

Mögel tillväxt på behandlad och modifierad furu



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Bygg- och miljöteknologi / Byggnadsmaterial

Examensarbete:
Anneli Andreasson
Malin Persson

© Copyright Anneli Andreasson, Malin Persson

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2013

Sammanfattning

Titel:	Mögeltillväxt på behandlad och modifierad furu
Författare:	Anneli Andreasson Malin Persson
Examinator:	Lars Wadsö, Avdelningen för Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola
Handledare:	Sanne Johansson, Avdelningen för Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola
Problemställning:	Hur står olika furubehandlingar och modifieringar emot mögelpåväxt.

Mögel som växer inomhus har påvisats orsaka ohälsa som andningsbesvär, allergi och eksem. Eftersom vi tillbringar större delen av våra liv i inomhusmiljöer är det viktigt att hitta lösningar på detta problem. Eftersom det finns mögelsporer i luften och går det inte att undvika att få in dem i våra byggnader. Det som går att göra är att förhindra sporer från att gro.

Syftet med detta projekt har varit att undersöka hur olika behandlingar och modifieringar av furuvirke står emot mögelpåväxt. Vi har undersökt acetylerad, furfurylerad, tryckimpregnerad och värmebehandlad furu. Samtliga är framtagna för att göra furu mer beständigt mot biologiska angrepp.

De behandlade och modifierade trämaterialen som undersöktes inokulerades med sporer från utvalda mögelsvampar och placerades i klimatboxar med konstant relativ fuktighet och temperatur. Temperaturen för klimatboxarna var 25 °C och det var fyra relativa fuktigheter inom intervallet 85-98%. Inkubationen pågick i fem veckor och mögelpåväxten kontrollerades och rankades varje vecka.

Möglet fick fortast fäste på värmebehandlad furu vilken också hade störst utbredning av mögel i klimatboxen vid 98% RF. När det gällde furfurylerad och acetylerad furu var mögeltillväxten lika stor. Påväxten av mögel började senare på acetylerad och furfurylerad furu än på obehandlad furu, men växte sedan fortare och blev kraftigare än på obehandlad furu. På obehandlad furu syntes påväxt redan efter två veckor, men det växte inte lika kraftfullt som på acetylerad, furfurylerad och värmebehandlad furu. Tryckimpregnerad furu verkade stå emot mögel bäst.

Nyckelord: Mögel, Behandlad furu, Modifierad furu, Relativ fuktighet, Temperatur, Acetylerad, Furfurylerad, Impregnerad, Värmebehandlad

Abstract

Title: Mould growth on treated and modified pine

Author: Anneli Andreasson
Malin Persson

Examiner: Lars Wadsö, Division of Building Materials, Lund
Institute of Technology

Supervisor: Sanne Johansson, Division of Building Materials, Lund
Institute of Technology

Mould growing indoors has been shown to cause health problems such as respiratory disorders, allergies and eczema. Since we spend most of our lives in indoor environments, it is important to find solutions to this problem. As mould spores are present in the air one cannot avoid getting them into buildings, but it is possible to prevent the spores from germinating.

The purpose of this project was to investigate how different treatments and modifications of pine wood resist mould growth. We examined acetylated, furfurylated impregnated and heat treated wood that all are designed to make pine more resistant to biological attack.

The treated and impregnated wood materials tested were inoculated with spores of selected moulds and placed in climate boxes with constant relative humidity and temperature. The temperature of the climate boxes was 25 °C and there were four relative humidities in the range of 85-98%. Incubation lasted five weeks and mould growth was checked and ranked each week.

In the climate box with 98% RH heat treated pine was the material on which the mould developed quickest and which had the greatest spread of mould. As far as furfurylated and acetylated pine were concerned the amount of mould was similar. Fouling of the mould began later on these samples than on the untreated pine but then grew quicker and became more heavy than the untreated pine. On the untreated pine one could see fouling began after two weeks, but it did not grow as quickly as on the acetylated, furfurylated and heat treated pine. Impregnated pine seemed to resist mould the best during these five weeks.

Keywords: Mould, Modified pine, Treated pine, Relative humidity, Temperature, Acetylated, Furfurylated, Impregnated, Heat treated

Förord

Ett stort tack till de personer som har hjälpt till att göra detta examensarbete möjligt:

Vår handledare, *Sanne Johansson*, Lunds Tekniska Högskola

Vår examinator, *Lars Wadsö*, Lunds Tekniska Högskola

Annica Pilgård och *Jöran Jermer*, SP, som har försett oss med material till proverna, *Stefan Backe*, *Yujing Li* och *Bengt Nilsson*, som har hjälpt till med allt praktiskt arbete, Lunds Tekniska Högskola, och ett stort tack till våra familjer och vänner som har stöttat oss hela tiden.

Maj 2013

Anneli Andreasson

Malin Persson

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och mål	2
1.3 Problemformulering	3
1.4 Begränsningar	3
2 Teori	4
2.1 Inomhusklimat	4
2.2 Fukt	5
2.3 Mögel	7
2.3.1 Skadeverkan	9
2.4 Materialet	10
2.4.1 Träets uppbyggnad	10
2.4.2 Referensobjektet, obehandlad furu	12
2.4.2.1 <i>Furu</i>	12
2.4.3 Modifierad furu	12
2.4.3.1 <i>Acetylerad furu</i>	13
2.4.3.2 <i>Furfurylerad furu</i>	14
2.4.3.3 <i>Värmebehandlad furu</i>	15
2.4.4 Behandlad furu.....	17
2.4.4.1 <i>Tryckimpregnerad furu</i>	17
3 Metod	19
3.1 Mätförsök av mögelpåväxt	19
3.1.1 Tillvägagångssätt	19
3.1.2 Mögelsporblandningen	19
3.1.2.1 <i>Sporräkning med haemocytometer</i>	19
3.1.3 Sporinokulation	21
3.1.4 Provkropparna	21
3.1.5 Inkubation	22
3.1.6 Klimatet.....	23
3.1.7 Analys av mögelpåväxt	25
4 Resultat	27
4.1 Delundersökning 1	27
4.2 Delundersökning 2	28
4.3 Delundersökning 3	29
4.4 Delundersökning 4	30
4.5 Resultatsammanställning	31
5 Diskussion	34
6 Slutsats	37
7 Referenser	38

Bilaga A – Rankningstabell av provkroppar.....	43
Bilaga B – Dokumentering av provkropparna	48

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I dagens samhälle vistas människan upp till 90% av sin tid inomhus (Schulz et al., 1999, Peitzsch et al., 2012), vilket är en anledning till att kraven på en god inomhusmiljö ökar. Mögel som växer inomhus har påvisats orsaka ohälsa som andningsbesvär, allergi och eksem (Bornehag et al., 2001, 2004, Flannigan et al., 1991). Mögelsporer förekommer överallt i utomhusluften och det går inte att undvika att få in dem i byggnader, eftersom dörrar och fönster öppnas och det ventileras. Eftersom det är omöjligt att undvika mögelsporer i inomhusmiljön, måste åtgärder vidtas som förhindrar sporer från att gro och växa.

Boverket, som är myndigheten för samhällsplanering, byggande och boende, har byggregler med föreskrifter och allmänna råd om bostadsutformning, hälsa och miljö, säkerhet vid användning och energihushållning. Boverket har flera föreskrifter som är relaterade till inomhusmiljön och fuktsäkerhet, vilka ska följas vid utformningen av byggnader.

Exempel, Boverkets byggregler kapitel 6.1 *Allmänt*

”Byggnader och deras installationer ska utformas så att luft- och vattenkvalitet samt ljus-, fukt-, temperatur- och hygienförhållanden blir tillfredsställande under byggnadens livslängd och därmed olägenheter för människors hälsa kan undvikas.” (BBR 19, 2011)

Exempel, Boverkets byggregler kapitel 6:95 *Fukt*

”Byggnader ska utformas så att fukt inte orsakar skador, elak lukt eller hygieniska olägenheter och mikrobiell tillväxt som kan påverka människors hälsa.” (BBR 19, 2011)

Det är tydligt att det är många aspekter som måste beaktas för att inomhusmiljön ska fungera och för att minimera risken att olägenheter uppstår. Byggindustrin och angränsande branscher har ökat fokus på dessa frågeställningar, genom att till exempel utföra fuktsäkra projekteringar och att kvalitetssäkra projekten genom att kontrollera att det byggs enligt projekteringen.

Mögelsporer kräver vissa förhållanden för att kunna gro och det som oftast är den kritiska faktorn är tillgången på vatten i materialet (Johansson, 2012). Många mögelproblem uppkommer i fuktutsatta eller fuktskadade delar av byggnader. Mögel är uttorkningstolerant och kan även efter en lång uttorkningsperiod fortsätta ämnesomsättningen när det fuktas upp (Carlile et

al., 2001). För att förhindra mögelpåväxt måste tillgången på vatten i byggnadsmaterialet hållas under den kritiska fuktnivån för mögeltillväxt. Detta kan vara svårt i vissa delar av konstruktionen där fuktnivåerna är höga, särskilt med trä som innehåller gott om näring för mögel.

Trä är ett vanligt byggnadsmaterial i Sverige och används förutom i konstruktioner även i inredning. För att minska problemen med fuktskador på trä har det tagits fram olika sorters behandlingar och modifieringstekniker. Dessa tekniker är främst avsedda att förhindra att rötsvampar får fäste i träet, eftersom de bryter ner materialet så att hållfastheten försämras (Burström, 2007). Material som utsätts för mögel kommer inte brytas ner utan möglet växer på ytan av materialet. Ju mer påväxt det blir desto hälsoskadligare blir det för människan.

Mycket forskning har gjorts kring hur träbaserade material påverkas vid olika temperaturer och fukttillstånd. Forskningen om behandlat och modifierat trä har huvudsakligen berört hur detta står emot rötangrepp (The WoodExter partners, 2011, Alfredsen, 2008). Gobakken och Westin, (2008) har gjort en undersökning om hur mögeltillväxten ser ut på modifierad furu när den har en beläggning av något slag, exempelvis färg. Nilsen (2004) och Johansson (2012) har undersökt mögelpåväxt på olika byggnadsmaterial såsom plywood, olika sorters gipsskivor, asfaltpapp, med flera.

Den här rapporten beskriver en undersökning om mögeltillväxt på modifierad och behandlad furu. Jämförelsen har gjorts mellan behandlad och modifierad furu och med obehandlad furu vid fyra fuktighetstillstånd mellan 85-98%.

Vid genomförandet av mätningarna har en metod använts som är utarbetad inom *Woodbuild*, vilket är ett forskningsprojekt mellan *SP, Sveriges Forskningsinstitut* och *LTH, Lunds Tekniska Högskola*. Detta har gjort det enkelt att få tillgång till material för beskrivning av den använda metoden, *SP Method 4927*. Undersökningen grundar sig på litteraturstudier samt mätningar av mögelpåväxt i laboratorium.

1.2 Syfte och mål

Syftet med den här undersökningen är att ta reda på om det finns något av de studerade furumaterialen, med eller utan behandling eller modifiering, som står emot mögel bättre. Undersökningens mål är att se vilket av furumaterialen som är mest motståndskraftigt emot påväxt av mögel samt få fram ett kritiskt fukttillstånd för de olika furumaterialen.

Rapporten ska också ge en översikt om de alternativa furumaterialens uppbyggnad och funktion.

1.3 Problemformulering

- Är det någon skillnad mellan behandlingarna och modifieringarna, vad det gäller mögeltillväxten?
- Ta reda på acetylerad, furfurylerad, tryckimpregnerad och värmebehandlad furus kritiska fukttillstånd.

1.4 Begränsningar

En begränsning i undersökningen är tidsaspekten som inte kommer att kunna motsvara det verkliga fallet av mögeltillväxt i byggnader då examensarbetet är begränsat till femton veckor. Det har funnits möjlighet att studera mögeltillväxten i ungefär fem veckor på grund av planering, förberedelser och inläsning av metoder.

2 Teori

I detta avsnitt av rapporten beskrivs grundläggande begrepp om fukt och mögel och byggnaders inomhusklimat. Här presenteras också hur trä är uppbyggt och egenskaper för modifierat och behandlat furu.

2.1 Inomhusklimat

För människans välbefinnande har inomhusklimatet en mycket stor betydelse, eftersom större delen av livet spenderas inomhus (Schulz et al., 1999, Peitzsch et al., 2012). Det är viktigt att inomhusmiljön anpassats så risk för ohälsa inte föreligger för de som vistas där. För att förvalta byggnader på ett bra sätt och upprätta en god inomhusmiljö ska förvaltaren följa en mängd föreskrifter, förordningar, författningar och lagar.

Boverket är det myndighetsorgan som har det huvudsakliga ansvaret för regler och anvisningar inom byggande och förvaltning av byggnader. De samlade byggreglerna finns i en regelsamling som kallas *Boverkets byggregler*, BBR (Boverket, *Lag och rätt*). PBL, *Plan- och bygglagen*, är den viktigaste lagen, men Miljöbalken har under senare år fått en alltmer ökande betydelse som styrmedel inom bygg- och fastighetsbranschen.

Det har gjorts ett antal studier angående mögel i byggnader där forskare kommit fram till att mögel kan orsaka luftvägsinflammation, astma, eksem och allergier (Bornehag et al., 2001, 2004, Flannigan et al., 1991, Haverinen-Shaughnessy et al., 2012). Orsaken till att risk för ohälsa föreligger är sannolikt de typer av organismer som groer i ett klimat med stor tillgång till fukt och näring (Johansson et al., 2012). Till denna grupp hör mikrobiella organismer och kvalster som ger ifrån sig allergiframkallande ämnen. Även emissioner och kemikalier som avges ifrån exempelvis möbler bidrar till försämrad hälsa (Dalbom och Warfvinge, 2010).

Exakt hur människan drabbas och vad det är som gör att man mår dåligt av mögel i byggnader är långt ifrån klarlagt, och det är troligen ofta många faktorer som samverkar. Det är dock tydligt att fuktskadade byggnader är ett stort hälsoproblem i dagens samhälle och detta bör tas på största allvar (Allermann och Poulsen, 2002, Stenberg et al., 1994). Med tanke på detta är det viktigt att kontrollera hur ett material med en viss motståndskraft mot mögelangrepp klarar att stå emot ett mycket fuktigt klimat (Johansson et al., 2012).

För att förhindra olika typer av fuktproblem bör fungerande konstruktionslösningar och beprövade material med ett visst motstånd användas. Det bör också spridas kunskap om hur fuktskadade byggnader ska hanteras i ett så tidigt skede som möjligt, för att minimera skaderisken (Johansson, 2006, Socialstyrelsen, 2006).

2.2 Fukt

Fukt i byggnader ett stort problem i Sverige och ifrån 1986 till 2006 fick *Småhusskadenämnden* in över 14000 ansökningar om kostnadsbidrag ifrån småhusägare som vill åtgärda fuktproblemen (Johansson, 2006).

Fukt i byggnader är ett vitt begrepp som innehåller många olika fuktkällor;

- Markfukt
- Byggfukt
- Läckage ifrån installationer
- Regn, slagregn
- Fuktighet i utomhusluften
- Fuktproduktion inomhus

(Burström, 2007).

Den relativa fuktigheten är ett begrepp som allmänt används i sammanhang med fukt. Detta begrepp förkortas RF och är det enhetslösa förhållandet mellan ånghalten, v och mättnadsånghalten, v_s (se Ekvation 1). Ånghalt (kg/m^3) är den mängd vatten som finns i luften och mättnadsånghalt (kg/m^3) är den ånghalt som luften maximalt kan ha utan att kondensera. Mättnadsånghalten är temperaturberoende och höjs temperatur kan luften innehålla större mängd vatten. När den relativa fuktigheten når 100% kondenserar fukten, detta kallas även daggpunkten (Burström, 2007).

$$\Phi = v/v_s$$

(1)

För att mäta hur mycket vatten ett material innehåller, använder man kvoten av det förångningsbara vattnets massa och materialets torra massa, vilket ger *fuktkvoten* u för ett visst material (se Ekvation 2) (Burström, 2007).

$$u = m_{\text{förångningsbart vatten}} / m_{\text{torra materialet}}$$

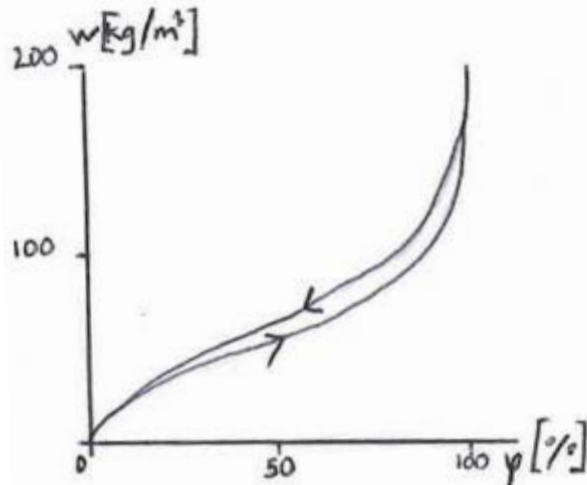
(2)

Fukthalt är ett mått på hur mycket vatten ett material innehåller. Den förkortas med w och har enheten (kg/m^3). Fukthalten beräknas med materialets densitet och fuktkvot (se Ekvation 3) (Burström, 2007).

$$w = \rho u$$

(3)

Sambandet mellan fukttillståndet i ett material och den relativa fuktigheten ges av materialets sorptionskurva. Se Figur 1 för en sorptionskurva för furu. Det finns två kurvor, en för uttorkning av materialet (desorptionkurvan) och en för uppfuktning av materialet (absorptionkurvan) (Burström, 2007).



Figur 1. Principskiss av sorptionskurva för furu enligt Burström (2007). Den övre kurvan visar desorption och den undre kurvan visar absorption.

Kritiskt fukttillstånd är ett gränsvärde för den mängd vatten ett material kan innehålla utan att deformeras eller brista i beständighet och funktion. För att kunna bestämma det kritiska fukttillståndet för ett material är det nödvändigt att testa materialet vid olika relativa fuktigheter (Johansson, 2012). Om ett material får mögelpåväxt vid ett klimat med 90% RF men inte vid 85% RF ligger den kritiska nivån däremellan.

Det vanligaste sätt som fukt transporteras i byggnader är genom fuktkonvektion, alltså när fukt förs bort med hjälp av luftrörelser. Detta utnyttjas exempelvis när fukt ska föras bort vid mänsklig aktivitet i hemmet som till exempel vid matlagning, tvätt, människors andning och så vidare (Holme et al., 2010). Fuktkonvektionen kan tyvärr orsaka stor skada om fukt transporteras genom otätheter i hus och når kallare konstruktionsdelar där fukten kondenserar. Detta är framförallt ett problem om det är olika lufttryck i byggnaden, varmt på den sidan med högt lufttryck och kallt på den sidan med lågt lufttryck. Ett annat exempel är att fukt kan kondensera i takkonstruktionen på ett hus, där det ofta är övertryck (högst upp i byggnaden) (Burström, 2007).

Den vanligaste orsaken till skador i en byggnad är fukt. Exempel på fuktskador för trä i byggnader kan vara att trä ruttnar och bryts ner av

svampar, sväller eller torkar och spricker. Trä kan även få påväxt av mögelsvampar. Det är viktigt att upptäcka var källan till den höga fukthalten kommer från, det kan bland annat bero på diffusion, läckage, hög fukthalt i materialet eller markfukt så detta kan åtgärdas med bästa metod (Johansson, 2006). För att bedöma om materialet nått ett kritiskt fukttillstånd används olika fuktkriterier (se Tabell 1) (Burström, 2007).

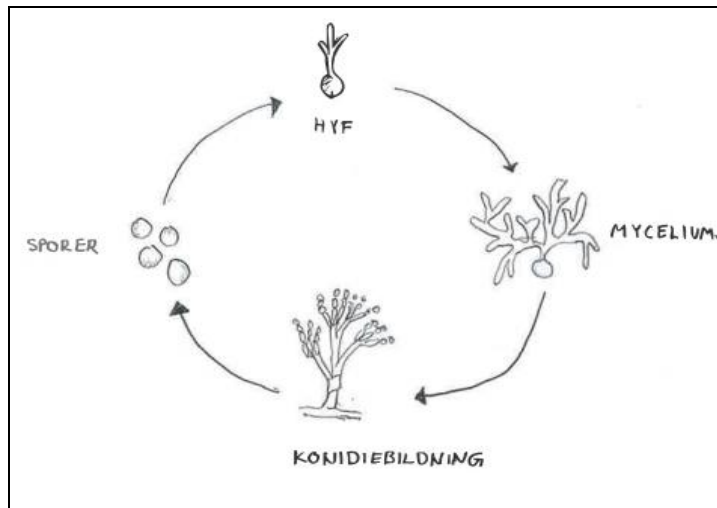
Tabell 1. Exempel på kritiska fukttillstånd för trä (Burström, 2007)

Material, orsak	Ingen risk	RF(%)	
		Måttlig risk	Stor risk
Trä, rötsvamp	<75	75-95	>95
Trä, mögelangrepp	<70	70-85	>85

2.3 Mögel

Mögel är ett samlingsnamn för en stor grupp av olika arter av mikrosvampar. Mikrosvamparna har en viktig roll i ekosystemet eftersom de bryter ner organiskt dött material så att näringsämnena kan användas på nytt (Johansson, 2012). Möglets näring kan vara trä materialet som möglet växer på, men även smuts som samlats på materialet. En åtgärd för att minska mögelangrepp kan därför vara att se till att de varor som tillverkas hålls rena under hela byggprocessen och då de väntar på kommande arbetsmoment placeras på ett ställe där risken för nedsmutsning är begränsad (Johansson, 2006).

Mögelsvampar är saprotrofa organismer vilket innebär att de lever av organiskt dött material. Sporer börjar gro när det finns tillräcklig tillgång på vatten och näring och ligger inom rätt temperaturintervall och pH-värde (Johansson, 2012). Då bildas ett mycel av tunna trådar så kallade hyfer. Mögelsvampen har en asexuell förökningsprocess och från mycelet sker en konidiebildning det vill säga asexuella sporer. Förökning går snabbt och på ett par dagar kan stora mängder sporer bildas (Socialstyrelsen, 1984). Sporerna frigörs sedan till omgivningen och kan med vinden färdas och spridas långa sträckor. I Figur 2 beskrivs möglets livscykel. Sporerna kan överleva länge i väntan på rätt förhållande för att gro. Mögel är uttorkningstolerant och kan även efter en lång uttorkningsperiod fortsätta ämnesomsättningen när det fuktas upp (Carlile et al., 2001).



Figur 2. Möglets livscykel enligt Johansson (2012).

Tillgång till vatten i materialet är ofta den kritiska faktorn om mikrobakteriell påväxt ska ske (Johansson, 2012). Mängden vatten som krävs för att sporer ska börja gro varierar mellan olika arter. Vattenaktiviteten A_w är det tillgängliga vattnet i ett material och uttrycks med Ekvation 4 när RF är i jämvikt med omgivningen.

$$A_w = \Phi \quad (4)$$

Mögelsvampar kan delas in i tre klasser som utgår från det lägsta värde av A_w som krävs för att de ska börja gro. Primära kolonisatörer kräver ett A_w större än 0.80 här ingår *Penicillium* spp och *Aspergillus. versicolor*, sekundära kolonisatörer har ett A_w mellan 0.80-0.90 här ingår *Cladosporium* spp, tertiära kolonisatörer kräver ett A_w större än 0.90 här ingår *Ulocladium* spp (Grant et al., 1989). Det lägsta värde av A_w som mikobakteriell påväxt sker på byggnadsmaterial är 0.78-0.80 för de mest mottagliga materialen (Nielsen, 2004).

I mögelsvampens ämnesomsättning produceras sekundära metaboliter i stora mängder och fungerar som en slags kommunikation med omvärlden framförallt med andra svampar. Mykotoxiner är sekundära metaboliter som kan orsaka allergiska reaktioner (Nielsen, 2002). Studier som är utförda under åren 1960-1990 har visat att det finns svampar i de flesta typer av miljöer. Både inomhus, utomhus på landsbygden och i städer såväl som i hemmet som på arbetsplatsen (Cabral, 2010).

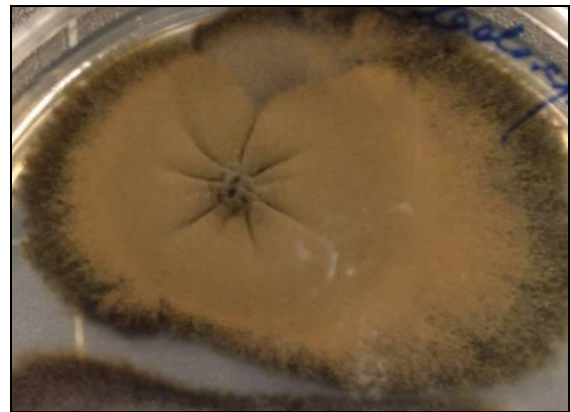
Arten *Penicillium chrysogenum* är känd för att producera det vanligt förekommande läkemedlet penicillin. Penicillin är en produkt av svampens metabolism liksom roquefortin C och meleagrinn, vilka alla klassas som giftiga (Samson et al., 2000). *P. chrysogenum* är vanligt förekommande i

inomhusmiljöer och i en undersökning av mögelpåväxt på olika sorters byggnadsmaterial var *P. chrysogenum* den dominerande arten (Bok och Nilsson, 2009, Flannigan et al., 1991). Figur 3 visar *P. chrysogenum*s som här är ljus och vit men oftast har en grön-grå ton med en vit kant när den växer på agar.

Arten *Cladosporium sphaerospermum* dominerar utomhusfunger (Flannigan, 2002). Den förekommer naturligt på växtblad men påträffas ofta på väggfärg, trä, tapet och fogmassa speciellt i badrum (Nielsen, 2002). Figur 4 visar *C. sphaerospermum*s karaktär när den växer på agar.



Figur 3. *P. chrysogenum* som används i undersökningen.



Figur 4. *C. sphaerospermum* som används i undersökningen.

2.3.1 Skadeverkan

Förutom att mögelsvampar kan orsaka allergier kan de även vid gynnsamma förhållanden för svampen producera mykotoxiner som kan förgifta människor och djur (Carlile et al., 2001). Främst finns detta problem vid förtäring av till exempel mögelangripna jordnötter, men i fuktiga inomhusmiljöer kan mykotoxiner bli ett hälsoproblem. Ett annat vanligt problem med mögeltillväxt är att det uppstår dålig lukt vilket också kan leda till hälsoskadliga effekter (Johansson, 2006).

Svampar som angriper byggnadsmaterial delas in i huvudgrupperna missfärgande svampar och rötsvampar. Mögelsvampar tillhör gruppen missfärgande svampar som inte bryter ner vedfibrerna i träet utan endast finns ytligt på materialet. Missfärgade staket, fasader och snickerier är vanligt förekommande (Burström, 2007).

Träets hållfasthet påverkas inte av mögelsvampar men däremot är det en indikator på att den relativa fuktigheten är hög och att även rötsvampar kan få fäste (Burström, 2007). Rötsvampar trivs nämligen i samma miljöer som mögelsvampar fast kräver högre fuktighet. Ofta avslöjar jordluft och

missfärgning påväxt, därför är det viktigt att vara uppmärksam på dessa tecken så att det går att åtgärda skadan i tid. Bästa sättet att sanera mögel i en byggnad är att byta ut de drabbade delarna.

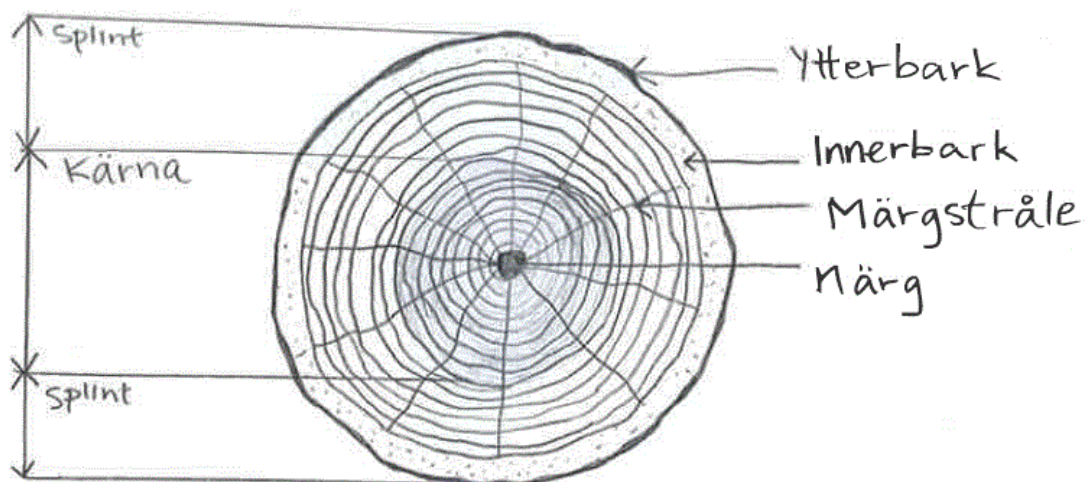
2.4 Materialet

Trä är ett organiskt material som binder mer hygroskopisk fukt (förmågan att avge och uppta vattenånga) än oorganiska material. Detta beror till största delen på att träets molekyler ser helt annorlunda ut än de oorganiska materialens molekyler. Vattnets molekyler tränger in i träets molekylstruktur som ökar i volym. Detta beskrivs som träets hygroskopiska vattenabsorption (Burström, 2007).

2.4.1 Träets uppbyggnad

Trä har många komponenter men de tre som syns tydligast i genomskärning är barken som sitter ytterst efter det kommer veden och innerst sitter märgen. Det yttersta lagret, barken kan delas upp i ytterligare två delar: ytterbarken, som består av döda tråceller men som skyddar stammen, och innerbarken som är uppbyggd av levande tråceller som sköter förflyttningen av näring från trädets krona (Burström, 2007).

Trädets tillväxt sker i en del av trädet som kallad kambium. Detta är ett skikt som ligger mellan barken och veden där trädets celler delas och skapar nya ved- och barkceller. För barrträd (furu) sker transporten av näring i dess längsgående fibrer som benämns trakeider. Om näringstransporten går i sidled är det mägstrålar som genomför detta. Mägstrålarna ser till att näringen går ifrån innerbarken med radiell riktning inåt i träet (Burström, 2007). Figur 5 visar en trädstam i genomskärning.



Figur 5. Tvärsnitt genom trästam med grundläggande begrepp enligt Burström (2007).

Det finns i huvudsak två delar i trä som man bör skilja åt. Splint som är vedens yttre del och kärnan som är vedens inre del. Kärnan bildas av cirka 30 år gammal ved och finns alltså inte i trädet ifrån början. Kärnbildningen är en effekt av att transportsträckorna i veden är tilltäppta och detta i sin tur leder till att kärnan inte är aktiv i trädets transport av näring (Burström, 2007).

I vissa träslag som exempelvis furu lagras kåda och olika slag av fungicider i kärnan. Dessa kallas extraktivämnen och gör bland annat träet mer beständigt och minskar trädets benägenhet att absorbera vatten. För furu är splintveden betydligt ljusare än kärnveden. Det är dock ingen större skillnad i hållfastheten mellan splint- och kärnved. Densiteten för furu ligger mellan 480 och 530 kg/m³ (Burström, 2007).

Långa celler bygger upp vedens struktur som är i längsgående riktning i träet. Trädets celler är en slags fibrer som är ihåliga och bildar en typ av rörsystem vilket förklarar varför trä är ett anisotropt material, det vill säga har olika egenskaper i alla riktningar. Primärväggen är en cellvägg och den är uppbyggd av cellulosa och är ihoplimmad med andra primärväggar som i sin tur sitter ihop med sekundärväggar. Sekundärväggarna är den största delen av fibrerna i träet. Träet består huvudsakligen av tre olika typer av molekyler cellulosa, hemicellulosa och lignin. Dessa bildar en slags strängar som brukar kallas fibriller, som i sin tur är uppbyggda av mikrofibriller som innehåller cellulosamolekyler vilket ger träet dess styrka (Burström, 2007).

Fibrerna sitter samman med varandra med hjälp av pektin i det som kallas mittlameller. Förutom de tre huvudbeståndsdelarna finns det även mindre mängder av harts, fett, protein, garvämnen och mineraler i trä (Burström, 2007).

2.4.2 Referensobjektet, obehandlad furu

2.4.2.1 Furu

Beständighet hos obehandlad furu är olika för kärnved och splintved. Kärnved är det trä som finns inuti trädets kärna och därav namnet. Egenskaperna för kärnved och splintved skiljer sig åt. Exempelvis sker uppfuktningen snabbare i splintveden i jämförelse med kärnveden. Kärnved har alltså mindre fuktbetingade rörelser än splintved. Det är allmänt känt att furu med hög andel kärnved har mycket god beständighet mot mögelpåväxt. Detta beror på att kärnved inte är benägen att ta upp lika mycket vatten som splintved och att den innehåller pinosylvina fungicider (Burström, 2007), ett ämne som verkar som ett slags ”bekämpningsmedel” mot biologiska angrepp naturligt i obehandlad furu.

2.4.3 Modifierad furu

Modifierat trä är nya typer av kommersiellt tillgängliga produkter som skall vara miljövänliga alternativ till tåliga trämaterial som exempelvis teak och andra tropiska träslag. Det finns dock inga normer som fokuserar på granskningen av modifierat trä (De Vetter et al., 2009).

Vid modifiering av trä stärks materialet och blir mer motståndskraftigt mot rötsvampar (Träguiden, *Modifiering*). Grunden för kemisk modifiering av trä är att ändra dess egenskaper samt förbättra dess stabilitet (Rowell, 2005). Det är fråga om att förändra i trädets celler och göra det mer tåliga och hållbara mot biologiskt angrepp. Modifieringarna ser olika ut beroende på vilken process som används vid bearbetningen av träet och vilka kemiska ämnen som de prepareras med.

Kemisk modifikation definieras olika av olika författare men Rowell (2005) anser att den kemiska modifieringen är en kemisk reaktion mellan reaktiva delar av träet. En enda enkel kemisk reagens, med eller utan katalysator krävs, för att bilda en kovalent bindning. Detta utesluter alla enkla kemiska behandlingar där impregneringen inte skapar kovalenta bindningar (Rowell, 2005). Det finns flera sätt att modifiera cellväggen beroende på vilka egenskaper som ska förändras. Om syftet är att få materialet vattenavvisande ska den hydrofila karaktären hos cellväggen minskas. (Rowell, 2005).

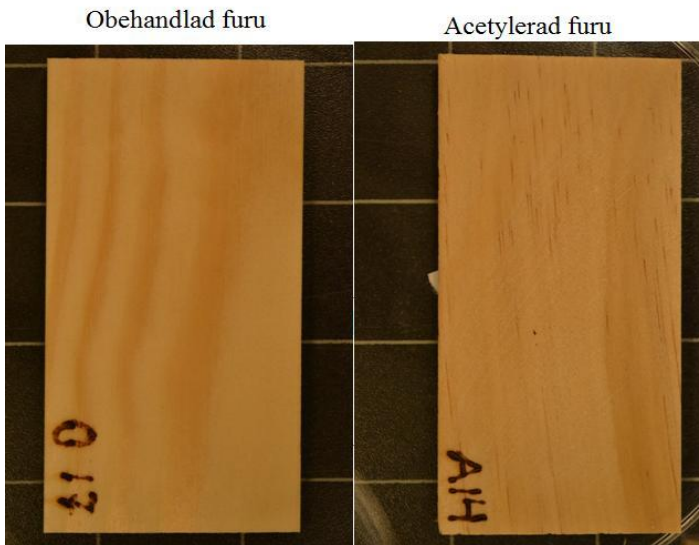
2.4.3.1 Acetylerad furu

Acetylering av trä utförs genom att trä reagerar med ättiksyraanhydrid (Rowell, 2005). Det är en slags tryckimpregnering men istället för att använda träskyddsmedel i processen så används ättiksyraanhydrid. Ättiksyraanhydrid reagerar med träet vid en temperatur av 120 till 130 °C (Träguiden, *Modifiering*). Det resulterar i föreningar av hydroxylgrupper (en väteatom och en syreatom) som går in i träets cellväggar (Rowell, 2005). Ättiksyra bildas som en biprodukt och kan avdrivas på flera olika sätt. Den vanligaste processen i Sverige är vakuumbekantning i en mikrovågsreaktor (Träguiden, *Modifiering*).

Acetylerat trä som används i utomhusmiljöer är känslig för vittring och nedbrytning. Det kan leda till missfärgning på materialets yta, materialets ljusa karaktär går förlorad och ytan på materialet förstörs (Träguiden, *Modifiering*). Materialet har ett ljusare yttre i jämförelse med obehandlad furu (se Figur 6). Forskning har visat att acetylerat trä är mer motståndskraftigt mot brunröta, vit röta (rötsvampar) och mjuk röta (mögelsvamp), och mer formstabila än vad obehandlat trä är. Acetylerat trä har fortfarande en benägenhet att drabbas av mögelpåväxt som missfärgar materialet (Gobakken et al., 2011).

I en undersökning gjord av Gobakken et al. (2011) där obehandlad furu jämförts med furu som har olika höga halter av acetylering blev resultatet att acetylerad furu hade lägre grad mögelpåväxt än obehandlad furu. Det upptäcktes också att prover med låg acetylhalt hade mindre mögelpåväxt än prover med högre acetylhalt. Detta inträffade bara på en av de två platser som undersökningen gjordes på. En av förklaringarna till detta kan vara att i Ås, Norge där den mindre acetylhaltiga furun stod emot mögel bättre än den högre acetylhaltiga furun, hade större mängd nederbörd än den andra platsen (Bogesund, Sverige) (Gobakken et al., 2011).

I undersökningen av Gobakken et al. (2011) framkom det att de proverna som var placerade i Ås och låg i nordlig riktning hade större mögeltillväxt på sig jämfört med dem som var placerade i sydlig riktning. Detta skulle kunna bero på att de prover som var placerade i sydlig riktning fick mer direkt solljus på sig vilket minskar exponering av fukt under en längre tid och träet fick torka ut i större utsträckning (Gobakken et al., 2011). Acetylerat trä har i vissa studier visat sig vara mer mottagliga för fläckar och mögelsvampar än andra jämförbara träbaserade material (Gobakken och Westin, 2008., Gobakken och Lebow, 2010a, Gobakken et al., 2010b).



Figur 6. Referensmaterialet, obehandlad furu t.v. och acetylerad furu t.h.

2.4.3.2 Furfurylerad furu

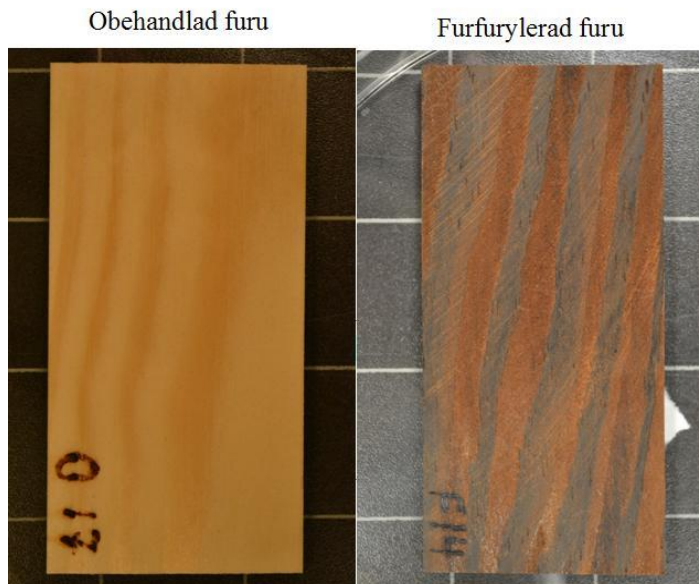
Furfurylerad furu är trä modifierad med furfurylalkohol, marknadsförs för närvarande som ett giftfritt alternativ till mer traditionella konserveringsmedel i behandlat trä som impregneras med biocider (Lande et al., 2004b, Lande et al., 2004c).

Under de senaste decennierna har impregneringsprocessen för trä utvecklats. Processen har bytt katalytiskt system (ämnen som startar den kemiska processen) och gått ifrån att konservera trä till att modifiera dess kemiska struktur. Framställningen av furfurylalkohol, (FA) har förändrats och istället för att tillsätta metaller och halogener i produkten användas giftfria ämnen (Lande et al., 2004a) som exempelvis björkflis, majs och sockerrör (Pilgård et al., 2010). Furfurylalkohol-lösningen är en vattenlösning med FA samt katalysatorer som tillsätts i trä för att göra materialet mer beständigt (Pilgård et al., 2010). Processen gör att den kemiska strukturen i materialet förändras (Träguiden, *Modifiering*).

Furfurylalkoholens molekyler tränger in i träets cellväggar och polymeriserar, det vill säga länkar samman cellerna (Pilgård et al., 2010). Sammanslagningar av cellväggarna hindrar vattenmolekyler från att komma åt en viss del av cellväggen (De Vetter, 2009). Detta resulterar i en permanent uppsvällning av väggarna i träcellen. Det är oklart huruvida kemiska bindningar finns mellan furfurylalkoholpolymeren och träet (Pilgård et al., 2010).

Processen är jämförbar med den som sker för tryckimpregnerad furu men med helt andra tillsatsämnen. Furu torkas i en vakuamtork vid temperaturen 100°C. Materialet blir beständigt mot så väl syra som lut. Materialet får också en

annan hårdhet och blir mörkare och mer stabilt (Träguiden, *Modifiering*). Materialets utseende syns på Figur 7 där den mörka karaktären på träet syns tydligt.



Figur 7. Referensmaterialet, obehandlad furu t.v. och furfurylerad furu t.h.

2.4.3.3 Värmebehandlad furu

Värmebehandlad furu är en typ av termisk modifiering som görs för att öka beständigheten i materialet. Modifieringsprocessen sker genom att träet värms upp i ett tillslutet kärl utan syre där temperaturen varierar mellan 180-240 °C. Detta pågår i ungefär 10 till 40 timmar (Rapp, 2001, Burström, 2007).

Enligt Rapp (2001) påverkas träet av tiden och temperaturen under modifieringsprocessen. För att få ett bra skydd mot biologiska angrepp ska temperaturen vara minst 220 °C och behandlas i minst tre timmar. Efter modifieringsprocessen får materialet en långsammare vattenupptagningsförmåga och cellväggarna tar upp mindre vatten på grund av den minskade mängden hydroxyl- grupper. Till följd av den minskade mängden hydroxyl-grupper blir fuktrörelserna (krympning och svällning) i träet mindre (Rapp, 2001).

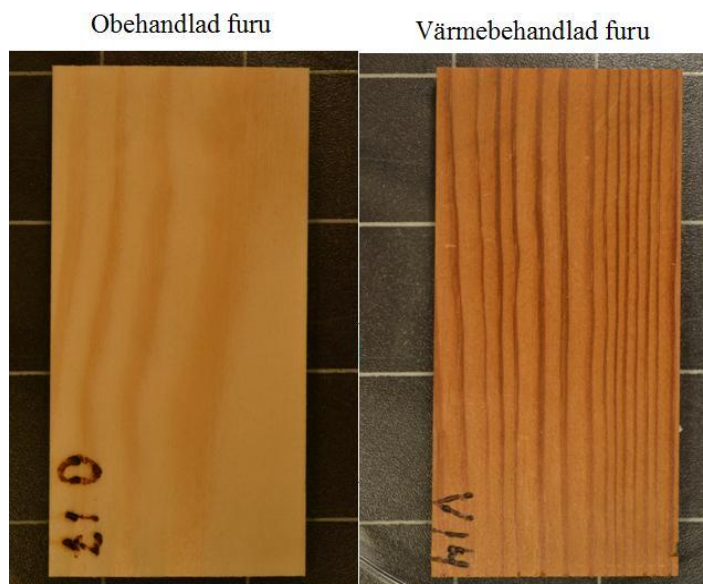
När trä behandlas vid höga temperaturer blir motståndskraften mot rötsvamps angrepp bättre. Däremot blir materialet sprödare, dess elasticitet samt draghållfasthet försämras mellan 10% - 30% (Rapp, 2001). Behandlingen ger träet en högre motståndskraft mot främst rötsvampar (Träguiden, *Modifiering*). Träets fysikaliska och tekniska egenskaper förändras. Exempel på detta är bland annat färgen före behandling (se Figur 8). Obehandlat furu har vanligtvis en mycket ljus karaktär på träet men efter värmebehandling blir

träet mycket mörkt brunt. Vid exponering av materialet i solen blir det sedan en mer grå ton på materialet (Träguiden, *Modifiering*).

Värmebehandlad furu används främst för utomhusbruk, exempelvis som möbler, fönster och dörrar mm. Om materialet skall tåla större väderrelaterade påfrestningar som exempelvis vittring eller nedbrytning av UV-strålning behöver temperaturen i processen vara över 200 °C. Vid så höga temperaturer minskar hållfasthetsegenskaperna (Rapp, 2001).

Användningsområden för värmebehandlad furu är begränsade till inomhusmiljön och utomhus ovan mark (Träguiden, *Modifiering*). Även om rötbeständigheten förbättras när virket värmebehandlas vid hög temperatur är det inte rekommendera den här typen av material vid användning i markkontakt (Rapp, 2001). Inomhus används materialet till bland annat panel och golv. Utomhus kan det exempelvis användas som fasadpanel och fönster (Träguiden, *Modifiering*). I Figur 8 syns tydligt hur materialet är mörkare och mer brunaktigt än obehandlat furu.

I en undersökning som gjorts av Edlund och Jermer (2004) testades materialets hållbarhet mot röta i laboratorium. Materialet verkar vara mindre känsligt för missfärgningsorganismer än obehandlat trä. Trä som behandlas med träskyddsmedel som innehåller koppar skyddar dock bättre (Edlund och Jermer, 2004).



Figur 8. Referensmaterialet, obehandlad furu t.v. och värmebehandlad furu t.h.

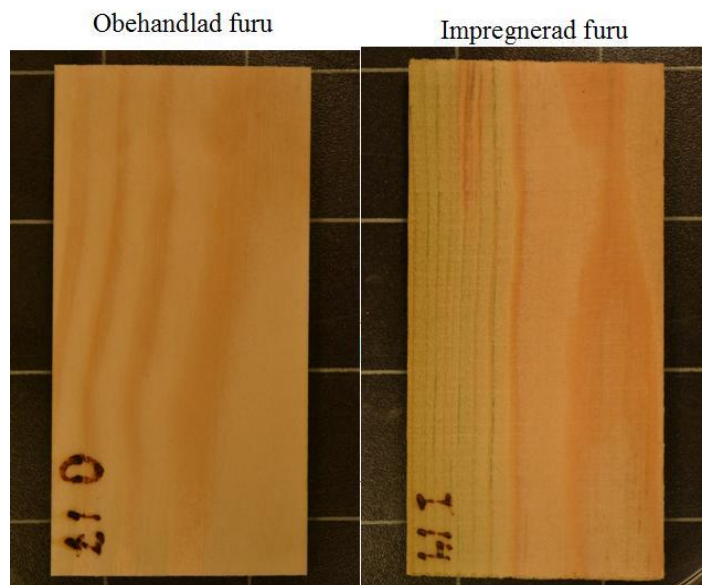
2.4.4 Behandlad furu

Det enda behandlade materialet som är med i den här undersökningen är tryckimpregnerad furu.

2.4.4.1 Tryckimpregnerad furu

Tryckimpregnerade material används främst för att hindra mikrobiell påväxt av rötsvampar. Den här typen av behandling ger dock inte lika stort skydd mot exempelvis mögeltillväxt eller missfärgning av träet, såkallad blånad (Träguiden, *Träskyddsklasser*). Detta kan betyda att i de fall där mögeltillväxt uppstår på materialet, måste det inte nödvändigtvis innebära att det finns risk för rötsvamp att etablera sig då tryckimpregnerad furu står emot den typen av angrepp förhållandevis bättre än mögeltillväxt. Dock bör detta ändå uppmärksammas eftersom mögeltillväxt är en indikator på att det är för hög fukttillförsel till materialet (Träguiden, *Träskyddsklasser*).

Träet som tryckimpregneras utsätts för träskyddsmedel som tränger in materialet och absorberas. I den här processen används koppar i vattenlösliga träskyddsmedel vilket ger träet dess typisk gröna infärgning och karakteristiska igenkännande som kan ses i Figur 9 (Träguiden, *Träskyddsklasser*).



Figur 9. Referensmaterialet, obehandlad furu t.v. och tryckimpregnerad furu t.h.

De metaller och halogener som bland annat har använts vid konservering i Europa och USA är CCA, som är en koppar-, krom- och arsenik- saltlösning. CCA är känt för att motverka svampväxt och motstå annan biologisk tillväxt men är också mycket miljöfarligt (Lande et al., 2004a, Pilgård et al., 2009).

Beroende av vilket användningsområde träet är till för och vilken typ av träslag som används finns det olika träskyddsklasser. Dessa är framtagna av Nordiska Träskyddsrådet, *NTR*. Träskyddsklasserna omfattas av en standard som anger vilka krav som ställs på tryckimpregnerat virke och vilken klassindelning träet tillhör (Träguiden, *Träskyddsklasser*).

3 Metod

I undersökningen inokulerades furumaterialen med två mögelarter som är vanligt förekommande i byggnader. Med inokulation menas att mögelsporerna ympades in genom att spruta en blandning med sporer över träprovkropparna. Sedan studerades tillväxten av mögel på de olika behandlingarna och modifieringarna av furu.

3.1 Mätförsök av mögelpåväxt

3.1.1 Tillvägagångssätt

Laborationstesterna har genomförts enligt SP Method 4927 (Johansson, 2012). De behandlade och modifierade trämaterialen som har undersökts inokulerades med sporer från utvalda mögelsvampar. Därefter skedde inkubationen (tiden då möglet gror) i klimatboxar med konstant relativ fuktighet och temperatur. Detta gjordes under fem veckor, två veckor in i försöket undersöktes provkropparna första gången med mikrostereoskop och bedömdes enligt SPs modell. Detta gjordes sedan varje vecka.

3.1.2 Mögelsporblandningen

De olika mögelarterna som använts i sporblandningen är *P. chrysogenum* och *C. sphaerospermum*. Vattnet till sporblandningen steriliserades med en certoklav vid 121 °C under 15 minuter. Alla verktyg och instrument som använts i testet sköljdes i destillerat och avjoniserat vatten och rengjordes med alkohol innan användning.

Svamparna skördades genom att försiktigt skrapa på svampens ovansida så att så många sporer som möjligt förblev oförstörda, och rördes sedan ner i destillerat, avjoniserat och steriliserat vatten med Trypanblå färgning. För att bedöma hur många sporer som fanns i blandningen räknades de med hjälp en haemocytometer, som är en tunn glasskiva med ett rutnätsystem ingraverat.

3.1.2.1 Sporräkning med haemocytometer

Utrustning:

Haemocyometer

Täckglas

Sporblandning

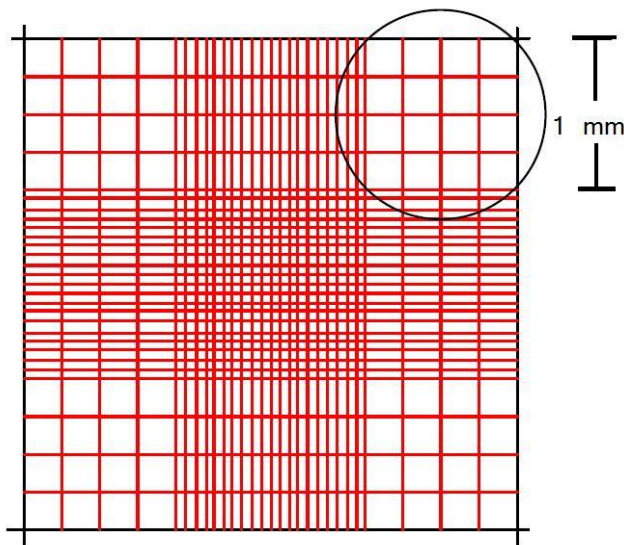
0.4 % Trypanblå färg

Mikropipett

Mikroskop

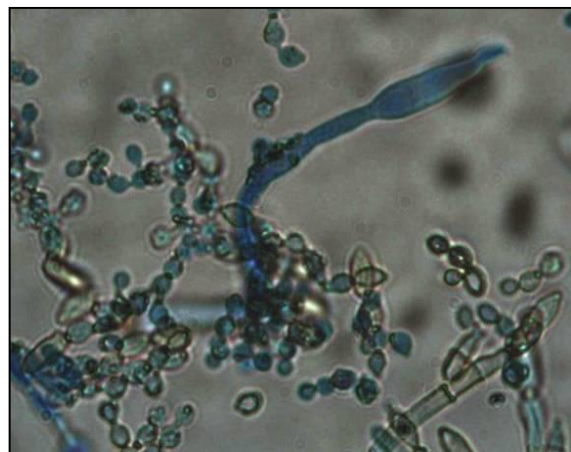
Tillvägagångssätt:

Tillsätt 0.4% trypanblå till sporblandningen och rör om försiktigt. Se till så att haemocytometern och täckglaset är sterila genom att torka av med 70 procentig alkohol. Placera täckglaset över haemocytometern och pipettera 10 μ l av blandningen vid kanten på täckglaset, där blandningen genom kapillärsugning förs in under täckglaset. Med mikroskop urskiljs haemocytometerns rutnät som används vid sporräkningen. Sporerna räknas i de fyra hörnkvadraterna som vardera innehåller 16 mindre kvadrater (se Figur 10).



Figur 10. Haemocytometer rutnät

Levande sporer tar inte upp trypanblått och är ljusa och klara, medan de skadade färgas blå. I Figur 11 kan man se sporer av *P. chrysogenum* och *C. sphaerospermum* färgade med typanblått.



Figur 11. *P. chrysogenum* t.v. och *C. sphaerospermum* t.h. fotograferade i mikroskop med förstöringsfaktor 100- 400.

För att få fram antalet sporer per ml tar man medeltalet sporer för en stor ruta multiplicerat med utspädningsfaktorn och 10^3 för att konvertera från mikroliter till milliliter. Eftersom det inte användes någon utspädningsfaktor i sporblandningen behövdes det inte tas hänsyn till denna. Antalet sporer per milliliter var $98 \cdot 10^4$ för *P. chrysogenum* och $74 \cdot 10^4$ för *C. sphaerospermum*. Det fanns 15% fler sporer av *P. chrysogenum* än *C. sphaerospermum* när provkropparna inokulerades.

3.1.3 Sporinokulation

Efter att ha räknat sporererna i sporblandningen för *P. chrysogenum* och *C. sphaerospermum* fördes de ihop till en enhetlig blandning för inokulation på provkropparna. Det finns två olika sätt att applicera mögelsporer på provkropparna. Den ena metoden går ut på att borsta på sporererna med tops eller bomull, det tillförs alltså inget vatten vilket ger ett jämnare RF-värde. Denna metod är inte använd i detta försök, utan här används en metod där mögelsporer blandas med steriliserat vatten och sprutas på proverna.

I och med att det använts en vattenlösning blev den relativa fuktigheten mer okontrollerad, men med denna metod är inplaneringsförmågan större och det blev enklare att uppskatta hur mycket mögelsporer som fanns på provet. Det var till en början tänkt att sporblandningen skulle sprejas på provkropparna så att det blev en jämn fördelning över materialet. Efter att ha provsprejat drogs slutsatsen att det var svårt att kontrollera hur mycket av sporblandningen som verkligen hamnade på provkroppen och att det inte blev så jämnt fördelat som väntat. Eftersom det ansågs viktigt att veta hur mycket spolvatten som sprutades på användes istället en pipett, 1200 μ l spolvatten inokulerades på provkropparna.

3.1.4 Provkropparna

Materialet som det gjorts mätningar på i den här undersökningen är behandlad och modifierad furu samt referensmaterialet som är obehandlad furu. Behandlingarna är framtagna för att skydda träet och förhindra att rötsvampar får fäste och bryter ner materialet. Behandlingarna och modifieringarna är inte framtagna för att skydda mot påväxt av mögelsvampar. Allt furu, behandlat, modifierat och obehandlat, har Annica Pilgård och Jöran Jermer ifrån SP, Träteknik tillhandahållit.

Storleken på provkropparna har valts till 100x50x5mm eftersom denna storlek har använts i Woodbuilds tidigare forskning, exempelvis av Pernilla Johansson som har använt sig av SP Method 4927 (Johansson, 2012), vilken också har följts i den här undersökningen.

Antalet provkroppar var 75 stycken där det har funnits tre replikat för varje furumaterial i varje klimatbox. De relativa fuktigheter som användes var 85%, 90%, 95% och 98%.

Träet har innan försöket förvarats i ett klimat med 17-20 °C och 45-50% RF. För att skynda på processen med att få provkropparna i jämvikt med omgivningen tillfördes vatten innan inokulationen.

3.1.5 Inkubation

Utrustning:

Klimatrum med 25 °C

Klimatboxar

Mikrostereoskop

Pipett

Steriliserat vatten

Den utrustning som har använts till proverna var fem stycken klimatboxar utrustade med fläktar. Klimatboxarna innehöll skålar med den fuktighetsstabiliserande saltlösningen och ett plastgaller. Varje klimatbox innehöll ett mätinstrument för temperatur och relativ fuktighet. En pipett användes när vatten och sporblandning sprutats på proverna och vattnet som använts i alla aspekter i undersökningen var steriliserat. Ett mikrostereoskop användes vid granskningen av provkropparna.

Tillvägagångssätt:

Efter att provkropparna inokulerats med sporer skedde inkubationen i klimatboxar, där provkropparna låg horisontellt på plastgaller med den inokulerade sidan vänd uppåt (se Figur 12). Klimatboxarna var försedda med fläkt, gummilister, galler och täckglas och rengjordes noga med avjoniserat och kokat vatten samt desinfekterades med 70 procentig alkohol. Klimatboxarna placerades i en mörk klimatkammare som höll en konstant temperatur på 25 °C.



Figur 12. Klimatbox med 15 provkroppar som ligger på galler som håller upp dem från behållarna med saltlösningar.

3.1.6 Klimatet

Samtliga provkroppar placerades i ett klimatrum med temperaturen $25\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$ (se Figur 13). De fyra olika RF var representerade i vars en klimatbox. De relativa fuktigheterna kontrollerades kontinuerligt genom hela försöket med hjälp av mätinstrument, därav kunde skillnader i klimatet uppmärksammas och åtgärdas.

Klimatboxarna var försedda med fläktar så att luften rörde om och RF-nivåerna kunde hållas på en jämn nivå med en felmarginal på $\pm 0,5\%$. Utöver fyra klimatboxar med bestämd RF iordningställdes en neutral klimatbox där klimatet var samma som i själva klimatrummet som klimatboxarna befann sig i, provkropparna i denna klimatbox inokulerades inte med sporer utan skulle fungera som referensobjekt.

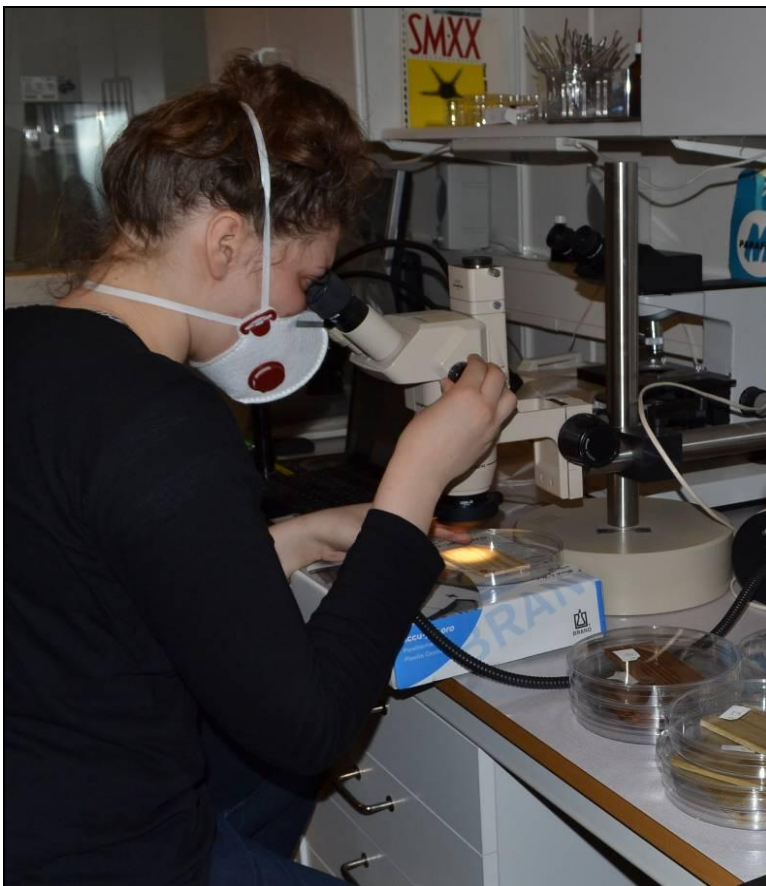


Figur 13. Klimatboxarna i undersökningen placerades i ett klimatrum med 25 °C. Varje klimatbox kopplades till ett aggregat som drev fläkten i boxen.

De relativa fuktigheterna framställdes med hjälp av olika salter som såg till att RF höll sig på rätt nivå. Skålar med saltlösningar placerades i klimatboxarna. De salter som behövdes var kaliumklorid för 85% RF (mättad), natriumklorid för 90% RF (omättad), kaliumnitrat för 95% RF (mättad), och kaliumsulfat för 98% RF (mättad) (Nyqvist, 1984, Chirife och Resnik, 1984). De relativa fuktigheterna valdes efter när tillväxten av möglet gynnas vilket var det fallet där testernas intresse förelåg (Burström, 2007, Johansson et al., 2012, Nevander och Elmarsson, 2009).

3.1.7 Analys av mögelpåväxt

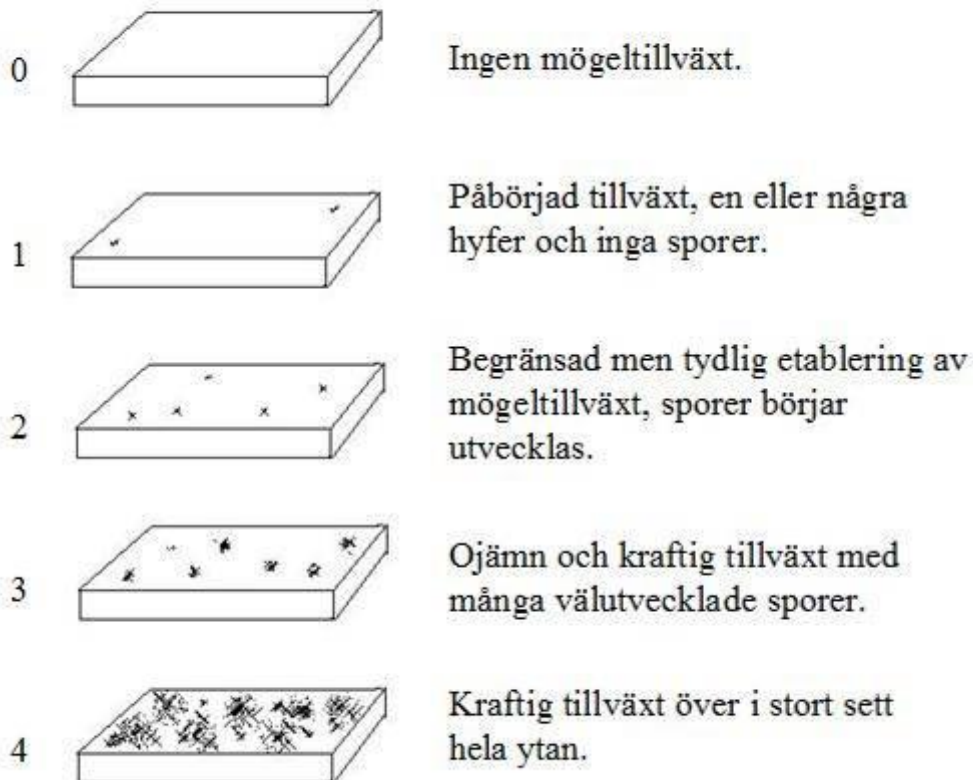
Två veckor efter att inkubationen påbörjats, analyserades de provkroppar som förvarats i klimatboxen med högst relativ fuktighet. Fanns det mögelpåväxt på någon av provkropparna från klimatboxen med högst relativ fuktighet analyserades provkroppar från den näst högsta relativa fuktigheterna och så vidare. Provkropparna avlägsnades från klimatboxen för att kunna undersökas under mikrostereoskop med förstöringsfaktorn 0,67-4 (se Figur 14). Anledningen till att man inte undersökte alla provkroppar berodde på att det inte var troligt att det skulle synas någon påväxt vid en lägre relativ fuktighet om det inte syntes vid den högre (Johansson, 2012). Genom detta sparades en hel del tid.



Figur 14. Provkropparna undersöktes med mikrostereoskop med förstöringsfaktor 0,67-4.

Bedömningen av mögeltillväxten har skett enligt SPs modell med en skala från noll till fyra där det sistnämnda är kraftig påväxt (se Figur 15). Enligt SPs bedömning anses en provkropp som fått rankningen två på skalan som angripen av mögel. Vid bedömningen togs det hänsyn till spridningsfaktorn mellan provkropparna som låg nära varandra.

Rankning av mögeltillväxt



Figur 15. Rankning av mögeltillväxt enligt SP Metod 4927 (Johansson, 2012).

Det fanns tre replikat av furumaterialen i varje klimatbox och för att få fram ett rankningsvärde som låg så nära verkligheten som möjligt användes medianvärdet av replikaten. Provkropparna hanterades försiktigt med sterila handskar och lades i sterila behållare vid undersökningen för att nersmutsning skulle undvikas. Munskydd har använts vid hantering av provkropparna då inandning av sporer kan orsaka ohälsa.

Klimatboxarna fotograferades innan provkroppar togs ur boxarna så att de kunde placeras i samma ordning när de lades tillbaka. Det var då även möjligt att se om mögel hade spridits från en provkropp till en annan. Varje provkropp fotograferades rakt ovanifrån vid varje undersökningstillfälle.

4 Resultat

Resultaten baseras på bedömningar av möglets tillväxt på materialet som gjorts en gång varje vecka. Av de tre replikatens rankningsvärden användes medianvärdet som resultat i diagram och slutsats. Se Bilaga A för resultaten för varje replikat.

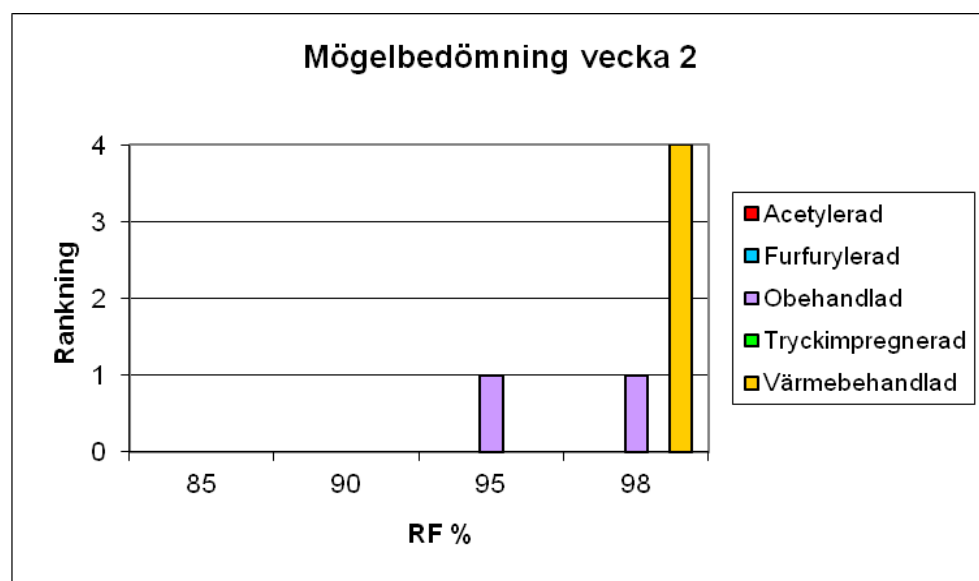
4.1 Delundersökning 1

Första bedömningen av proverna gjordes efter två veckors inkubation. Med blotta ögat kunde man då se kraftig påväxt på värmebehandlad furu som förvarats i klimatboxen med 98% RF. På obehandlad furu kunde man se påväxt med hjälp av mikrostereoskop. På de acetylerade, furfurylerade och tryckimpregnerade provkropparna syntes ingen mögelpåväxt efter två veckor i klimatboxen med 98% RF.

I klimatboxen med 95% RF fanns det en begynnande mögelpåväxt på obehandlad furu som rankades till ett. Ingen av de behandlade eller modifierade furumaterialen hade mögelpåväxt.

I klimatboxen med 90% RF har samtliga furusorter visat noll i resultat för alla replikat och på grund av detta finns det ingen anledning att undersöka klimatbox 85% RF. I Figur 16 kan man se hur mögeltillväxten ser ut efter två veckors inkubation i klimatboxarna.

Diagram 1 – Mögeltillväxt efter två veckors inkubation



Figur 16. Diagram över mögeltillväxten efter två veckors inkubation. Diagramet visar medianen av påväxt för tre replikat.

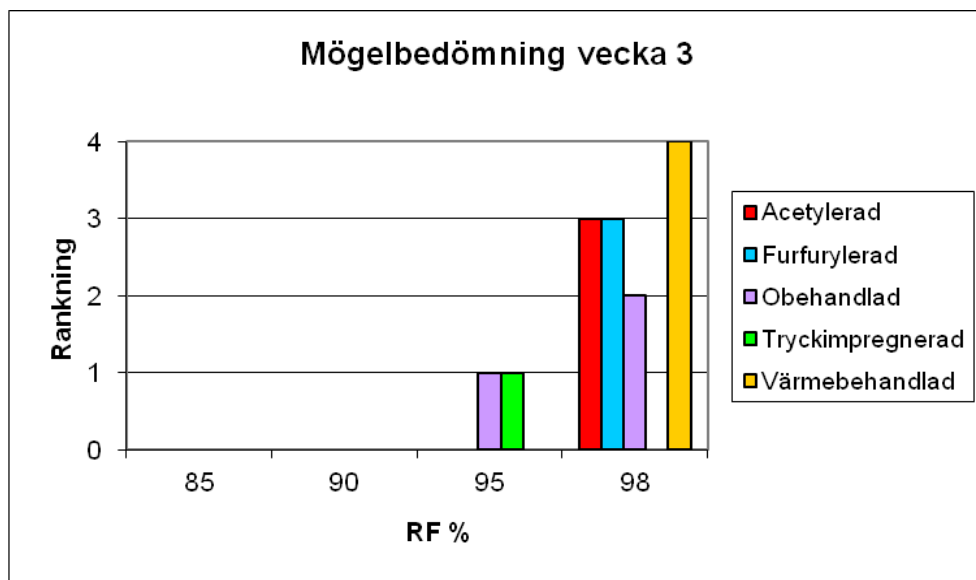
4.2 Delundersökning 2

Den andra bedömningen av proverna gjordes efter tre veckors inkubation. På samtliga provkroppar förutom den tryckimpregnerade hade det skett påväxt av mögel vid RF 98%. Provkroppar med acetylerad och furfurylerad furu hade gått från en nolla till en trea på rankingsskalan (se Figur 17). Dessa två furumaterial hade en kraftig ökning av påväxt och gick om obehandlad furu. På obehandlad furu ökade påväxten något till en tvåa, den tryckimpregnerade rankades fortfarande till noll och den värmebehandlade rankades fortfarande till fyra.

I klimatboxen med 95% RF var det tryckimpregnerad furu som hade fått en antydning till påväxt, annars var provkropparnas ranking oförändrad sedan föregående vecka. Obehandlad furu rankades fortfarande till ett medan acetylerad, furfurylerad och värmebehandlad furu rankades till noll.

Obehandlad furu i klimatboxen med 90% RF hade en begynnande påväxt i övrigt kunde ingen mögelpåväxt upptäckas. Figur 17 visar mögeltillväxten efter tre veckors inkubation.

Diagram 2 – Mögeltillväxt efter tre veckors inkubation



Figur 17. Diagram över mögeltillväxten efter tre veckors inkubation. Diagramet visar medianen av påväxt för tre replikat.

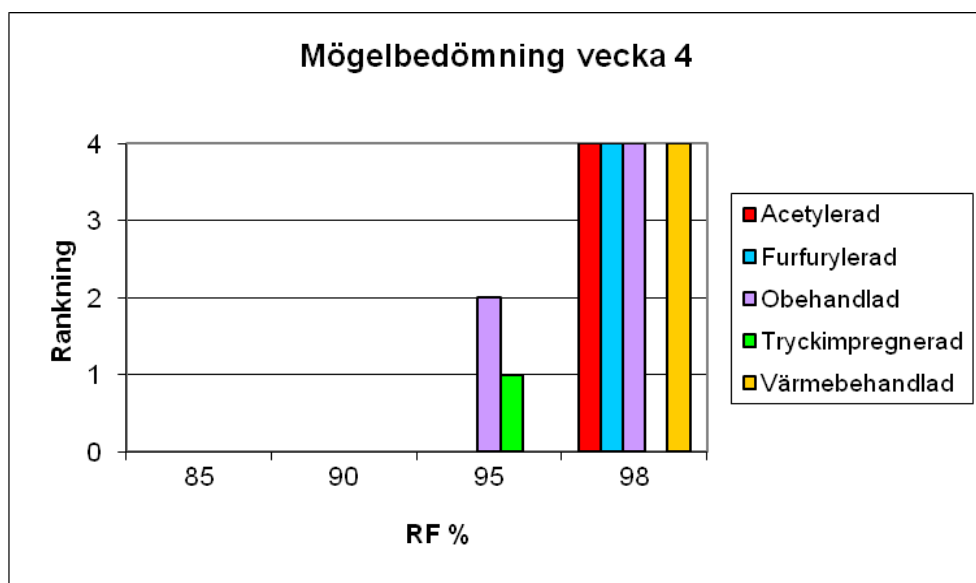
4.3 Delundersökning 3

Den tredje bedömningen av proverna gjordes efter fyra veckors inkubation. Man kunde då tydligt se kraftig påväxt på alla furumaterialen i klimatboxen med 98% RF förutom det tryckimpregnerade som fortfarande inte hade någon påväxt. Acetylerad, furfurylerad, obehandlad och värmebehandlad rankades samtliga till en fyra.

I klimatboxen med 95% RF hade mögeltillväxten ökat på obehandlad furu från ett till två på rankingsskalan. I övrigt var klimatboxen med 95% RF oförändrad.

I klimatboxen med 90% RF var provkropparna oförändrade sen föregående vecka och rankades till en nolla på skalan. I Figur 18 kan man se mögeltillväxten efter fyra veckors inkubation.

Diagram 3 – Mögeltillväxt efter fyra veckors inkubation



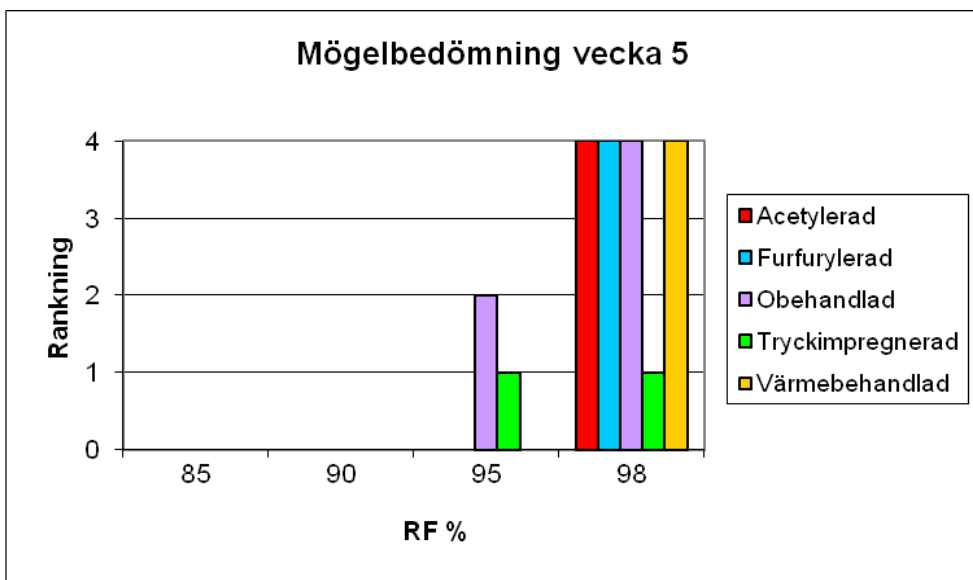
Figur 18. Diagram över mögeltillväxten efter fyra veckors inkubation. Diagramet visar medianen av påväxt för tre replikat.

4.4 Delundersökning 4

Den fjärde bedömningen av proverna gjordes efter fem veckors inkubation. I klimatboxen med 98% RF syntes det början till påväxt på tryckimpregnerad furu som rankades till en etta.

Acetylerad, furfurylerad, obehandlad och värmebehandlad furu hade redan fått den högsta rankningen på skalan och möglet hade brett ut sig ytterligare. I klimatboxen med 95% RF stannade obehandlad furu på en två på rankingsskalan och tryckimpregnerad furu låg på en etta. På acetylerad, furfurylerad och värmebehandlad furu syntes ingen påväxt och rankades som noll. I Figur 19 kan man se mögelpåväxten efter fyra veckors inkubation.

Diagram 4 – Mögeltillväxt efter fem veckors inkubation

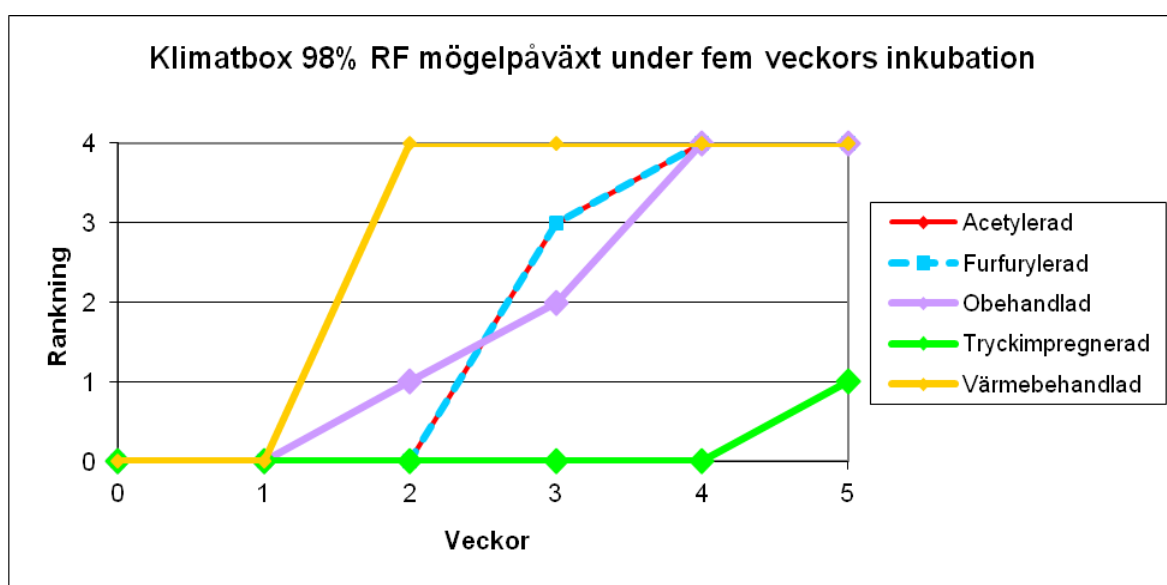


Figur19. Diagram över mögeltillväxten efter fem veckors inkubation. Diagramet visar medianen av påväxt för tre replikat.

4.5 Resultatsammanställning

Värmebehandlad furu var den som möglet fortast fick fäste på i klimatboxen med 98% RF, och som hade störst utbredning av mögel. Furfurylerad och acetylerad furu var jämbördiga, påväxten av mögel började senare än obehandlad furu men växte sedan fortare och blev kraftigare än obehandlad furu. På obehandlad furu syntes påväxt tidigt efter två veckor men det växte inte lika kraftfullt som på acetylerad, furfurylerad och värmebehandlad furu. Tryckimpregnerad furu föreföll stå emot mögel bäst i klimatboxen med 98% RF.

Diagram – Klimatbox 98% RF under fem veckors inkubation



Figur 20. Resultat för samtliga furumaterial under fem veckors inkubation vid 98% RF.

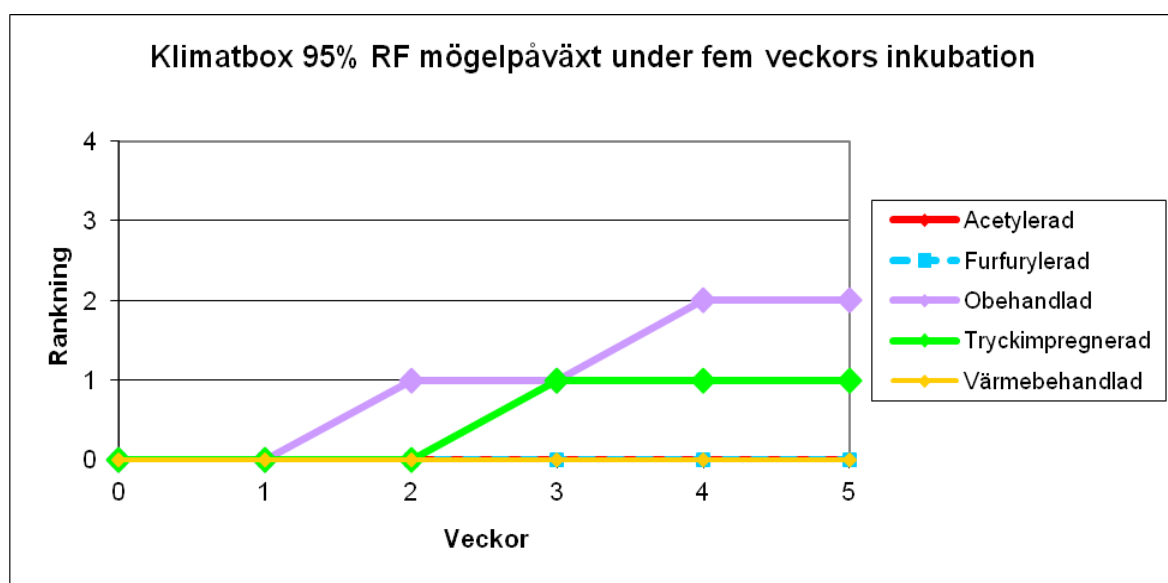
I Figur 20 syns hur möglets tillväxtkurva för samtliga furumaterial såg ut under fem veckor av inkubation i klimatboxen med 98% RF. Kurvorna för acetylerad och furfurylerad furu följer varandra. Obehandlad furu har en jämn tillväxttakt till skillnad från värmebehandlad furu som direkt fick en kraftig påväxt. Kurvan för tryckimpregnerad furu förändrades inte fören vid slutet av inkubationstiden.

Vecka fyra upptäcktes gröna prickar på en acetylerad provkropp. Det mögel som växte på övriga provkroppar var vitt och luddigt av okänd art (se Figur 21).



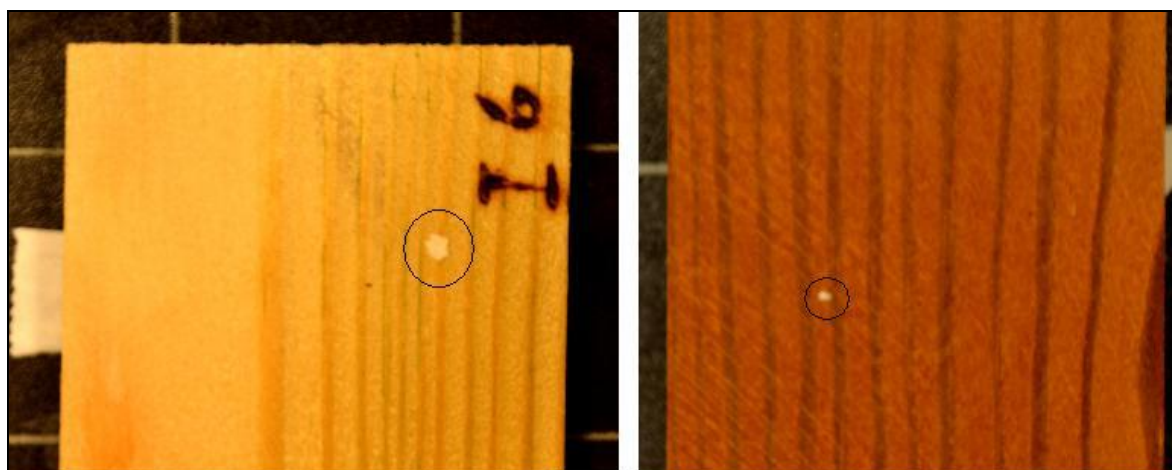
Figur 21. Mögelpåväxt av värmebehandlad furu. Mögelsvampen är utbredd, vit och luddig av okänd art.

Diagram – Klimatbox 95% RF under fem veckors inkubation



Figur 22. Resultat för samtliga furu material under fem veckors inkubation vid 95% RF.

I Figur 22 syns hur möglets tillväxtkurva har sett ut under fem veckor av inkubation i klimatboxen med 95% RF. Acetylerad furu, furfurylerad furu och värmebehandlad furu hade ingen påväxt. Obehandlad furu hade mest påväxt men tillväxttakten var långsammare än i klimatboxen med 98% RF. På ett av replikaten från tryckimpregnerad furu och värmebehandlad furu växte en vit, kompakt svamp av okänd art (se Figur 23).



Figur 23. Påväxt av en okänd, vit svamp i klimatboxen med 95% RF. Syns som vit fläck koncentrerad till ett ställe på tryckimpregnerad furu t.v. och värmebehandlad furu t.h.

5 Diskussion

Denna studie har gjorts för att jämföra de fyra olika behandlingarna och modifieringarna av furu för att se vilken behandling eller modifiering som står emot mögelpåväxt bäst. Skillnaden av mögelpåväxten på furumaterialen syntes tydligast i klimatboxen med 98% RF där det under försökstiden hade blivit påväxt på samtliga provkroppar.

En iakttagelse som gjordes vid analys av klimatboxen med 98% RF var att det började växa mögel samtidigt på acetylerad och furfurylerad furu, och fortsatte växa i samma takt under de resterande veckorna. Det kan bero på att de båda modifieringstyperna reagerar på liknande sätt inuti träets celler. I acetylerad furu där ättiksyraanhydrid används, har föreningar av hydroxylgrupper trängt in träets cellväggar (Rowell, 2005). Motsvarande reaktion sker för furfurylerad furu men då används istället furfurylalkohol (FA). FAs molekyler går in i träets cellväggar och polymeriserar dem (Pilgård et al., 2010) och stoppar vattenmolekyler från att komma åt en viss del av cellväggen (De Vetter, 2009).

Tryckimpregnerad furu visade efter fem veckors inkubation tecken på påväxt i det klimat där alla andra furusorter hade fått kraftig påväxt tidigt (RF 98%). I klimatboxen med 95% RF var det dock tryckimpregnerad furu som fick påväxt istället för de andra modifieringarna men av en svamp av annan karaktär. Svampen var vit och koncentrerad till ett ställe liksom den som växte på värmebehandlad furu. Tryckimpregnerad furu består både av splintved och kärnved detta kan vara anledningen till skillnader i påväxt mellan provkropparna i klimatbox med 98% RF och 95% RF. Tryckimpregnerad furu verkar stå emot den okända svampen med stor utbredning och av ljus, luddig karaktär bättre än acetylerad, tryckimpregnerad och obehandlad furu. Svampen växte endast på ett av tre replikat, så det är tveksamt om tryckimpregnerad furu generellt är mer mottaglig för den typ av svamp.

Värmebehandlad furu fick en kraftig mögelpåväxt tidigt i undersökningen. Något oväntat var att obehandlad furu var mindre utsatt av mögelpåväxten än värmebehandlad furu i klimatboxen med 98% RF. Detta kan bero på att temperaturen vid modifieringsprocessen av värmebehandlad furu hade en lägre temperatur än den som Rapp (2001) förespråkade mot biologisk påväxt. I de andra klimatboxarna upptäcktes mögelpåväxten först på obehandlad furu.

Det mögel som växt på provkropparna är troligen inte begränsat till de arter som inokulerades, utan det fanns antagligen en typ av mögel som funnits latent i träet innan inokulering. Dessa mögelsporer kan ha kommit till träet efter tillverkning, vid lagring av materialet eller vid försändning. Då träet blir

smutsigt eller utsatt för andra typer av angrepp finns det möjlighet för mögel att angripa materialet. Något som kan vara bra att tänka på under byggprocessen är att se till att materialet som ska användas förvaras där risken för nedsmutsning är begränsad.

En sekundär studie var att försöka få fram ett kritiskt fuktillstånd. För att kunna bestämma det kritiska fuktillståndet är det nödvändigt att testa materialet vid olika relativa fuktigheter (Johansson, 2012). Om ett material fått påväxt vid 90% RF men inte vid 85% RF ligger den kritiska nivån däremellan. Mögeltillväxten är tidsberoende vilket har återspeglats i undersökningens resultat då fler provkroppar har fått påväxt med tiden. I klimatboxar med lägre RF har det krävts mer tid för att få möglet att gro. Fem veckors inkubation har varit för kort tid för att bestämma det kritiska fuktillståndet för furumaterialen. Det kritiska fuktillståndet måste ligga under 98% RF eftersom det är där mögelpåväxten skett för samtliga provkroppar förutom för tryckimpregnerad furu.

Mögelpåväxten som rankats visuellt är en något subjektiv bedömning. Detta kan leda till varierande tolkningar av mögeltillväxten där liknande mögeltillväxt värderas olika. I den här undersökningen var det endast två personer med begränsad erfarenhet av att analysera mögelprover som gjorde bedömningar av tillväxten på provkropparna. Därför kan värdena inte ses som numeriska och statistiska mått som medelvärde och standardavvikelse är olämpliga att använda (Johansson, 2012).

En svårighet vid bedömningen av mögelpåväxt har varit att skilja mellan mögelprickar och smuts. Genom att jämföra det inokulerade träet med en orörd träbit av samma slag har problemet kunnat avhjälpas. Tryckimpregnerad furu har varit speciellt svår att bedöma eftersom den har karaktären av att vara grön med små mörka prickar, det har då varit svårt att urskilja om någon av prickarna har varit början till mögelpåväxt.

Värmebehandlad och furfurylerad furu har en mörkbrun färg som gör det svårt att se begynnande påväxt som små mörka prickar och det finns alltså en risk att man missar detta första stadiet. På den ljusa acetylerade ytan är det däremot svårt att se påväxt av vit eller ljus mögel. Svårigheten i att se första stadiet i rankningsskalan kan ha varit en av anledningarna till stora variationer mellan noll och tre från en vecka till en annan. Det kan också ha berott på att förstoringfaktorn inte varit högre än max fyra gånger större, vilket har gjort det svårt att upptäcka mögel i sporstadiet.

Vid rankning av mögelpåväxten på provkropparna kunde värdet skilja mellan replikaten. Även detta har gjort det svårt att bedöma vilket värde som skulle

vara med i resultatet. För att undvika denna problematik borde fler replikat användas. Johansson (2012) anser att minst sju replikat bör användas för att få en tillräcklig konfidensnivå. Detta hade gjort undersökningens resultat mer tillförlitligt.

6 Slutsats

De slutsatser som kan dras är baserade på mögelanalysen och diskussion kring resultat och metod.

Värmebehandlad furu är känslig för fuktiga miljöer. Den fick snabbast påväxt av mögel och klarade sig sämst av furusorterna och är minst lämpad i väldigt fuktiga miljöer. Acetylerad furu och furfurylerad furu fungerar i stort sett lika bra som obehandlad furu i mycket fuktiga miljöer. Tryckimpregnerad furu verkar fungera bäst mot mögelpåväxt under en kortare period (fem veckor) och i mycket fuktiga miljöer.

Denna undersökning var för kort för att få fram kritiskt fuktillstånd för de olika furumaterialen. Försöket borde fortsätta för att få en bättre bild av den kritiska relativa fuktigheten för de olika materialen. Vid liknade undersökningar borde fler replikat användas för att få ett mer tillförlitligt resultat.

För att minimera risken för mögelpåväxt bör man välja material som tål det klimat som det kommer utsättas för och begränsa dess exponering av smuts i så hög grad som möjligt.

7 Referenser

Litteratur

Alfredsen, G., Pilgård, A., Hietala, A. (2008) *A step towards a better understanding of fungal colonization of modified wood - QRT-PCR studies*. The International Research Group on Wood Protection, Section 1 Biology, s.1-9

Allermann, L., Poulsen, O.M. (2002) *Interleukin-8 secretion from monocytic cell lines for evaluation of the inflammatory potential of organic dust*. Environmental Research, 88(3), s.188-198

BBR 19. (2011) *Boverkets byggregler, BFS 2011-26* (Online) Tillgänglig: <http://www.boverket.se/Global/bygga-o-forvalta-ny/dokument/regler-om-byggande/boverkets-byggregler-bbr/bbr-19/bfs-2011-26-bbr-19-hela.pdf>
Använd 2013-04-15

Bok, G., Nilsson, H.R. (2010) *Biodiversity of mould fungi on building materials*. Lic. Avhandling. Department of Plant and Environmental Sciences, Göteborg, Göteborgs Universitet

Boverket, *Lag och rätt* (Online) Tillgänglig: <http://www.boverket.se/lag-ratt/>
Använd 2013-04-15

Bornehag, C.G., Blomquist, G., Gyntelberg, F., Järholm, B., et al. (2001) *Dampness in buildings and health. Nordic interdisciplinary review of the scientific evidence on associations between exposure to "dampness" in buildings and health effects (NORDDAMP)*. Indoor Air, 11, s. 72-86

Bornehag, C.G., Sundell, J., Bonini, S., Custovic, A. et al., (2004) *Dampness in buildings as a risk factor for health effects, Euroexpo: a multidisciplinary review of the literature (1998-2000) on dampness and mite exposure in buildings and health effects*. Indoor Air, 14, s. 243-257

Burström, P.G. (2007) *Byggnadsmaterial, Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Studentlitteratur, Lund, s. 52-101, 163-164, 363-394

Cabral, J. P.S. (2010) *Can we use indoor fungi as bioindicators of indoor air quality? Historical perspectives and open questions*. Science of the Total Environment, 408, s. 4285-4295

- Carlil, M.J., Watkinson, S.C., Gooday, G.W. (2001) *The Fungi*. London, UK, Akademik press, 2:a uppl.
- Chirife, J., S.L. Resnik (1984) *Unsaturated solutions of sodium chloride as reference sources of water activity at various temperatures*. J. Food Sci, 49, s. 1486-1488
- De Vetter, L., Pilgård, A., Treu, A., Westin, M., Van Acker, J. (2009) *Combined evaluation of durability and ecotoxicity: a case study on furfurylated wood*. Wood Material Science and Engineering, 4, s 30-36
- Dalbom, M., Warfvinge, C. (2010) *Projektering för VVS-installationer*. Studentlitteratur, Lund, s. 11
- Edlund, M-L., Jermer, J. (2004) *Durability of heat-treated wood*. Final Workshop COST Action E22, Environmental Optimisation of Wood Protection, Lissabon, Portugal, 22e- 23e Mars 2004
- Flannigan, B., Elleen M., McCabe., McGarry, F. (1991) *Allergenic and toxigenic micro-organisms in houses*. Journal of Applied Bacteriology Symposium 70 supplement, s.61-73
- Flannigan, B., Samson R.A., Miller J.D., Mullins, J. (2002) *Microorganisms in outdoor air. Microorganisms in home and indoor work environments*. CRC Press, London, s. 3-16
- Grant, C., Hunter, C.A., Fannigan, B., Bravery, A.F. (1989) *The moisture requirements of moulds isolated from domestic dwelling*. International Biodeterioration, 25, s. 259-284
- Gobakken, L.R., Westin, M. (2008) *Surface mould growth on five modified wood substrates coated with three different coating systems when exposed outdoors*. International Biodeterioration and Biodegradation, 62, s. 397-402
- Gobakken, L.R., Lebow, P.K. (2010a) *Modelling mould growth on coated modified and unmodified wood substrates exposed outdoors*. Springer Verlag, Wood Science and Technology, 44, s. 315-333
- Gobakken, L.R., Høibø, O.A., Solheim, H. (2010b) *Factors influencing surface mould growth on wooden claddings exposed outdoors*. Wood Material Science and Engineering, 5, s. 1-12

Gobakken, L.R., Bardage, S.L., Long II, C.J. (2011) *Succession of staining fungi on acetylated wood and the effect of selected influencing factors*. Rapport från Skog og Landskap, nr 15/11, s. 13-18

Haverinen- Shaughnessy, U., Borrás- Santos, A., Turunen, M., Zock, J.P. et al., (2012) *Occurrence of moisture problems in schools in three countries from different regions of Europe based on questionnaires and building inspections- the HITEA study*. Indoor Air, 22, s. 457-466

Holme, J., Hägerhed-Engman, L., Mattsson, J., Sundell, J. et al., (2010) *Culturable mold in indoor air and its association with moisture-related problems and asthma and allergy among Swedish children*. Indoor Air, 20, s. 329-340

Johansson, P. (2006) *Mikroorganismer i byggnader – kunskapsöversikt*. SP Energiteknik, Borås SP Sveriges forskningsinstitut, SP Rapport 2006:22

Johansson, P. (2012) *Critical moisture conditions for mould growth on building materials*. Lic. avhandling, Avdelningen för Byggnadsfysik, Lund, Lunds Universitet

Johansson, P., Ekstrand-Tobin, A., Svensson, T., Bok, G. (2012) *Laboratory study to determine the critical moisture level for mould growth on building materials*. International Biodeterioration and Biodegradation, 73, s. 23-32

Lande, S., Eikenes, M., Westin, M. (2004a) *Chemistry and Ecotoxicology of Furfurylated Wood*. Scandinavian Journal of Forest Research, 19, s. 14-21

Lande, S., Westin, M., Schneider, M.H. (2004b) *Properties of furfurylated Wood*. Scandinavian Journal of Forest Research, 19, s. 22-30

Lande, S., Westin, M., Schneider, M.H. (2004c) *Eco-efficient wood protection, Furfurylated wood as alternative to traditional wood preservation*. Emerald Group Publishing Limited, Management of Environmental Quality, An International Journal, 15, s. 529-540

Nevander, L.E., Elmarsson, B. (2006) *Fukthandbok, praktik och teori*. Svensk byggtjänst, Mölnlycke, uppl. 3, s. 172-191

Nielsen, K.F. (2002) *Mould growth on building materials, Secondary metabolites, mycotoxins and biomarkers*. Ph. D-avhandling. Biocentrum-DTU, Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby

Nielsen, K.F., Holm, G., Uttrup, L.P., Nielsen, P.A. (2004) *Mould growth on building materials under low water activities. Influence of humidity and temperature on fungal growth and secondary metabolism*. International Biodeterioration and Biodegradation 54, s. 325-336

Nyqvist, H. (1983) *Saturated salt solutions for maintaining specified relative humidities*. Int. J. Pharm. Tech. Prod. Manufacture 4(2), s. 47-48

Peitzsch, M., Sulyok, M., Täubel, M., Vishwanath, V. et al., (2012) *Microbial secondary metabolites in school buildings inspected for moisture damage in Finland, The Neatherlands and Spain*. Journal of Environmental Monitoring, 14, s. 2044-2053

Pilgård, A., De Vetter, L., Van Acker, J., Westin, M., (2009) *Toxic hazard of leachates from furfurylated wood: Comparison between two different aquatic organism*. Environmental Toxicology and Chemistry, 29, s. 1067–1071

Pilgård, A., Treu, A., Van Zeeland, A.N.T., Gosselink, R.J.A. et al., (2010) *Toxic hazard and chemical analysis of leachates from furfurylated wood*. Environmental Toxicology and Chemistry, 29, s. 1918–1924

Rapp, A.O. (2001) *Review on heat treatments of wood*. BFH The Federal Research Centre for Forestry and Forest Products, EUROPEAN COMMISSION RESEARCH DIRECTORATE, Political Co-Ordination and Strategy C O S T, COST ACTION E22, Environmental Optimisation of Wood Protection, s. 6-19

Rowell, R.M., (2005) *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites, 14 Chemical Modification of Wood*. Madison, CRC Press s. 381-420

Samson, R., Hoekstra, E., Frisvad, J., Filtenborg, O. (2000) *Introduction to food- and airborne fungi*. Utrecht, Centraalbuerau voor Schimmelcultyures, 6:e uppl. s. 194

Schultz, C., Becker, K., Friedrich, C., Helm, D. et al., (1999) *The German environmental survey 1990/92 (GERES II): Time- activity patterns of the general population in Germany*. Epidemiology 10 (4) Supplement 102: 200P

Socialstyrelsen, (1984) *Mögel i byggnader, En kunskapsöversikt*. Stockholm, Modin- Tryck AB

Socialstyrelsen, (2006) *Meddelandeblad, Hälsorisker vid fuktproblem i byggnader* (Online) Tillgänglig:

http://www.socialstyrelsen.se/Lists/Artikelkatalog/Attachments/9372/2006-1-18_2006118.pdf
Använd 2013-04-16

Stenberg, B., Eriksson, N., Höög, J., Wall, S. (1994) *The sick building syndrome (SBS) in office workers. A case-referent studie of personal, psychosocial and building-related risk indicators*. International journal of epidemiology, 23(6), s.1190-1197

The WoodExter partners, Thelandersson, S., Isaksson, T., Frühwald, E. et al., (2011) *Service life of wood in outdoor above ground applications. Engineering design guideline*. SP Borås SP Sveriges forsknings institut, SP Rapport 2011:15

Träguiden, *Modifiering* (Online) Tillgänglig:
<http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=1217>
Använd 2013-04-17

Träguiden, *Träskyddsklasser* (Online) Tillgänglig:
<http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=1202&contextPage=1199>
Använd 2013-04-09

Bilaga A – Rankningstabell av provkroppar

Resultat efter inkubation:

Rankningsbedömning av varje replikat. Provkroppens märkning står först följt av numret av rankningsbedömningen, 0,1,2,3,4. I klimatboxen med 85% RF undersöktes endast obehandlad furu eftersom den var den ända som det blivit påväxt i klimatboxen med 90% RF.

Box 98

Vecka 2

	Replikat 1	Replikat 2	Replikat 3
Acetylerad	a1- 0	a2- 0	a3- 0
Obehandlad	o1-2	o2-1	o3- 1
Furfurylerad	f1- 0	f2-0	f3- 0
Impregnerad	i1- 0	i2-0	i3- 0
Värmebehandlad	v1-4	v2-4	v3-4

Vecka 3

	Replikat 1	Replikat 2	Replikat 3
Acetylerad	a1-3	a2-3	a3-3
Obehandlad	o1-4	o2-2	o3-1
Furfurylerad	f1-3	f2-3	f3-3
Impregnerad	i1- 0	i2-0	i3-0
Värmebehandlad	v1-4	v2-4	v3-4

Vecka 4

	Replikat 1	Replikat 2	Replikat 3
Acetylerad	a1-4	a2-4	a3-4
Obehandlad	o1-4	o2-4	o3-4
Furfurylerad	f1-4	f2-4	f3-4
Impregnerad	i1-0	i2-0	i3-0
Värmebehandlad	v1-4	v2-4	v3-4

Vecka 5

	Replikat 1	Replikat 2	Replikat 3
Acetylerad	a1-4	a2-4	a3-4
Obehandlad	o1-4	o2-4	o3-4
Furfurylerad	f1-4	f2-4	f3-4
Impregnerad	i1-1	i2- 0	i3-1
Värmebehandlad	v1-4	v2-4	v3-4

Box 95

Vecka 2

	Replikat 1	Replikat 2	Replikat 3
Acetylerad	a4- 0	a5-0	a6-0
Obehandlad	o4-2	o5-1	o6- 1
Furfurylerad	f4-0	f5- 0	f6- 0
Impregnerad	i4-0	i5-0	i6- 2
Värmebehandlad	v4- 2	v5- 0	v6-0

Vecka 3

	Replikat 1	Replikat 2	Replikat 3
Acetylerad	a4- 0	a5-0	a6-0
Obehandlad	o4-2	o5-1	o6-1
Furfurylerad	f4-0	f5- 0	f6-0
Impregnerad	i4-0	i5-1	i6-2
Värmebehandlad	v4-2	v5-0	v6-0

Vecka 4

	Replikat 1	Replikat 2	Replikat 3
Acetylerad	a4- 0	a5-0	a6-0
Obehandlad	o4-2	o5-2	o6- 2
Furfurylerad	f4-0	f5- 0	f6-0
Impregnerad	i4-0	i5-1	i6-2
Värmebehandlad	v4- 2	v5- 0	v6-0

Vecka 5

	Replikat 1	Replikat 2	Replikat 3
Acetylerad	a4- 0	a5-0	a6-0
Obehandlad	o4-2	o5-2	o6- 2
Furfurylerad	f4-0	f5- 0	f6-0
Impregnerad	i4-0	i5-1	i6- 2
Värmebehandlad	v4-2	v5- 0	v6-0

Box 90

Vecka 2

	Replikat 1	Replikat 2	Replikat 3
Acetylerad	a13- 0	a14- 0	a15- 0
Obehandlad	o15- 0	o17- 0	o18- 1
Furfurylerad	f13- 0	f14- 0	f15- 0
Impregnerad	i13- 1	i14- 0	i15- 0
Värmebehandlad	v13- 0	v14-0	v15- 0

Vecka 3

	Replikat 1	Replikat 2	Replikat 3
Acetylerad	a13- 0	a14-0	a15- 0
Obehandlad	o15- 0	o17- 1	o18-1
Furfurylerad	f13- 0	f14- 0	f15- 0
Impregnerad	i13- 0	i14- 0	i15-0
Värmebehandlad	v13- 0	v14- 0	v15- 0

Vecka 4

	Replikat 1	Replikat 2	Replikat 3
Acetylerad	a13- 0	a14- 0	a15- 0
Obehandlad	o15- 0	o17- 1	o18-3
Furfurylerad	f13- 0	f14- 0	f15- 0
Impregnerad	i13- 0	i14- 0	i15-0
Värmebehandlad	v13- 0	v14-0	v15- 0

Vecka 5

	Replikat 1	Replikat 2	Replikat 3
Acetylerad	a13- 0	a14- 0	a15- 0
Obehandlad	o15- 0	o17- 0	o18- 3
Furfurylerad	f13- 0	f14- 0	f15- 0
Impregnerad	i13- 0	i14- 0	i15- 0
Värmebehandlad	v13- 0	v14-0	v15- 0

Box 85

Vecka 2

	Replikat 1	Replikat 2	Replikat 3
Acetylerad	-	-	-
Obehandlad	-	-	-
Furfurylerad	-	-	-
Impregnerad	-	-	-
Värmebehandlad	-	-	-

Vecka 3

	Replikat 1	Replikat 2	Replikat 3
Acetylerad	-	-	-
Obehandlad	-	-	-
Furfurylerad	-	-	-
Impregnerad	-	-	-
Värmebehandlad	-	-	-

Vecka 4

	Replikat 1	Replikat 2	Replikat 3
Acetylerad	-	-	-
Obehandlad	0	0	0
Furfurylerad	-	-	-
Impregnerad	-	-	-
Värmebehandlad	-	-	-

Vecka 5

	Replikat 1	Replikat 2	Replikat 3
Acetylerad	-	-	-
Obehandlad	0	0	0
Furfurylerad	-	-	-
Impregnerad	-	-	-
Värmebehandlad	-	-	-

Bilaga B – Dokumentering av provkropparna

Dokumentering av provkropparna

En jämförelse mellan provkroppar från första undersökningen vecka 2 och sista undersökningen vecka 5.

A= Acetylerad furu

F= Fyrfurylerad furu

I= Impregnerad furu

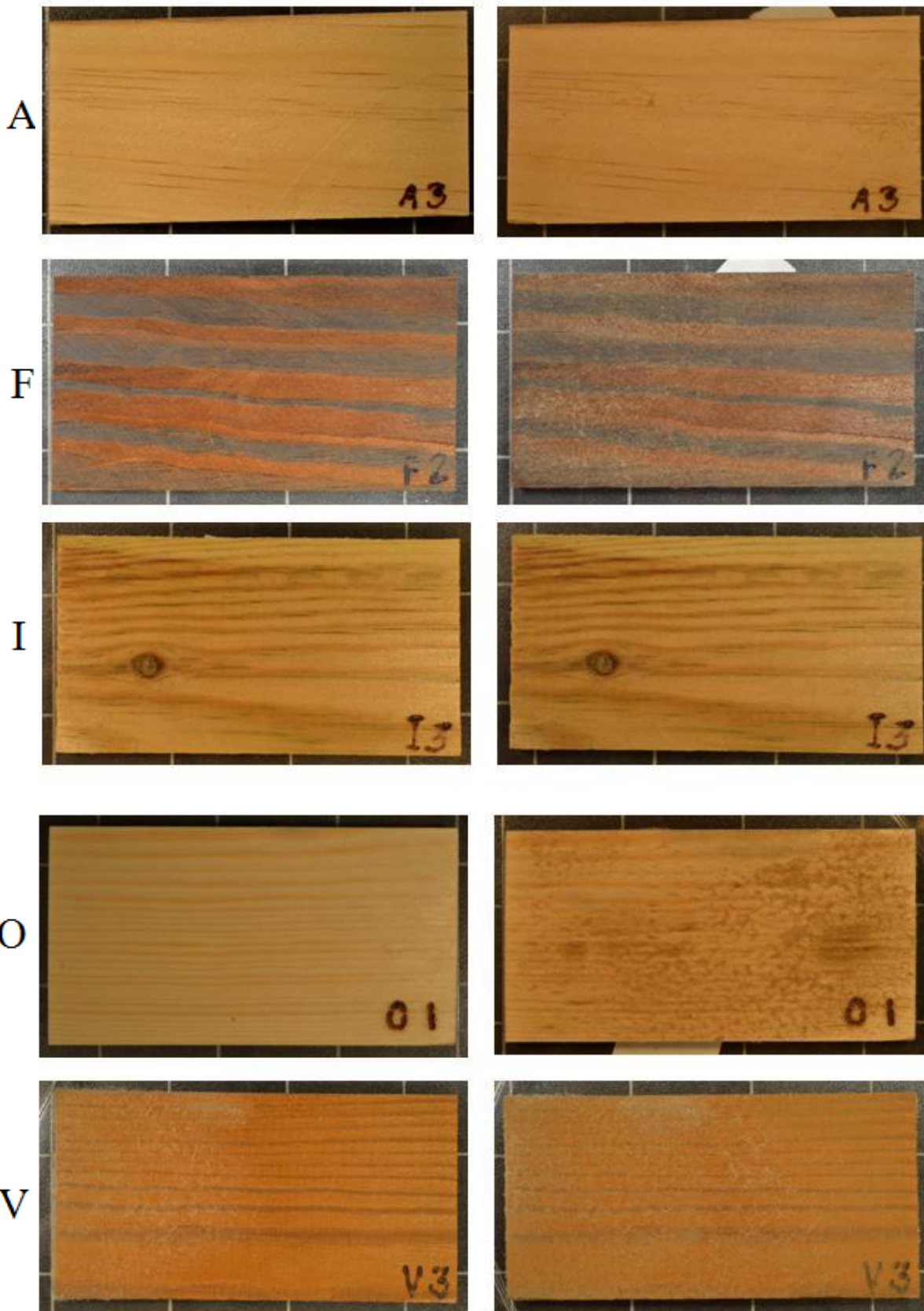
O= Obehandlad furu

V= Värmebehandlad furu

Klimatbox 98% RF

Vecka 2

Vecka 5



Klimatbox 95% RF

Vecka 2

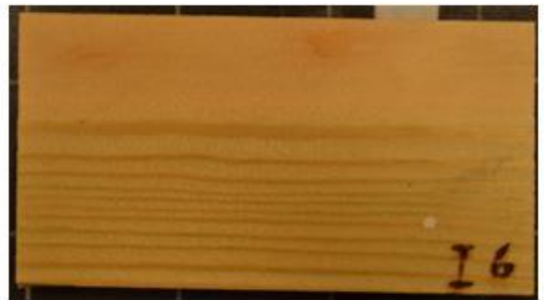
Vecka 5



A



F



I



O



V