vil være geniale at benytte i vores bygninger, fordi de kan være miljøvenlige at producere og samtidig lagre en masse CO₂ i vores bygninger, så det ikke ender i atmosfæren.

»Problemet er bare, at vi på nuværende tidspunkt ikke ved, hvilke skimmelsvampe der lever i ålegræs eller hamp. Derfor ved vi heller ikke, hvad der sker med disse byggematerialer, hvis de bliver fugtige eller våde. Hvad gør der så i dem, og hvordan påvirker det vores helbred?« siger Birgitte Andersen.

Giftige skimmelsvampe i presset græs

Problemet bliver kun endnu større, hvis det drejer sig om skimmelsvækst, der er skjult for det blotte øje. Sidder skimmelsvampen i en stor plamag midt på væggen, er den til at få øje på. Men drejer det sig om en skimmelsvamp i en lidt fugtig isoleringsplade af hamp inde i væggen, er det en helt anden sag, og så kommer de sagkyndige til kort. Det gør de især, hvis de end ikke ved, hvad de skal lede efter. Problemstillingen er de skimmelsagkyndiges værste mareridt.

Et andet problem er, at forskere endnu ikke kender nok til alle svampes livscyklus til at vide,



En meget inficeret spånplade i bunden af et vaskeskab i en kælder. Kælderen blev oversvømmet under det store skybrud i 2011 i København. Den blåmalede bundplade viser vækst af *Aspergillus* spp., *Chaetomium* spp., *Penicillium* spp. og *Ulocladium* spp.

Foto: Birgitte Andersen

hvordan de skal lede efter dem, og hvad de skal tolke på resultaterne, hvis de finder dem i for eksempel støvet på toppen af en dørkarm.

Tag som eksempel skimmelsvampen *Stachybotrys chartarum*, som på engelsk kaldes for "black killer fungus". Den elsker fugtige gipsplader og kan være særdeles skadelig for helbredet. Samtidig er den ikke så begejstret for at blive aflejret i støv. Det vil sige, at det ofte kan være svært at finde den der, og hvis de sagkyndige blot finder én spore fra *S. chartarum* i en støvprøve, ved de i dag, at noget er galt.

»Samlet set drømmer jeg om, at jeg, inden jeg går på pension, kan være med til at udvikle en liste over alle de svampe, som kan leve i vores huse, og hvor og hvordan man skal lede efter dem. Det gælder både for de svampe, som sætter sig på de byggematerialer, som vi benytter os af i dag, men også de svampe, som sætter sig på fremtidens byggematerialer, eksempelvis ålegræs, hør og hamp,« siger Birgitte Andersen.

Sidste år lavede Birgitte Andersen et projekt i samarbejde med en en-

gelsk dyrlæge, hvor hun blev kaldt ind til at lede efter skimmelsvampe i græs til hestefoder. Årsagen var, at flere heste var blevet syge af at spise foderet, men det var uvist hvorfor.

I sin undersøgelse fandt hun en masse giftige svampe, som formentlig var årsag til hestenes sygdom.

På samme tid fik hun kontakt til en kollega, som arbejdede med at lave græs om til byggematerialer. Processen med at presse græs sammen til et byggemateriale er næsten identisk med processen med at presse græs samme til hestefoder.

»Hvis disse skimmelsvampe, som var årsag til hestenes sygdom, også kan trives i dette nye byggemateriale, skal de bestemt ikke blive for våde inde i vores huse, før vi har et stort problem. Samtidig kan jeg ikke sige, om skimmelsvampene er farlige for mennesker, før jeg har undersøgt det. Den slags bør vi finde ud af snart og gerne inden, at vi begynder at bygge en masse bygninger med isolering og vægge af græs og hamp,« siger Birgitte Andersen. ■

Videre læsning:
Webside: skimmel.dk

Videskabelig artikel:
Andersen et al.,
Associations between fungal species and water-damaged building materials, 2011. Applied and Environmental Microbiology Vol. 77, No. 12. doi:10.1128/AEM.02513-10.