



Fuktsäkerhet vid  
massivträbyggande: Förstudie  
laboratorieförsök

## Innehållsförteckning

Innehållsförteckning .....	2
Sammanfattning .....	4
Förord .....	5
Bakgrund .....	6
Mål .....	7
Omfattning och avgränsning .....	7
Material och metoder .....	9
Provplanering .....	9
Försöksuppställning .....	9
Tillverkning av provkroppar och förkonditionering .....	10
Klimatisering i klimatskåp .....	13
Vattenbelastning .....	14
Mikrobiologisk analys .....	14
Tillverkning av sporrösning .....	15
Mät- och provtagningspunkter .....	17
Fuktkvotsmätning .....	18
Resultat .....	19
Mikrobiologisk analys .....	19
Ytfuktkvot .....	22
Diskussion och slutsatser .....	27
Lärdomar - laboratoriemetod .....	27
Lärdomar - mögelpåväxt .....	28
Lärdomar - fuktkvot och uttorkning .....	29
Fortsättning .....	30
Referenser .....	31
Bilaga 1 Försöksklimat .....	33



SMART  
HOUSING  
SMÅLAND

Bilaga 2	Mögelsimulering av försöksklimat.....	35
Bilaga 3	Fuktkvot - samtliga mätningar.....	36

SMART HOUSING SMÅLAND

351 96 VÄXJÖ  
TEL 010-516 50 00  
E-MAIL INFO@SMARTHOUSING.NU  
SMARTHOUSING.NU

## Sammanfattning

Det finns ett behov i byggbranschen att öka kunskapen och ta fram olika produkters egenskaper med avseende på fukt. Bland annat behövs ökad kunskap avseende fuktsäkerhet vid exponering för nederbörd av KL-träskivors kompakta trämassa och anslutningsdetaljer mellan skivor.

Denna förstudie har genomförts för att undersöka om det är möjligt att utveckla en laboriemetod/plattform för att under kontrollerade klimatförhållanden studera mögeltillväxt efter uppfuktning med fritt vatten och artificiellt applicerade sporer. Laboriemetoden behöver utvecklas ytterligare, fler scenarier studeras och den behöver också kalibreras mot verkliga förhållanden. De initiala försöken i förstudien visar att man kan se skillnader i mögeltillväxt beroende på tiden för uppfuktning, och möjlighet till "fri" uttorkning eller om ytan varit förhindrad att torka mer eller mindre.

Den utvecklade principiella försökupställningen kan vara användbar, men behöver fortsatt utvecklas när det gäller mät- och provtagningsförhållanden, fler försöksklimat, fler och olika perioder med vattenbelastning, korrelation/kalibrering mellan artificiell applicering av sporer och naturlig exponering av sporer och i kombination med damm, smuts och regnvatten på byggarbetsplats behöver genomföras.

I den aktuella laboriestudien har sporer applicerats artificiellt på försöksmaterialet. Det går inte att utesluta att mögeltillväxt då kan gå snabbare än vid naturlig exponering av sporer. Påverkan av regnvatten med sporer och smuts naturligt från uteluften och smuts på byggplatsen har däremot inte ingått i denna studie, vilket kan ha betydelse för uppkomst av mögelpåväxt på KL-trä under byggskedet.

Försöken har simulerat KL-träkonstruktioner utsatta för regnbelastning. Detta har gjorts genom att utsätta dem för fritt vatten på ytorna i 1 dygn respektive 1 vecka. Försöken visar att ett dygns uppfuktning av vatten med möjlighet till "fri" uttorkning och därmed snabb uttorkning av ytan inte ger upphov till tillväxt av mögel under de aktuella provningsförutsättningarna. Däremot uppkom påväxt på ytor som inte kunde torka torrt omgående. På provkroppar som utsattes för en veckas vattenbelastning enligt laboriemetoden uppkom mögelpåväxt oberoende om det kunde torka fritt eller inte. Slutsatserna gäller i första hand för de studerade klimaterna. Försöken visar större risk för påväxt om materialytor är förhindrade att torka ut fritt såsom exempelvis i en anslutning mellan bjälklag och vägg eller i en bjälklagsskarv och om de utsätts för längre tids vattenbelastning.

## Förord

Projektet har finansierats av Smart Housing Småland (huvudfinansiär), RISE och medverkande företag. RISE sökte projektet och Lars Olsson, RISE, var projektledare.

Tack till Gunilla Bok för provberedning och mikrobiologiska analyser och Lukas Lång för provtagning och mätningar, båda RISE. Tack till Eva Sikander, Carl-Magnus Capener, Marie Johansson och Kirsi Janerö, samtliga RISE, för granskningssynpunkter.

Tack till projektdeltagare för värdefulla synpunkter.

### *Styrgrupp*

Åsa Bolmsvik, Elin Hiller och Charlotte Svensson Tengberg, Skanska  
Anders Ljungberg och Fredrik Gränne NCC  
Jonas Averius, PEAB  
Peter Jacobsson, Martinsons  
Anders Gustafsson, RISE

### *Referensgrupp*

Mats Franzon, Akademiska Hus  
Mats Nilsson och Patrik Strömberg, Byggdialog

Lars Olsson  
Kalmar, februari 2020

## Bakgrund

Det finns ett behov i branschen om att ta fram olika produkters egenskaper med avseende på fukt. Bland annat behövs ökad kunskap avseende fuksäkerheten vid exponering för nederbörd av korslimmade träskivors så kallade KL-träskivors, kompakta trämassa och anslutningsdetaljer mellan skivor. I handböcker för trä finns anvisningar om att trä behöver skyddas mot fukt eftersom det är fukt känsligt och kan under vissa förutsättningar angripas av mögel redan vid RF över 75 % i kombination med högre temperatur (Esping et al., 2005, Gustafsson, 2017). Det finns ännu inte några uppgifter om det kritiska fuktillståndet för KL-träprodukter. Rena trätytor utan lim bör dock i huvudsak ha samma egenskaper som trä.

Nyligen genomfördes en fallstudie med fältmätningar i fyra byggnationer med KL-trä utan väderskydd under produktionsfas för att studera problematiken med fuksäkerhet vid exponering för nederbörd under byggskedet (Olsson, 2019). Resultatet visade på mikrobiell påväxt i många mätpunkter, framförallt i punkter och detaljer där uttorkning förhindrades men även på ytor som fritt hade möjlighet att torka ut. De färdigställda byggnadernas kondition, efter vidtagna åtgärder innan färdigställande, följdes inte upp i fallstudien. Fältmätningssmetoden baserades på momentanmätningar vid platsbesök var tredje vecka och upp till två månaders intervall. Metoden gjorde det möjligt att mäta i många mätpunkter, fördelat över stora ytor och vid återkommande tillfällen under hela byggskedet. Däremot gav metoden inte tillräckligt underlag för att kunna exakt ange hur lång tid KL-trä kan utsättas för vattenexponering utan att angripas av påväxt. Begränsning i fallstudien var dock känd från början och därför initierades och genomfördes den aktuella förstudien om laboriemetod för att under kontrollerade klimatförhållanden studera mögeltillväxt på KL-trä efter uppfuktning med fritt vatten. Förstudien genomfördes relativt parallellt med fältstudien för att utveckla en försöksmetodik som skulle kunna göra det möjligt att studera effekter under mer kontrollerade förhållanden och mer exakt kunna bedöma hur lång tid KL-träkonstruktioner kan utsättas för vattenexponering utan att angripas av mikrobiell påväxt. Baserat på tidigare kunskap från litteratur förefaller träbaserade material under vissa förutsättningar kunna angripas av begynnande påväxt inom något dygn om det utsätts för mycket hög relativ fuktighet och gynnsam temperatur (Sedlbauer, 2001, Viitanen, 2004, Johansson et al., 2005).

De riktlinjer som finns för hantering av KL-trä under byggskedet (Gustafsson, 2017) anger att det ska skyddas mot nederbörd. Montage kräver god planering med avseende på avvattning, skydd av ändträ, metoder för uttorkning av uppfuktade ytor och uppföljning i form av kontrollplaner och annan dokumentation.

## Mål

Målet med förstudien var att utveckla en laboratorimetod/plattform för att kunna verifiera utformning av KL-träkonstruktioner med avseende på kritiskt fukttilstånd (fukt, temperatur och tid) med hänsyn till mögel och bakterier vid vatten-/ regnbelastning samt öka kunskapen om hur KL-träkonstruktioner (inklusive skarvar, anslutningar och infästningar) påverkas vid nederbörd under byggskedet. Detta för att i nya träbyggnadsprojekt med innovativa detaljlösningar med KL-trä, kunna avgöra behovet av väderskydd eller andra åtgärder.

## Omfattning och avgränsning

Denna förstudie avser en utveckling av en laboratorimetod/plattform för att kunna bidra till att verifiera befintliga och utveckla nya innovativa lösningar för KL-träkonstruktioner med avseende på funktion och prestanda ur fuksynpunkt. I studien skapas kontrollerade och dokumenterade förhållanden i laboratorium för att genomföra simuleringar med uppfuktning med fritt vatten och artificiellt applicerade sporer. Klimatförhållanden och belastningar skapas genom att styra luftfuktighet och temperatur i klimatskåp som används samt vattenbelastning. Genom att återskapa/simulera i verkligheten förekommande klimatförhållanden och belastningar kan resultat jämföras med verkliga fall vilket är viktigt för att kunna bekräfta eller utesluta likheter och dra relevanta slutsatser. Vanligt förekommande klimatförhållanden och belastningar skapas för att kunna avgöra hur kritiska de är. I båda fallen har försöken varit begränsade i antal, omfattning, tidsperiod etc. Resultaten från den aktuella förstudien avses att nyttjas till att utveckla försöksupställningen för laboratorimetoden/plattformen.

Förstudien är en viktig del för att kunna testa försöksupställningen, simulering av realistiska förhållanden samt för att kunna forma eller utveckla en mer komplett laboratoriestudie som täcker in förväntade förhållanden och klimat för att kunna ge mer exakta data på hur lång tid KL-träskivor och KL-träkonstruktionsdetaljer kan utsättas för nederbörd i form av vatten utan att få mikrobiell tillväxt. För att kunna säkerställa repeterbarheten i försöken så används en kontrollerad sporslösning. Representativa KL-trätytor och detaljlösningar för detaljer, anslutningar och skarvar detaljstuderas. Förstudien fokuserar på fukt och mikrobiell tillväxt i KL-träkonstruktioner. Det finns en naturlig variation för mögelresistens, dels inom varje enskild bräda/planka dels mellan enskilda brädor i en KL-träskiva. Det finns också andra naturliga variationer eftersom det är ett biologiskt material. I denna förstudie är provkropparna tagna från några olika KL-träskivor och från en tillverkare. Om det finns några andra variationer av virke som används framkommer inte. En mer omfattande studie planeras efter genomförandet av denna förstudie. Förhoppningsvis ska den komplettera tidigare metoder och ge en mer heltäckande bild av hur olika klimat, sporexponering och andra förhållanden inverkar på fukttilstånd och mikrobiell tillväxt, samt utmytna i kunskap om nivåer för framtagning av kritiskt



SMART  
HOUSING  
SMÅLAND

fukttillstånd, men också rekommendationer, förbättringsåtgärder och begränsningar för användning och hantering av KL-träkonstruktioner som utsätts för nederbörd.

SMART HOUSING SMÅLAND

351 96 VÄXJÖ  
TEL 010-516 50 00  
E-MAIL [INFO@SMARTHOUSING.NU](mailto:INFO@SMARTHOUSING.NU)  
[SMARTHOUSING.NU](http://SMARTHOUSING.NU)

## Material och metoder

### Provplanering

Klimaten har valts dels för att ungefär motsvara delar av det klimat som uppkom i fältstudien (Olsson, 2019), dels beroende på klimatskåpets begränsningar. Exempelvis visade det sig vara svårt att få till ett stabilt vinterklimat med en temperatur på 5 °C i kombination med högre RF. Därför valdes ett höstklimat men som även uppkom periodvis under våren enligt fältstudien. Dessutom valdes klimaten på sådant sätt att omgivande luft inte skulle kunna orsaka ett klimat med risk för mögelpåväxt på provkropparna. Klimatdata från fältstudien visar på regn under flera sammanhängande dagar till ungefär en vecka och vid flera tillfällen. Samtidigt har montagentiden per bjälklag tagit minst en vecka i fältstudien och i flera fall tog det flera veckor. Om det börjar regna efter slutet av arbetsdagen kan det enligt erfarenheter från fältstudien, exempelvis vara så att vattnet tas bort först efterföljande dag. Vidare om det börjar regna under helgledighet så är det först på måndag morgon eller första arbetsdagen efter ledighet som vattnet kan tas bort. Samtidigt visade det sig att det tog tid att få bort vattnet varför det torde vara svårt att korta ner vattenbelastning till avsevärt mindre än 1 dygn utifrån ett sådant scenario. Vidare konstaterades i fältstudien att upprepade vattenbelastningar uppkom veckor eller månader efter att KL-trä monterats på grund av vatten som rinner ner från ovanförliggande bjälklag eller slagregn som träffar ytterväggar och rinner in vid öppningar eller skarvar men även återkommande regnbelastning av utsidan av KL-träväggar under flera månader.

Genom att använda en sporsuspension tar man dels bort slumpen som en faktor, alltså om det finns sporer på materialet eller inte. Även om det generellt kan sägas att mikroorganismer finns överallt och på alla ytor så är de inte jämnt fördelade. Om man då gör ett försök för att utreda klimatets inverkan på påväxt utan att tillföra sporer så går det inte att avgöra orsaken till utebliven påväxt, det vill säga, det är omöjligt att veta om materialet är fritt från påväxt för att det inte har funnits förutsättningar för mikroorganismer att växa eller om det helt enkelt inte fanns någon spor eller produktiv spor närvarande just där på den lilla provytan som analyserades.

Så fort ett material hanteras och särskilt utomhus så kommer det att utsättas för sporer och bakterier i större eller mindre utsträckning beroende på årstid. Även regnvatten innehåller mikroorganismer då luften "tvättas" av detta vilket kan öka och dra med sig sporer till ytor som exponeras för regnvatten. Genom att använda en sporsuspension så säkerställs repeterbarheten och möjliggör jämförande försök.

### Försöksupställning

Tillväxt av mögel på bitar av KL-trä (provkroppar) från en KL-trätillverkare studerades i två olika klimat och för två olika inledande perioder med vattenbelastning. För att säkerställa att provkropparna har utsatts för sporer så preparerades de med en sporiösning med sex olika svampar. För att säkerställa att metoden är repeterbar så behöver en kontrollerad sporiösning användas. Provtagning för mikrobiologiska analyser och fuktkvotsmätning utfördes med regelbundna intervall. Proverna förvarades

och konditionerades i ett stabilt laboratorieklimat i mer än 3 månader innan försöket. De ytor av provkroppar som egentligen representerar en större del av en KL-träskiva förseglades för att det ska bli representativt. Under tre dygn, innan försöken startade, placerades några provkroppar i ett uttorkningsklimat för att simulera en kortvarig torrperiod vilket kan ge en krympning och orsaka ökade springvidder mellan bräder och framförallt i det yttersta KL-träskiktet.

### Tillverkning av provkroppar och förkonditionering

Provkropparna kapades till från bjälklags- och väggelement och placerades på en transportpall av personal på KL-träfabriken. Provkropparna skickades iväg den 7 maj 2019 och ankom till RISE laboratorium i Borås den 9 maj. Transporten ska ha skett i en täckt lastbil. Vid ankomst såg proverna ut att vara i ett oförändrat skick. Efter ankomst har proverna förvarats i ett fukt- och temperaturstabil klimatrum med 23 °C och 50 % RF i mer än 3 månader. Vägghälskroppar har justerats/kapats något på RISE för att få plats. Innan försöken startade så har några av proverna fått torka under tre dygn i ett klimatskåp med klimatet 30 °C och 25 % och de provkropparna är benämnda med "torkad". Detta för att eventuellt framkalla större springa mellan bräder, vilket skulle kunna uppkomma vid torr och varmt klimat under byggskedet. Ungefär en 1 mm springbredd konstaterades som mest efter torkning, se tabell 1. Mätningen utfördes med skjutmått med digital display. Dock fanns det redan en viss springbredd före torkningen men som inte var större än 1 mm. Dessutom kan konstateras att flera provkroppar som inte utsattes för torkning jämväl hade springbredder på ca 0,5 till 1,5 mm mellan bräder i det översta KL-träskiktet. Mätning av springbredd utfördes strax före applicering av sporfösning, se tabell 1.

Tabell 1. Springbredder för springa i bjälklag (springa mellan bräder) innan försöken startade. Provkroppar med beteckning S exponerades sedan för sommarklimat och beteckning V exponerades för höstklimat, se beskrivning av beteckningar i tabell 2 och 3.

Provkropp	Springbredd strax innan start [mm]
S1	0,8
S2	0,9
S11	1,0
S12	0,6
S13-II	1,0
V1	0,9
V2	0,7
V11	1,0
V12	0,9
V13-II	1,3

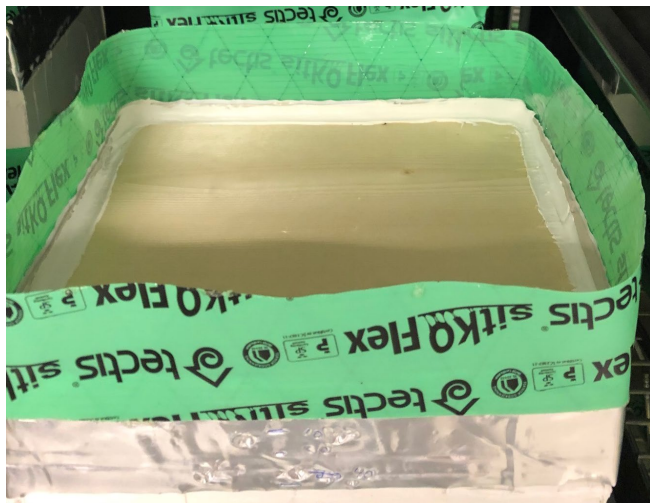
Storleken på provkropparna för bjälklag var ca 200 x 200 x 200 mm och bestod av 5 skikt med skiktjockleken 40 mm, se figur 1. Storleken på provkropparna för väggar var ca 160 x 200 x 120 mm (bredd x höjd x tjocklek) och bestod av 5 skikt varav tre skikt med tjockleken 20 mm och två skikt med tjockleken 30 mm.



Figur 1. Provkroppar vid ankomst till RISE i Borås.

De ytor på provkropparna som har kapats eller ska representera en större del av en KL-träskiva förseglades med diffusionstät byggtejp, se figur 2 - 4. Dessutom skapades en sarg längs kanten runt de provkroppar som ska utsättas för stående vatten, se figur 2. Sargen bestod av en aluminium-butyltejp. Dessutom förseglades den övre halvan av provkroppens kanter med tätningssmassa. Därtill har sargen byggts på med en tejp för att skydda testytan mot kraftiga luftrörelser som uppkommer i klimatskåpet, se figur 2. Kontrollmätning utfördes ungefär 1 cm från ytan med lufthastighetsmätare och visade på ca 0,1 till 0,2 m/s när klimatskåpet var i drift.

Provkropparna representerar bjälklag, se figur 2, anslutning bjälklag-vägg, se figur 3, och bjälklags-skarv, se figur 4. För den kombinerade provkroppen bjälklag-vägg så har det placerats en plastfolie mellan bjälklag och vägg som ska representera en sylomerlist (vibrationsisolering) som också är en ångtät avdelning mellan konstruktionerna. Dock brukar en sylomerlist vara betydligt tjockare än en plastfolie vilket kan skydda mot stående vatten på bjälklaget men däremot inte rinnande vatten längs väggen. Försöksuppställningen är förenklad men ska representera det vatten som rinner kontinuerligt ner längs vägg eller vatten som stänker upp på väggens nederdel och sen tränger in ovanpå sylomerlisten, mellan sylomerlist och undersidas av väggen. Vattenbelastningen för dessa detaljer bedöms vara ett värsta fall men inte onormalt utifrån observationer i fältstudien. När det gäller bjälklags-skarv så bedöms vattenbelastningen vara ett värsta fall men däremot inte onormalt utifrån observationer i fältstudien. Däremot har bjälklagskanterna ställts mot varandra i dessa försök vilket kan skilja i de fall större avstånd tillämpas i verkligheten vilket kan ha betydelse för uttorkningen. Å andra sidan är det vanligt i verkligheten att bjälklags-skarvar kapslas in mot anslutande innerväggar, alltså mellan undersidan och översidan av innerväggar samt att innerväggar ställs på en sylomerlist som torde begränsa uttorkningen.



Figur 2. Provkropp med sarg, bjälklag.



Figur 3. Kombinerad provkropp, bjälklag-vägg. Väggen har ställts på bjälklaget och väggens kanter har förseglats. Dessutom finns det en plastfolie mellan undersida av vägg och ovansida av bjälklag som ska representera en sylomerlist.



Figur 4. Kombinerad provkropp, skarv i bjälklag. Kanterna är förseglade. Pilen visar att provytorna läggs ihop direkt efter vattenbelastning. Skarven mellan de förseglade kanterna tätades med tejp. Provkroppens ovansida och undersida förseglades inte eftersom de representerar bjälklagets ovansida och undersida. I fältstudien släppte tejpens i vissa fall och vatten rann ner i skarven.

### Klimatisering i klimatskåp

Kontrollerade klimatförhållanden har skapats i kalibrerade klimatskåp, av fabrikket CTS (CTS Climate Test Systems AB), genom styrd temperatur och relativ fuktighet. Klimatet i skåpet fördelas jämnt genom att luften omblandas med fläktar.

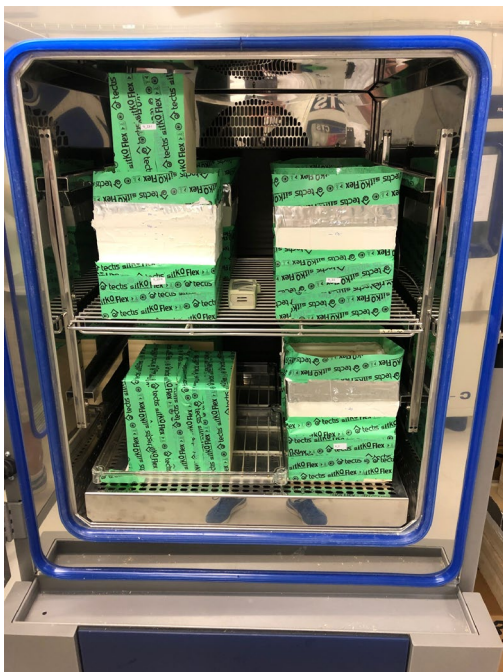
Sommarklimatet har omfattats av två olika klimat som cyklats under dygnet för att motsvara dag och natt. Nattklimatet har varit 15 °C och ca 85 % RF och dagklimatet har varit 20 °C och ca 70 % RF, se bilaga 1. Höstklimatet har hållits konstant på 10 °C och strax över 80 % RF under hela försöket, se bilaga 1. Uppskattad mätosäkerhet är  $\pm 4$  %-enheter i RF och  $\pm 0,2$  °C i temperatur, avser redovisat klimat i bilaga 1.

Klimaten har valts dels för att ungefär motsvara delar av det klimat som uppkom i fältstudien (Olsson, 2019), dels beroende på klimatskåpets begränsningar. Exempelvis visade det sig vara svårt att få till ett stabilt vinterklimat med en temperatur på 5 °C i kombination med högre RF. Dessutom valdes klimaten på sådant sätt att omgivande luft inte skulle kunna orsaka ett klimat med risk för mögelpåväxt på provkropparna. De valda klimaten kontrollerades särskilt genom en mögelsimulering, se bilaga 2, av klimaten baserad på MRD-modellen (Thelandersson & Isaksson, 2013) med en s.k. kritisk dos på 17 dagar för hyvlad gran enligt modellen.

### Vattenbelastning

Alla provkroppar förutom referensprover (SR = sommarreferens och VR=höstreferens) har utsatts för vattenbelastning i 1 dygn (26 - 27 aug) eller 6 - 7 dygn (26 aug till 2 sep) i angivna klimat. Destillerat vatten påfördes på de provkroppar som var försedda med sarg i samband med att provkropparna placeras i klimatskåpen och försöken startade. För de kombinationer av provkroppar, se figur 4, utan sarg placerades de i ett vattenbad som var placerade i klimatskåpen, se figur 5. Vattennivån har varierat mellan 1-5 mm djup både för provkroppar med sarg och i vattenbad samt att vatten fyllts på så att vattennivån kunnat bibehållas.

För provkroppar med 1 dygns vattenbelastning hälldes vattnet av efter 1 dygn för provkroppar med sarg och för de andra plockades vattenbadet bort, vattnet fick rinna av och provkropparna sattes ihop. När det gäller provkroppar som utsattes för 6 - 7 dygns vattenbelastning så har de med sarg inte fått mer vatten efter det 6:e dygnet. Det har inneburit att det fria vattnet hann i flera fall avgå under det sista dygnet (dygn 7). För provkroppar i vattenbad togs vattenbadet bort och provkropparna sattes ihop. Vattnet fick rinna av från provkropparna under ungefär 5 minuter.



Figur 5. Provkroppar placerade i klimatskåp. Längst ner till vänster i skåpet syns ett (två) transparent vattenbad med en provkropp (ytan på bjälklagsskarven står i vattnet).

### Mikrobiologisk analys

Innan försöken startade och före applicering av spörösning så har samtliga provdelar kontrollerats med lupp i 10 gångers förstoring av erfaren byggnadsmykolog. Ingen påväxt fanns på provkropparna innan försöken startade.

Mikrobiologiska analyser har utförts på materialprovers ytskikt. Först granskas provets yta i släpljus vid 40 gångers förstoring genom stereomikroskop. Därefter bereds ett eller flera preparat för mikroskopering. Detta görs genom antingen avskrap, lyft av fiber med pincett eller tejpavtryck vilka överförs till ett objektglas, fuktas med lämplig vätska och förseglas med ett täckglas. Preparatet analyseras sedan vid 400 – 1000 gångers förstoring i mikroskop. Metoden innebär en kvantitativ analys av mikrosvampar och aktinomyccer (jordbakterier) där resultatet redovisas som en frekvens där totala angreppets förekomst av sporer och hyfer bedöms och klassas. Klassningen beskrivs som antingen ingen, sparsam, måttlig eller riklig frekvens (Hallenberg & Gilert, 1988). Om påväxten innehåller morfologiska strukturer kan det även finnas möjlighet att identifiera släktet av mögelsvamp. Förekommer det jästsvamp, alger, kvalster, rester av insekter samt tecken på blånadssvamp och rötangrepp noteras detta när det är relevant. Förekomst av sporer har exkluderats i resultatredovisningen i denna studie eftersom det har tillförts i metoden och utgör ingen växt.

### Tillverkning av sporiösning

Svampkulturerna, som representerar vanligt förekommande svamparter på byggnadsmaterial, har odlats på agarplattor 2-3 veckor innan provning. Sporer skördas och bereds enligt SP-Metod 2899 vilket innebär att, under sterila förhållanden, prepareras en sporsuspension av varje svampart, var och en innehållande 1 000 000 ±200 000 sporer/ml. En suspension innehållande sporer från alla arter bereds med lika delar från varje arts suspension. Därefter utförs grobarhetstest av suspensionerna.

På varje provkropp, se figur 6, applicerades 3,2 ml sporiösning med 1 000 000 ( ± 100 000) sporer/ml. En blandning av sporer från följande mögelsvamparter har använts.

Aspergillus versicolor	(CBS 245.65)
Cladosporium sphaerospermum	(CBS 122.63)
Penicillium chrysogenum	(CBS 401.92)
Penicillium pinophilum	(CBS 631.66)
Stachybotrys chartarum	(CBS 109.289)
Eurotium herbariorum	(CBS 115808)

För att kontrollera att sporsuspensionen inte innehåller någon näring gjordes en test av sporsuspensionens renhet. Sporsuspensionen sprayades på filterpapper av glasfiber. Dessa glasfiberfilter sattes sedan in i respektive klimat och analyserades när de sista proverna togs ut. Ingen påväxt kunde detekteras på glasfiberfiltren.

Genom att använda en sporsuspension tar man dels bort slumpen som en faktor, alltså om det finns sporer på materialet eller inte. Även om det generellt kan sägas att mikroorganismer finns överallt och på alla ytor så är de inte jämnt fördelade. Om man då gör ett försök för att utreda klimatets inverkan på påväxt utan att tillföra sporer så går det inte att avgöra orsaken till utebliven påväxt, det vill säga, det är omöjligt att veta om materialet är fritt från påväxt för att det inte har funnits förutsättningar för mikroorganismer att växa eller om det helt enkelt inte fanns någon spor eller produktiv spor närvarande just där på den lilla provytan som analyserades.

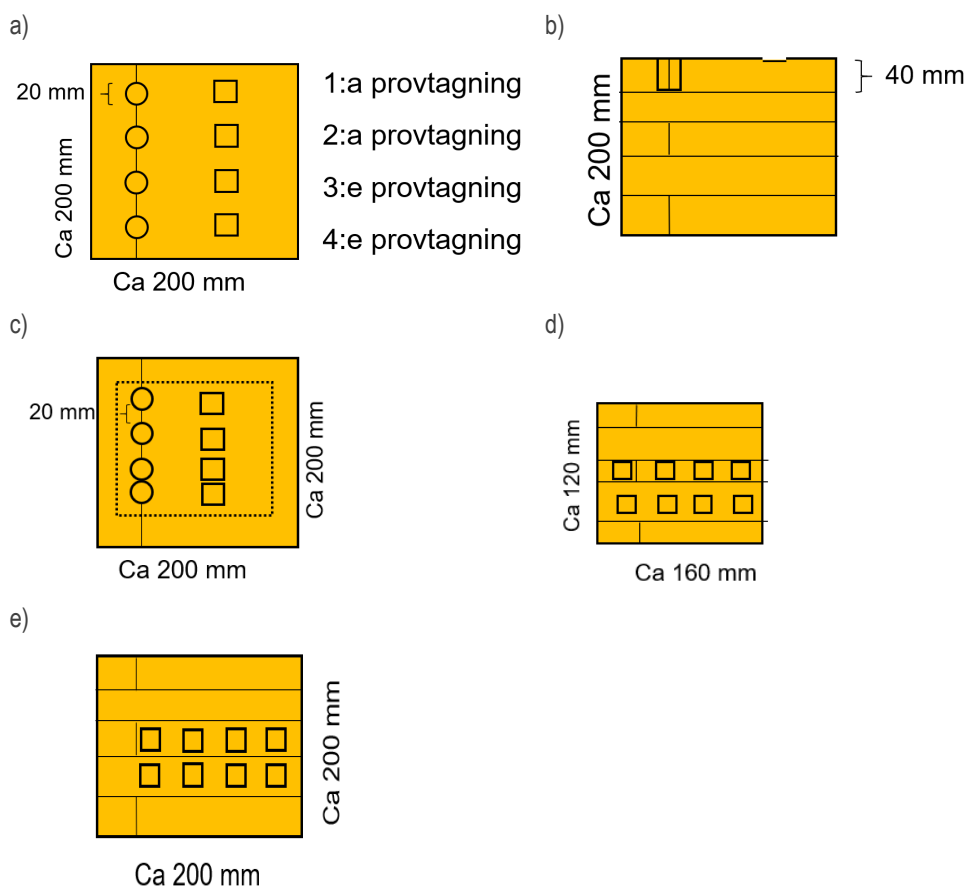
Så fort ett material hanteras och särskilt utomhus så kommer det att utsättas för sporer och bakterier i större eller mindre utsträckning beroende på årstid. Även regnvatten innehåller mikroorganismer då luften "tvättas" av detta vilket kan öka och dra med sig sporer till ytor som exponeras för regnvatten. Damm som rörs upp innehåller också mikroorganismer eller smuts med sporer på exempelvis arbetsskor som sprids när personal går runt på arbetsplatsen osv. Det finns flera tidigare laboriestudier där försöken är baserade på exponering för uteluft (ej sporer via regn) som gjort att mögelpåväxt kunnat uppkomma på virke (Olsson & Mjörnell, 2012, Johansson & Bok, 2011). Vidare visar en studie på att spörlösning kan göra att mögeluppkomsten sker snabbare än med naturlig exponering av sporer (Johansson & Bok, 2011). Dock vid höga fuktigheter på 95 % RF har det visats att det kan uppkomma påväxt redan inom en vecka (Johansson & Bok, 2011) varför det vid 100 % RF sannolikt uppkommer tidigare, med naturlig exponering av sporer.



Figur 6. Samtliga provkroppar inför applicering av spörlösning samt provkropparnas beteckning. Varje provkropp består av två provdelar (springa i bjälklag respektive ovasida av bjälklag eller ändträ respektive tvärs fiberriktning).

### Mät- och provtagningspunkter

Den första provtagningen gjordes en vecka efter avslutad vattenbelastning. Därefter gjordes provtagning efter ytterligare en vecka och därefter varannan vecka, totalt fyra provtagningstillfällen. Provtagning i springa i bjälklag gjordes med en kärnborr av diameter 20 mm och till ett djup av 35-40 mm, se figur 7b. Direkt efter provtagning förseglade hålets invändiga ytor med diffusionstät tejp. Provtagning av materialyta gjordes med hammare och stämjärn med en yta på ungefär 4 cm<sup>2</sup> och med ett djup på 1-5 mm, se figur 7b. Provuttagen fick torka och därefter förvarades de separerade i papperskuvert fram till analystillfället. Provtagningen föregicks av fuktkvotmätning på samma mätplats. Dessutom har ytterligare en fuktkvotmätning skett på ett avstånd av ca 20 mm bredvid provtagningspunkten vid 2 till 3 dygn efter avslutad vattenbelastning.



Figur 7. a) Placering av provtagningspunkter i springa i bjälklag och på ovansida av bjälklag. b) Mättdjup med kärnborr i springa respektive ytprovtagning av yta på ovansida av bjälklag. c) Placering av mät- och provtagningspunkter i provkropp för bjälklag under vägg (provtagning se figur 7b). d) Placering av mätpunkter i undersida av vägg (provtagning endast på ytan av skikt med ändträ respektive skikt tvärs fiberriktningen). e) Placering av mätpunkter i bjälklagsskarv (provtagning endast på ytan av skikt med ändträ respektive skikt tvärs fiberriktningen).

## Fuktkvotsmätning

Inledande referensmätning av fuktkvot utfördes innan försöken startade med vattenbelastning. Dock har mätningarna rationaliserats, eftersom provkropparna har konditionerats i över tre månader, och därför finns det inte mätvärden för samtliga provkroppar före försöket startade.

Fuktkvotsmätning har kunnat ske av provkropparna genom att de plockades ur klimatskåpen under kortvarig tid och mätning skedde momentant. Fuktkvotsmätning utfördes före materialprovtagning på mätplats. Det tog ungefär 5 minuter per mätning av fuktkvot och provtagning av material för mikrobiologisk analys. Klimatet i lokalen kan likställas med normalt kontorsklimat.

Fuktkvotsmätningarna har skett genom resistansmätning med isolerade elektroder/stålstift på mätdjupen 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 mm (för mätdjupen 10 till 60 mm är osäkerheten i mätdjupet  $\pm 2$  mm) sett från ovasidan av bjälklag, både mitt på bräda och i springor mellan bräder. Elektroderna för fuktkvotsmätning har slagits ner uppifrån mellan 0 mm till 40 mm djup, och för 50 och 60 mm djup har mätningen skett från sida via kanten på provkroppen för att undvika att gå igenom det horisontella limskiktet. Inga mätningar har skett genom provytan innan eller under vattenbelastning. Mäthål från sida har tätats med tejp men inte mäthål ovanifrån. Mätning i springa har visat sig kunna jämföras med ett mellanting mellan ytfuktkvotsmätning (SP, 2012b) och fuktkvotsmätning i trä (SP, 2012a) under förutsättning att springvidden inte är mer än någon millimeter. I dessa mätningar har angivna metoder (SP, 2012b) (SP, 2012a) använts med vissa avsteg, dels är redovisade mätvärden baserade på singelmätning istället för medelvärde av tre mätningar. Vidare har mätning i trä gjorts i flera mätdjup, andra avstånd från kanter och från flera olika riktningar i förhållande till fiberriktning. I springor mellan bräder har provuttag gjorts med kärnborr och fuktkvoten har kontrollmätts igen på den uttagna biten med handinstrument. Fuktkvot har mätts momentant med fuktkvotinstrument, av fabrikatet Protimeter Timbermaster, tillsammans med hammarelektroder med isolerade stålstift som mäter elektrisk resistans. Instrumentet var kalibrerat och injusterat för träslaget gran.

Temperaturkompensering och korrigering av fuktkvot för ytfuktkvotsmätning har skett. Mätosäkerheten uppskattas till  $\pm 1,5$  %-enheter inom mätområdet 8 - 25 % FK. Mätosäkerheten för ytfuktkvot och springa uppskattas till  $\pm 2$  %-enheter inom mätområdet 8 - 25 % FK. Värderna under 8 % FK redovisas som 8 % och värden över 25 % redovisas som 25 % FK. När det gäller ytfuktkvotsmätning för provkropparna i höstklimatet så ska de ses som en indikationsmätning. Anledningen är att kondens inte helt kan uteslutas i samband med att provkropparna togs ur klimatskåpet för fuktkvotsmätning trots att det handlat om ungefär en minuts mätförfarande. Det ska tilläggas att någon synlig eller identifierbar kondens inte har kunnat iakttas. Dessutom ser det inte ut som att referensprovet (VR) har påverkats av detta.

## Resultat

### Mikrobiologisk analys

Resultatet av mikrobiologisk analys visas i tabell 2 för provkroppar utsatta för 1 dygns vattenbelastning, och tabell 3 utsatta för 6-7 dygns vattenbelastning. Frekvens/graden av påväxt anges enligt följande skala: ingen (0), sparsam (1), måttlig (2) och riklig (3). Sporer har exkluderats. Eftersom provtagning togs vid bestämda tidsintervall så visar det tillståndet vid provtagningstillfället. Exakt när påväxten uppkom efter försöken startade går således inte exakt att avgöra.

Antal utförda analyser har rationaliserats i den mån det inte bedömts påverka resultatet. Det vill säga i de fall det uppkommit högsta graden av påväxt så har inga ytterligare efterföljande analyser bedömts behöva göras. I de fall ingen påväxt uppkommit vid analys av sista provtagningstillfället så har ingen analys behövt göras av föregående provtagningar. Dessutom, i de fall där ingen fuktpåverkan från vattenbelastningen fanns kvar efter föregående provtagning så har inga ytterligare analyser bedömts behöva göras. Dock finns det undantag som kan sägas utgöra kontroller för att visa på att antagandet var relativt korrekt. Om graden av påväxt varierar något över provytan så kan det bero på naturliga skäl, variationer hos levande organismer.

Provkroppens provdelar med förkortningar:

- ovansida BJL = Ovansida bjälklag (ytan på det översta KL-träskiktet)
- springa BJL= Den springa som uppkommer mellan två brädor i det översta KL-träskiktet
- skarv BJL = Bjälklagsskarv (skarv mellan två KL-träskivor)
- undersida vägg = Undersida vägg som står på bjälklaget (med plastfolie mellan vägg och bjälklag)
- ändträ = Kanten på KL-träskiva utgörs av vartannat skikt av ändträ
- tvärs fiberriktning = Kanten på KL-träskiva utgörs av vartannat skikt av trä tvärs fiberriktningen

Tabell 2. Resultat av mikrobiologiska analys för de olika provdelarna av provkropparna. Provkropparna har utsatts för 1 dygns vattenbelastning mellan den 26 till den 27 augusti. Tabellen visar provtagningsdatum och analysresultat för flera tidpunkter under försöksperioden och slutgiltigt resultat av påväxt för hela försöksperioden. Tomma rutor visar att ingen analys har utförts för det provtagningsstillfället. Provkroppar med beteckning S har exponerats för sommarklimat och beteckning V har exponerats för höstklimat. Referensprovkroppar för sommar och höstklimat är betecknade SR respektive VR och redovisas i tabell 3.

Årstid och prov-beteckning	Provdela	190902 (efter 6 dagar)	190909 (efter 2 v)	190923 (efter 4 v)	191014 (efter 7 v)	Slutgiltigt
S1	springa BJJ		0	0	0	0
	ovansida BJJ		0	0	0	0
S2	springa BJJ (torkad)			0	0	0
	ovansida BJJ			0	0	0
S3-I	skarv BJJ, ändträ	2	3	2	2	3
	skarv BJJ, tvärs fiberriktning		0	3	3	3
S3-II	skarv BJJ, ändträ	2	3		2	3
	skarv, BJJ, tvärs fiberriktning	3	3		2	3
V1	springa BJJ				0	0
	ovansida BJJ		0	0		0
V2	springa BJJ (torkad)		0		0	0
	ovansida BJJ		0	1		1
V3-I	skarv BJJ, ändträ	2	3		2	3
	skarv BJJ, tvärs fiberriktning			0		0
V3-II	skarv BJJ, ändträ	1	2		2	2
	skarv, BJJ, tvärs fiberriktning		0	1	1	1

Tabell 3. Resultat av mikrobiologiska analys för de olika provdelarna av provkropparna. Provkropparna har utsatts för 6-7 dygns vattenbelastning under perioden 20190826 till 20190902. Tabellen visar provtagningsdatum och analysresultat för flera tidpunkter under försöksperioden och slutgiltigt resultat av påväxt för hela försöksperioden. Provkroppar med beteckning S har exponerats för sommarklimat och beteckning V har exponerats för höstklimat. Referensprovkroppar för sommar och höstklimat är betecknade SR respektive VR.

Årstid och prov-beteckning	Provdela	190909 (efter 1 v)	190916 (efter 2 v)	190930 (efter 4 v)	191014 (efter 6 v)	Slutgiltigt
S11	springa BJL	1	0		1	1
	ovansida BJL	3	3	3		3
S12	springa BJL (torkad)	2	2		3	3
	ovansida BJL	3	3	3		3
S13-I	undersida vägg, ändträ	3	3		3	3
	undersida vägg, tvärs fiberriktning	3	3		3	3
S13-II	springa BJL under vägg	2	1	2	3	3
	ovansida BJL under vägg		3	3		3
V11	springa BJL				0	0
	ovansida BJL	3	3	3		3
V12	springa BJL (torkad)				0	0
	ovansida BJL		3		3	3
V13-I	undersida vägg, ändträ	0	1		3	3
	undersida vägg, tvärs fiberriktning	0	3		3	3
V13-II	springa BJL under vägg	2	1	3		3
	ovansida BJL under vägg	2	1	3		3
SR	springa BJL				0	0
	ovansida BJL				0	0
VR	springa BJL			0		0
	ovansida BJL				0	0

Några resultat från denna inledande förstudie där laboriemetoden testas en första gång är att de provkroppar med ytor som var mer eller mindre förhindrade att torka omgående efter vattenbelastning uppkom måttlig eller riklig påväxt på samtliga provkroppar vid sommarfallet oberoende av om vattenbelastningen varade i 1 dygn eller 7 dygn, se tabell 2 och tabell 3. Även för höstfallet med 7 dygns vattenbelastning och för de provkroppar som var mer eller mindre förhindrade att torka omgående erhöles riklig påväxt. Däremot för höstfallet med 1 dygns vattenbelastning fanns det några

provkroppar där en provdel av provkroppen klarade sig eller erhöll sparsam påväxt men den andra provdelen erhöll ändå måttlig till riklig påväxt. För provkroppar där ytor utsattes för 1 dygns vattenexponering och sedan hade möjlighet att torka "fritt" omgående till omgivande luft klarade sig nästan alla provkroppar förutom en med sparsam påväxt.

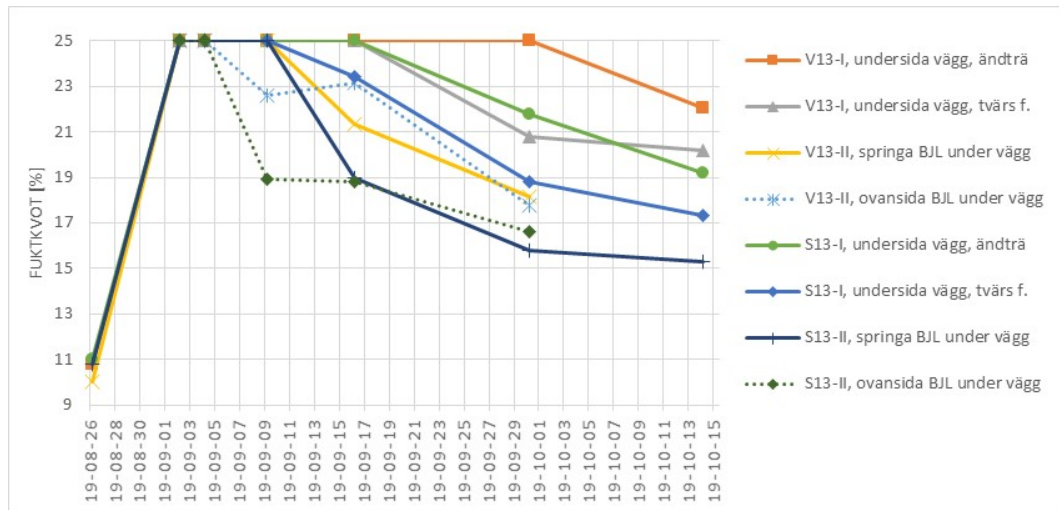
Där mikrobiell tillväxt uppstått i laboratorieprovingen har påväxten uppkommit relativt omgående och med måttlig eller riklig frekvens redan inom en vecka (första provtagningen) efter vattenbelastningen avslutades. Dock finns det några undantag där påväxt uppkommit senare eller att en tillväxt skett som gett ökad frekvens av påväxt.

Det finns inte något entydigt svar till varför det inte är lika vanligt med påväxt i springa i bjälklag mellan brädor, se S11, V11, V12 som i ovasida av bjälklag trots att det var fuktigare betydligt längre tid i springa. Det har i och för sig funnits limrester på delar av ytorna i springan men knappast heltäckande. En annan förklaring skulle kunna vara att springorna är mera skyddade mot damm och smuts under hantering. Denna skillnad har dock inte kunnat ses för S12 eller för de kombinerade provkropparna med springa i bjälklag.

De flesta provdelar fick ingen synlig påväxt med blotta ögat trots att det konstaterades riklig påväxt. Dock uppkom det synlig påväxt på några provdelar men det skulle också kunna misstas för missfärgningar.

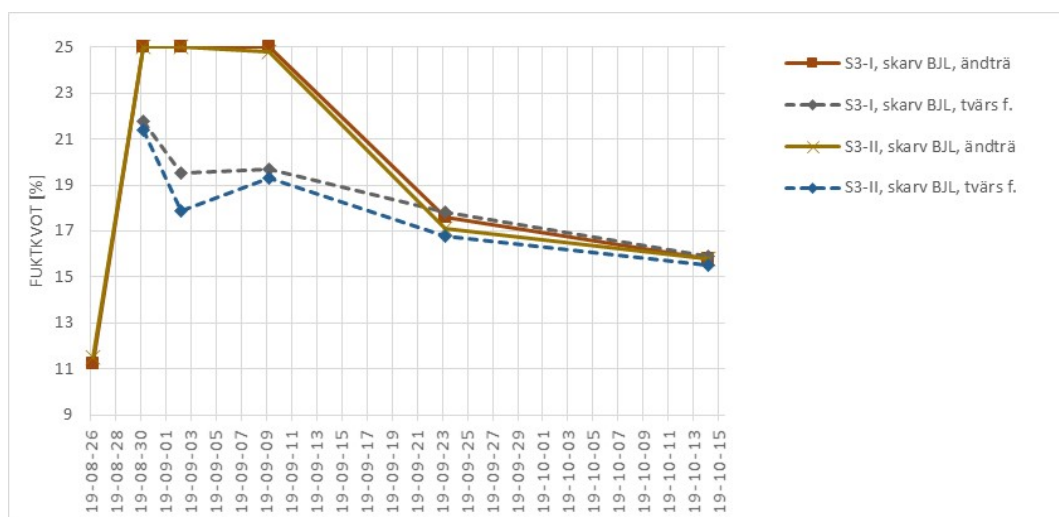
### Ytfuktkvot

Eftersom det är framförallt ytfuktkvoten som har betydelse för mögelpåväxt så har den sammanställts i detta kapitel. Eftersom springor utgörs av två ytor så är fuktkvoten intressant på djupet i springa varför det också visas i detta kapitel (fuktkvoten visas för springans medeldjup 20 mm). Observera att ytfuktkvoten för provkroppar i höstklimat ska ses som indikationsvärden. Fuktkvoten på andra mätdjup redovisas i bilaga 3.



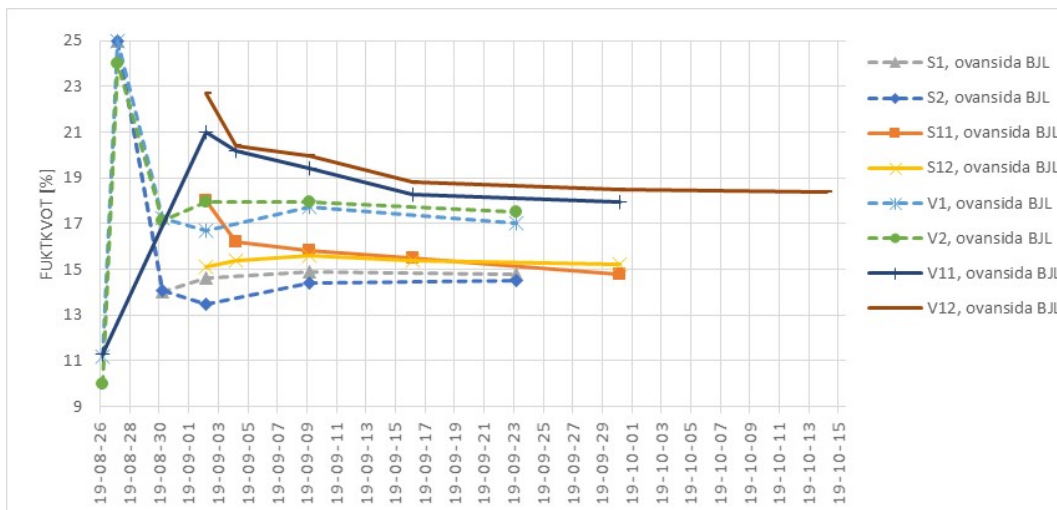
Figur 8. Sammanställning av fuktkvot för alla kombinerade provkroppar på 0 mm mätdjup som utsatts för 7 dygns vattenbelastning. De streckade kurvorna är ytor med mätning tvärs fiberriktningen och de övriga är ändträ eller springa mellan brädor.

Alla kombinerade provkroppar på 0 mm mätdjup som utsatts för 7 dygns vattenbelastning har därefter haft en fuktkvot på minst 25 % FK under minst en vecka förutom provkroppar med provdel ovsida av bjälklag under vägg som hade en fuktkvot på minst 25 % FK under åtminstone 2 dygn, se figur 8. En av provkropparna, V13-I, hade en fuktkvot på minst 25 % FK under en månads tid.



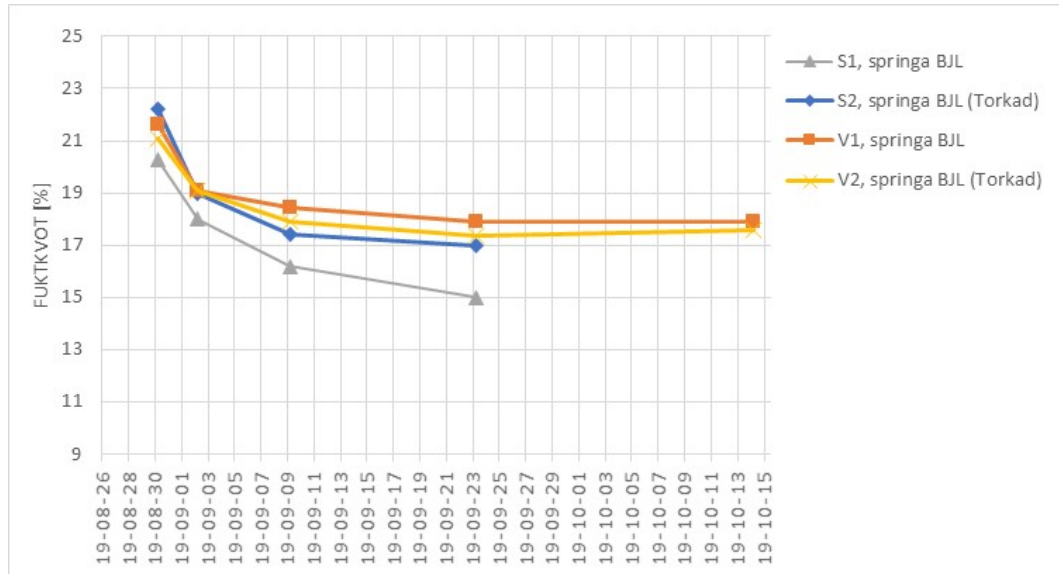
Figur 9. Sammanställning av fuktkvot för alla kombinerade provkroppar på 0 mm mätdjup som utsatts för 1 dygns vattenbelastning. De streckade kurvorna är prodelar/ytor med mätning tvärs fiberriktningen och de övriga är ändträ.

Två av de kombinerade provkropparna, skarv i bjälklag med ändträ, som utsattes för 1 dygns vattenbelastning hade därefter en fuktkvot på minst 25 % FK på 0 mm djup under minst 1 vecka, se figur 9. De andra två provkropparna, skarv i bjälklag med provdel tvärs fiberriktning hade en fuktkvot på minst 21 % under 3 dygn efter vattenbelastningen.



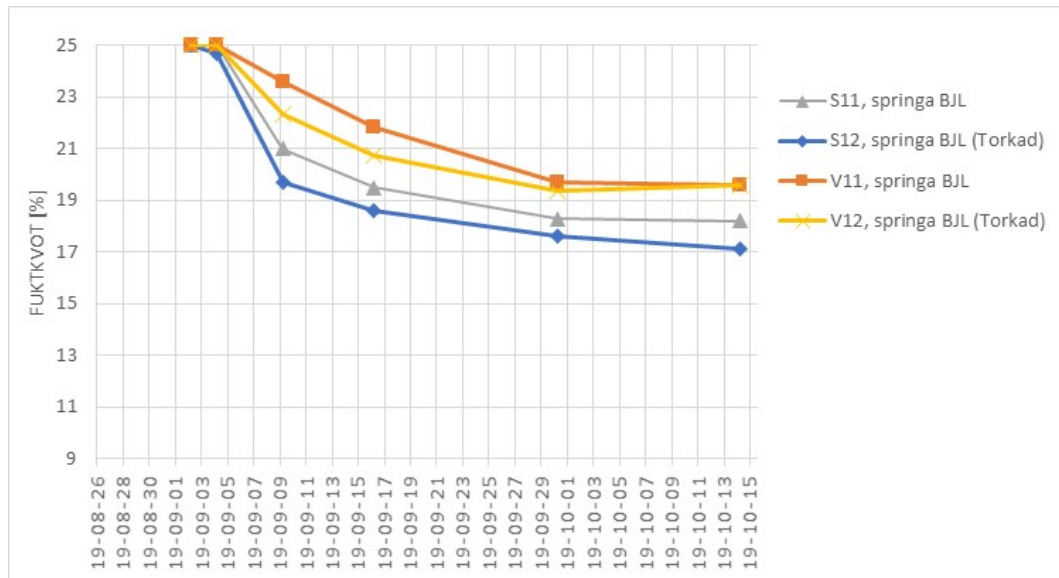
Figur 10. Sammanställning av fuktkvot för alla provkroppar med provdel oavsida av bjälklag på 0 mm mätdjup. De streckade kurvorna är provkroppar som utsatts för 1 dygns vattenbelastning och de heldragna kurvorna har utsatts för 6 dygns vattenbelastning.

För provkropparna som utsatts för 1 dygns vattenbelastning visade ingen påverkan på 0 mm djup vid mätning efter 3 dygn, se figur 10. För de provkroppar som utsattes för 6 dygns vattenbelastning och därefter fritt kunde torka så sjönk fuktkvoten ner till några procentenheter högre än vid slut fuktjämnvikt för 3 av fyra provkroppar och den fjärde var relativt opåverkad efter 1 dygn.



Figur 11. Sammanställning av fuktkvot för alla provkroppar med provdel springa i bjälklag på 20 mm mätdjup i springa som utsattes för 1 dygns vattenbelastning.

För provkroppar med provdel springa som utsattes för 1 dygns vattenbelastning minskade fuktkvoten till strax över 20 % FK efter 3 dygn efter vattenbelastningen och efter en vecka var fuktkvoten nästan i paritet med slutfuktkvoten för tre av fyra provkroppar, se figur 11. Provkropp S1 springa bjälklag fortsatte sjunka ytterligare 3 procentenheter under en treveckorsperiod. Ingen påväxt uppkom för dessa provkroppar.



Figur 12. Sammanställning av fuktkvot för alla provkroppar med provdel springa i bjälklag på 20 mm mätdjup i springa som utsattes för 6-7 dygns vattenbelastning.

För provkroppar med provdel springa som utsattes för 6 dygns vattenbelastning visade på en fuktkvot på minst 25 % FK tre dagar efter vattenbelastningen slutade, se figur 12. En vecka efter vattenbelastning hade fuktkvoten sjunkit till 22-24 % FK för provkropparna i vinterklimatet och 20-21 % FK för sommarklimatet. Två av provkropparna fick ingen påväxt alls trots att fuktkvoten varit hög och förhöjd relativt länge men de var placerade i vinterklimatet. För provkropparna i sommarklimatet uppkom en riklig påväxt och en sparsam påväxt.

## Diskussion och slutsatser

### Lärdomar - laboratoriemetod

Denna förstudie visar att den principiella försöksupställningen kan vara funktionell samtidigt som den behöver utvecklas och verifieras framförallt om den ska användas som en etablerad laboratoriemetod för att undersöka kritiskt fuktillstånd (fukt, temperatur och tid) med avseende på mögel och bakterier vid vatten-/regnbelastning av olika KL-träkonstruktioner.

Nedan följer en sammanställning av olika faktorer i försöksupställningen som bedöms ha betydelse och därmed behöva beaktas eller utvecklas för en framtida laboratoriemetod.

Faktorer	Relevans/förslag
Artificiell applicering av sporer.	Kan ge ökad tillväxthastighet i förhållande till naturlig exponering av sporer och därmed överskatta verkligt förlopp. Dock är kontrollerade sporer viktigt om metodens repeterbarhet ska säkerställas. <i>Förslag: Utför jämförande försök av artificiell applicering av sporer och olika grad av kontaminering för naturlig exponering av sporer.</i>
Avsaknad av regn som innehåller sporer och smuts.	Underskattar verkligheten. <i>Förslag: Komplettera försöken med utomhusexponering.</i>
Ytor smutsas ner av exempelvis arbetsskor under byggskedet, framförallt bjälklag eller på ytor där vatten sprids.	Underskattar verkligheten. <i>Förslag: komplettera med skoavtryck.</i>
Ingrepp vid provtagningar	Ingen betydelse om ingreppet görs på ytan eller på djupet (bildas hål) där det är torrare och inte heller om upptagna hål tätas.
Fuktkvotmätning, hål från instuckna stift som inte tätas.	Förmodligen liten betydelse för provkroppar med fri uttorkning om det finns lika mycket material mellan hål i sidled som till provytan som studeras. Om avståndet är tillräckligt stort till nästa provyta så är påverkan lite. Torrare delar kan påverka fuktigare och tvärtom men bedöms påverka resultaten lite. Å andra sidan finns defekter såsom kvistar eller sprickor i materialet som kan ha betydligt större betydelse för uttorkning. <i>Förslag: Mät fuktkvot från kanten förutom ytfuktkvot eller tillämpa ett säkerhetsavstånd eller täta hålen med lämplig tätning.</i>
Kombinerade provkroppar tas isär vid mätning och provtagning	Ökar uttorkningen något, antagligen relativt lite. <i>Förslag: Minska provtagningstiden.</i>
Mätning och provtagning i laboratorieklimat	Ökar uttorkning eller ytor kan ta upp fukt om risk för kondens finns. <i>Förslag: Säkerställa tillräckligt låg ånghalt i provtagningslokalen. Minska provtagningstiden.</i>

Faktorer	Relevans/förslag
Provkroppens fuktillstånd vid start av försöket	Kan ha stor betydelse. Ingen betydelse om konditioneringsklimatet (ca 50 % RF) motsvarar leveransfuktkvot 12 %.
Naturliga variationer i trä	Har betydelse. <i>Förslag: Representativt provuttag hos tillverkare.</i>
Uppfuktning och uttorkning kan orsaka sprickor och deformationer av exponerat skikt i KL-trä.	Kan ha betydelse. <i>Förslag: Utöka försöken med flera kombinationer av uppfuktning och uttorkning.</i>
Vattnet från vattenbelastningen tillåts rinna av kontra torka in i provkroppen	Kan ha betydelse. <i>Förslag: undersök betydelsen och ta gärna med båda fallen eftersom de förekommer i verkligheten. Eller en kombination vilket ev. kan vara ett mer kritiskt fall.</i>
Provtagningsintervall och analyser	Väsentlig betydelse. <i>Bör utökas med fler provtagningar under första veckan för att kunna beskriva resultatet mer exakt. Fler analyser minskar osäkerheten i resultat.</i>
Vattenbelastning av skarv och undersida vägg	Kan vara överskattade. Försöksuppställningen är förenklad men ska representera det vatten som rinner kontinuerligt ner längs en vägg eller vatten som stänker upp på väggens nederdel och sen tränger in ovanpå sylomerlist, mellan sylomerlister och undersida av vägg. Vattenbelastningen för dessa detaljer bedöms vara ett värsta fall.

## Lärdomar - mögelpåväxt

Dessa inledande laboratorieförsök har resulterat i några slutsatser vad gäller de testade provkropparna.

- Ingen påväxt har uppkommit på ytor som fritt kunnat torka i de fall det föregåtts av 1 dygns vattenbelastning, med ett undantag i höstklimat där sparsam påväxt uppkom. Däremot har riklig påväxt uppkommit på ytor som haft begränsad uttorkningsmöjlighet, i de fall det föregåtts av 1 dygns vattenbelastning. Dessutom har riklig påväxt uppkommit både på ytor som fritt kunnat torka eller som haft begränsad uttorkningsmöjlighet, i de fall det föregåtts av 6 - 7 dygns vattenbelastning.
- På de provkroppar som det uppkom påväxt uppstod det redan efter en vecka. I många fall var den redan måttlig eller riklig påväxt vilket pekar på att begynnande påväxt kan ha uppkommit långt tidigare under försöksperioden. Det innebär att tillväxten kan ha gått snabbt under beskrivna förutsättningar.
- Trots att fuktkvoten var högre under en längre tid i provkroppar med springa i bjälklaget än på ytor var det lägre grad av påväxt eller ingen påväxt i flera av springorna. Orsaker skulle kunna vara mindre påverkan av damm och smuts, mindre utsatt för sporer eller att limrester fanns som kan haft betydelse om limmet hindrat uppfuktning eller är fukttåligare.
- I flera fall har mögeltillväxten gått något långsammare för höstfallet än i sommarfallet. En tänkbar orsak är att temperaturen var lägre för höstfallet och därmed långsammare tillväxt. Däremot finns flera fall där måttlig eller riklig påväxt uppkommit vid första provtagningen för

höstfallen, det vill säga att påväxten har uppkommit någon gång inom en vecka i denna laboratoriestudie.

## Lärdomar - fuktkvot och uttorkning

- Utifrån de aktuella mätningarna i laboratorium ser det ut som att fuktkvoten i en springa (som kan torka fritt) torkar ut relativt väl till omgivande klimat inom en vecka efter vattenbelastning under 1 dygn. Däremot tar det uppemot 3 veckor för uttorkningen efter 6-7 dygns vattenbelastning. När det gäller ovansidan av bjälklag som kan torka fritt verkar uttorkningen ha skett på några dygn efter 1 dygns vattenbelastning. Däremot tog det en vecka för uttorkningen efter 6-7 dygns vattenbelastning. Fuktkvoten är hög flera veckor efter vattenbelastning för skarv i bjälklag framförallt efter 6-7 dygns vattenbelastning men ser därefter ut som att det kan ske en uttorkning inom en månad. Däremot var det fuktigt väldigt länge för bjälklag-vägganslutning under hela försöksperioden framförallt på undersidan av väggen. Plastfoliens betydelse för både uppfuktning och uttorkning är svår att bedöma. Undersidan av väggen var fuktig längre än ovansidan av bjälklaget under väggen. Skillnaden berodde förmodligen på att undersidan av väggen bestod till ungefär hälften av ändträ och att ändträ suger upp mer vatten under vattenbelastningen.
- Mätningarna visar att vattenbelastning påverkar förhållandevis lite på djupet i bjälklaget eller ytor tvärs fiberriktningen. Dessutom ser det ut som att det andra KL-träskiktet i bjälklagsprovkropparna inte har påverkats nämnvärt på 50 och 60 mm djup, se bilaga 3. Däremot ser man att springor och ändträ påverkar i högre grad på djupet.
- För provkropp S13-VII i samband med vattenbelastningen konstaterades ett läckage i sargens tätning. Otätheten bedöms ha uppkommit mellan tätmassa och butyltejp men det går inte att utesluta läckage genom själva tätmassan. Det är inte tydligt, men skulle kunna vara en förklaring till att fuktkvotsvärdet kortvarigt gick upp från 9 till och 11 %.

## Fortsättning

Denna förstudie visar att den principiella försöksuppställningen är funktionell samtidigt som den behöver utvecklas för att gälla fler klimat och olika perioder med vattenbelastning. Ytterligare klimat att undersöka skulle kunna vara vinter- och vårklimat, klimat med kortvarig hög fuktighet i samband med vattenbelastning, i gränsskiktet mellan ytor med fritt vatten och utan fritt vatten, kortare och längre tidsperioder med vattenbelastning inom 0- till 6 dygn. Korrelation mellan artificiell applicering av sporer och sporer, damm och smuts och naturlig exponering behöver göras. Uppställningen med provkroppar behöver också utökas för att innefatta fler leverantörer och skivor tillverkade vid olika tillfällen. Betydelsen av defekter i KL-träskivan såsom springor, genomgående kvistar etc med avseende på vatteninträngning till underliggande skikt behöver undersökas.

Avsikten är att försöka söka finansiering för en fortsättningsstudie.



## Referenser

- ESPING, B., SALIN, J.-G. & BRANDER, P. 2005. *Fukt i trä för byggindustrin*, Stockholm, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.
- GUSTAFSSON, A. 2017. *KL-trähandbok, Fakta och projektering av KL-träkonstruktioner*, Stockholm, Svenskt trä.
- HALLENBERG, N. & GILERT, E. 1988. Betingelser för mögelpåväxt på trä - Klimatkammarstudier (SP rapport 1988:57). Borås: Statens Provningsanstalt.
- JOHANSSON, P. & BOK, G. 2011. Mögeltillväxt på virke från småhusfabriker, SP rapport 2011:51. Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
- JOHANSSON, P., SAMUELSON, I., EKSTRAND-TOBIN, A., MJÖRNELL, K., SANDBERG, P. I. & SIKANDER, E. 2005. Kritiskt fuktillstånd för mikrobiell tillväxt på byggmaterial - Kunskapssammanfattning (SP Rapport 2005:11). Borås: SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.
- OLSSON, L. 2019. Fuktsäkerhet vid KL-träbyggande utan väderskydd - Fallstudie, fältmätningar och intrjauer (ID: 13548). Stockholm: SBUF, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond.
- OLSSON, L. & MJÖRNELL, K. Laboratory investigation of sills and studs exposed to rain. *In: COMMITTEE, T. I. O., ed. International Building Physics Conference (IBPC), May 28-31 2012 Kyoto, Japan.* 1384.
- SEDLBAUER, K. 2001. Prediction of Mould Growth by Hygrothermal Calculation. Holzkirchen: Fraunhofer-Institute for Building Physics.
- SP 2012a. Instruktion Fuktkvotsmätning. Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
- SP 2012b. Instruktion Yfuktkvotsmätning. Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
- THELANDERSSON, S. & ISAKSSON, T. 2013. Mould resistance design (MRD) model for evaluation of microbial growth under varying climate conditions. *. Building & Environment* 65.
- VIITANEN, H. 2004. Critical conditions for the mould growth in concrete and in other materials contacted with concrete - durability of concrete against mould growth (VTT W6). Espoo, Finland: VTT Technical Research Centre of Finland.



Glasforskningsföreningen  
Glafo

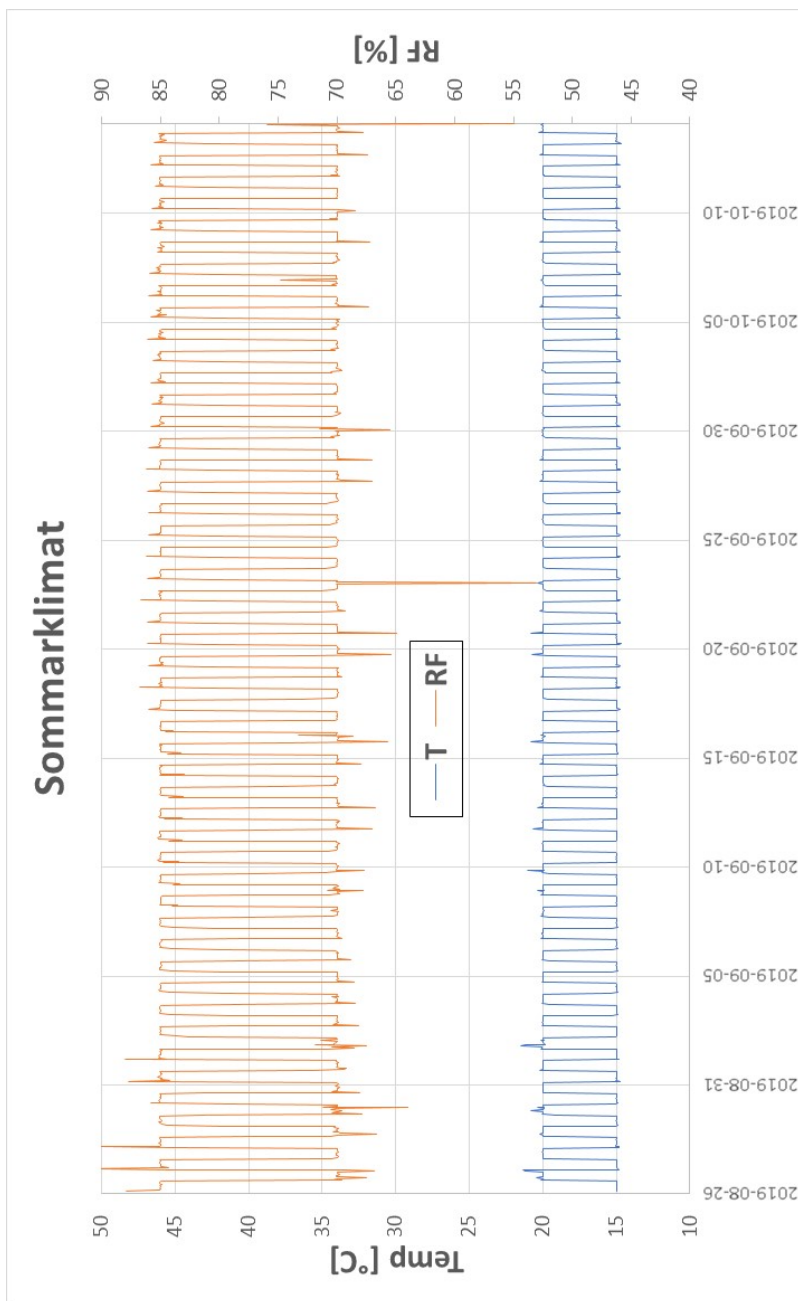


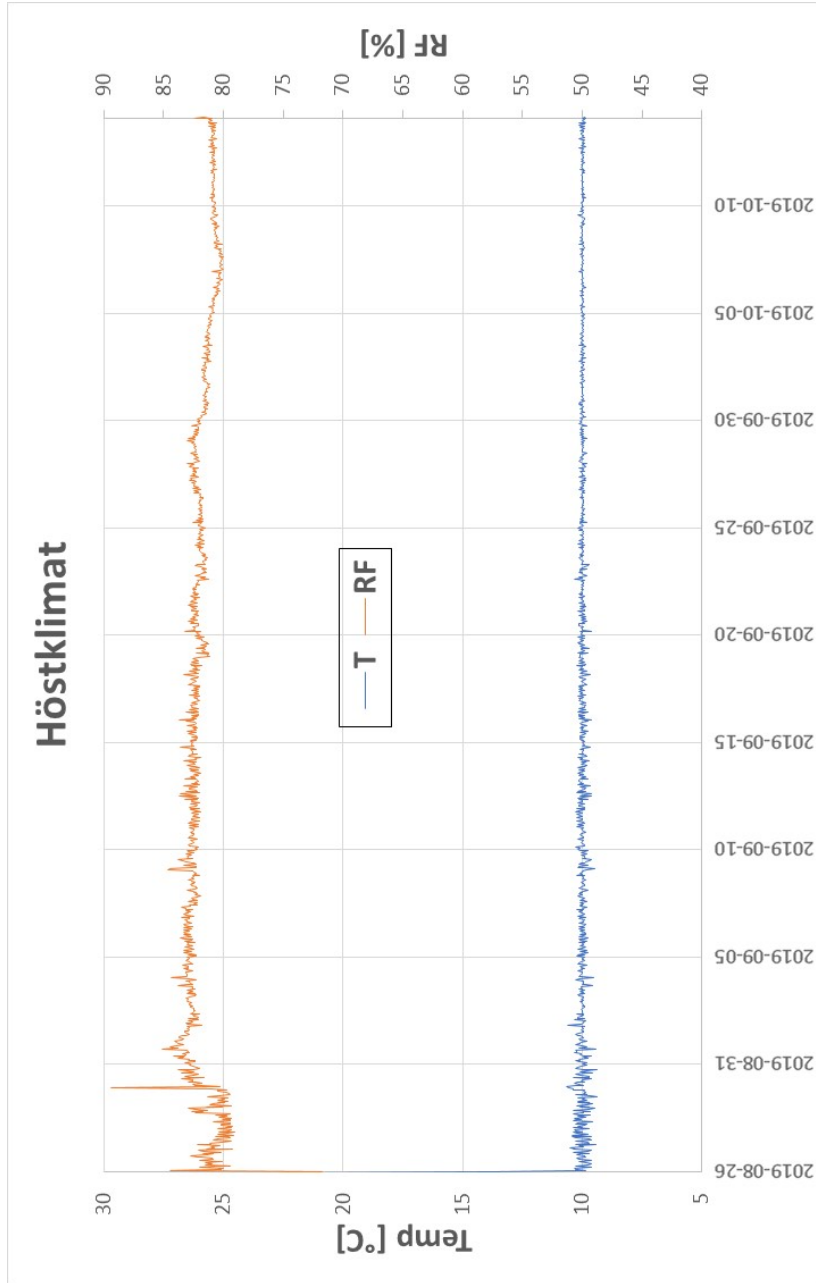
Linnéuniversitetet

SMART HOUSING SMÅLAND

351 96 VÄXJÖ  
TEL 010-516 50 00  
E-MAIL INFO@SMARTHOUSING.NU  
SMARTHOUSING.NU

## Bilaga 1 Försöksklimat



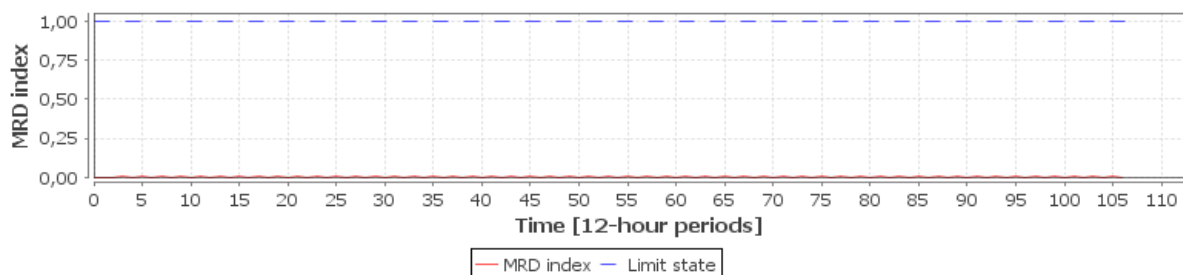


## Bilaga 2 Mögelsimulering av försöksklimat

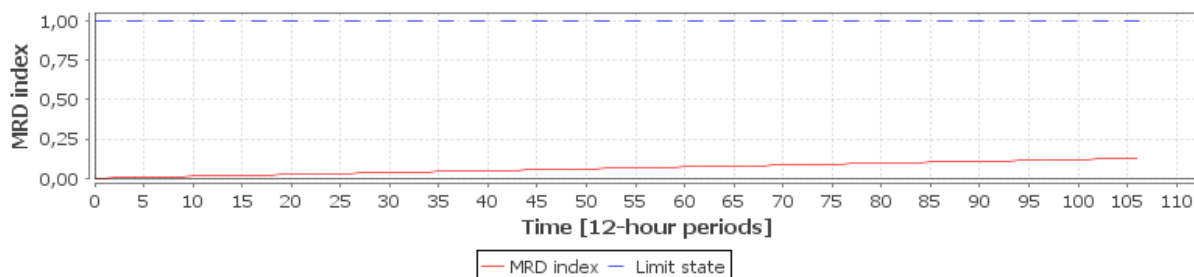
Utvärdering av omgivande luft (RF och temperatur) har gjorts med mögelsimuleringar baserad på MRD-modellen (Thelandersson & Isaksson, 2013) med en s.k. kritisk dos på 17 dagar för hyvlad gran enligt modellen. Observera att om MRD-index på 1 eller mer erhålls så ska det tolkas som att etablerad påväxt kan ha uppkommit permanent på trämaterialen vid det tillfället. I modellen kan dock indexet gå ned till 0 igen under torrare eller kallare perioder vilket då inte ska tolkas som att påväxten försvunnit utan att det inte skett någon ytterligare tillväxt.

Diagrammen nedan visar mögelindex utifrån RF och temperatur (röd kurva). Den blåstreckade linjen visar gränsvärdet då påväxt kan förväntas.

### Sommarklimat



### Höstklimat



## Bilaga 3 Fuktkvot - samtliga mätningar

