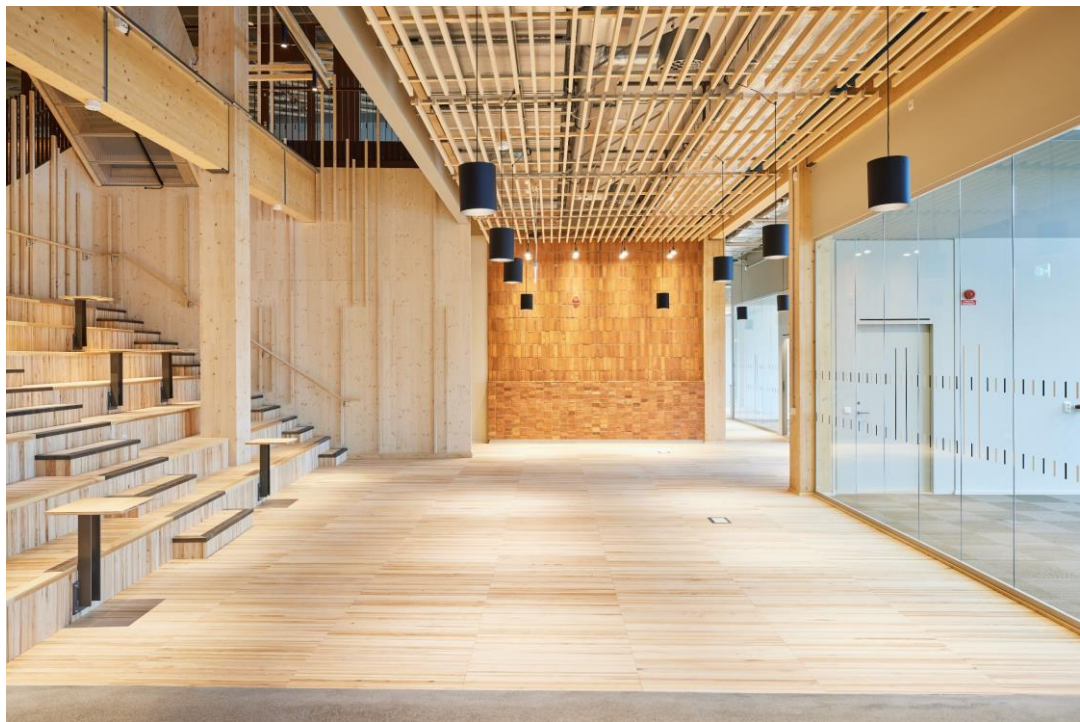


Konsekvenser av fuktskador från brandsläckningsutrustning i konstruktioner av massivträ



Zaréh Baghdasarian Setragian
Stephen Burke

FÖRORD

Detta projekt har genomförts av NCC Sverige AB och huvudfinansierats av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF (SBUF projekt 14046). Projektledare för projektet har varit Stephen Burke, NCC Sverige AB. Huvudförfattare till rapporten, samt arbetet i projektet har utförts av Zaréh Setragian, NCC Sverige AB.

Ett stort tack till SBUF och NCC Sverige AB som finansierade projektet och som visat stöd och engagemang. Ett varmt tack till arbets- och referensgruppen som hjälpt med sina kunskaper och synpunkter för att utföra detta arbete. Tack också till alla personer som deltagit i intervjuer och delat med sig av sina erfarenheter.

Arbetsgruppen har bestått av följande personer:

- Andreas Hägg, Säkerhetspartner
- Margaret McNamee, LTH
- Petter Wallentén, LTH
- Charlotte Svensson Tengberg, Skanska

Referensgruppen har bestått av följande personer:

- Birgit Östman, Linnéuniversitet
- Claes Dalman, PEAB
- Mattias Waller, Örebroporten
- Mikael Jutewik, Polygon

Medverkande vid intervjuer är följande personer:

- Axel Mossberg, Bengt Dahlgren
- Mats Franzon, Akademiska Hus
- Lars Strandqvist, IF försäkring
- Björn Blomquist, Akademiska Hus

Malmö, mars 2023

SAMMANFATTNING

Massivträprodukter har blivit ett lovande och innovativt alternativ till de konventionella byggnadsmaterialen, betong och stål, att använda i höga konstruktioner. Dock väcker den nya trenden av träkonstruktion oro för byggnadens långsiktiga hållbarhet. Alla typer av material påverkas av vätning och kan brytas ned om förutsättningar finns. Men massivträ (och trä i allmänhet) är ett organiskt material och är därmed känsligt för mikrobiell påväxt och biologisk nedbrytning. I samband med en ökad användning av massivträ i byggnader, särskilt under mer extrema förhållanden, till exempel med höga hus, krävs det noggrann bedömning av risker för vattenskador för att säkerställa den långsiktiga beständigheten.

Vattenskador i trä kan uppkomma av olika anledningar men denna rapport utreder endast potentiella fuktskador i massivträkonstruktioner på grund av vattenläckage vid brandsläckningsarbete eller felutlösning av sprinklersystem. Studien har genomförts som en litteraturstudie om fukt i massivträ, samt av brandsläcknings- och skyddssystem för flerbostadshus. Intervjuer med brandexpert, fastighetsägare och försäkringsbolag har genomförts för att klargöra deras synpunkter angående vattenskador i träbyggnader. Rapporten inkluderar också ett referensprojekt där en vattenskada har inträffat på grund av felutlösning av sprinklersystem vilket resulterade i stora fuktskador.

Släckmetoden i byggnader med trästomme har stor betydelse för restvärdet, bland annat, och icke vattenbaserade släckmedel bör övervägas för att begränsa och minimera vattenskador. Brandsläckningsarbete med torra släckmedel är dock inte studerat i stora konstruktionsbränder och därför är vattenbaserade släckmedel det bästa släckmedlet som finns tillgänglig idag. Däremot är den vattenmängd som används av räddningstjänsten vid brandsläckningsarbete ungefär tio gånger större än vad som verkligen krävs för att släcka och därmed blir påverkan på konstruktionen större än den behövt vara.

Boverket ställer krav på installation av sprinklersystem i byggnader med verksamhetsklass 5B och 5C, men försäkringsbolag kan uppmana fastighetsägaren att installera sprinklersystem även i andra verksamhetsklasser än 5B och 5C om de anser att det finns behov av det. Trä är ett brännbart material och i händelse av brand kan det snabbt fatta eld och sprida lågor i hela byggnaden och därmed blir installation av sprinklersystem nödvändig i vissa fall för att kunna teckna ett försäkringsavtal. Med ett ökat antal sprinklersystem i byggnader ökas risken för felutlösning av sprinklersystem och därmed blir sannolikheten att en vattenskada inträffar större.

Vidare studier behövs för att undersöka sannolikheten på felutlösning av vattensprinklersystem och vattenmängden som utlöses från sprinklersystemet då detta inte är väldokumenterat. Under intervjuer kom det fram att felutlösning kan förekomma, dock sällan, i alla typer av byggnader men dessa dokumenteras inte utan hanteras av fastighetsägaren. Det är också viktigt att utreda vattenvägar i en massivträbyggnad efter ett stort vattenläckage av detta slag för att skapa en bättre inblick i konsekvenserna. Dessutom behövs det vidare arbete inom projektering av träbyggnader, där bättre lösningar bör tas fram för att förhindra vatteninträngning till kritiska delar i byggnaden vid en brandincident.

INNEHÅLL

INTRODUKTION.....	5
BAKGRUND	5
SYFTE	6
METOD.....	6
AVGRÄNSNINGAR.....	7
LITTERATURSTUDIE	8
FUKT I TRÄ.....	8
POTENTIELLA KONSEKVENSER AV UPPFUKTNING	9
MIKROBIELLA ANGREPP	10
<i>Svampar</i>	11
KRAV PÅ BRANDSKYDD	13
<i>Byggnadsklasser och verksamhetsklass</i>	13
<i>Utrymningsväg</i>	14
<i>Passivt brandskydd</i>	14
<i>Aktivt brandskydd</i>	15
BRANDSLÄCKNING.....	16
<i>Vatten</i>	16
<i>Skum- och tillsatsmedel</i>	17
<i>Gasformigt släckmedel</i>	17
<i>Pulver</i>	18
SPRINKLERSYSTEM.....	19
<i>Våtrörssystem</i>	19
<i>Torrörssystem</i>	19
<i>Förutlösningssystem (Pre-actionsystem)</i>	19
<i>Non-interlock</i>	19
Single interlock	19
Double interlock.....	20
Öppet system (Deluge system).....	20
<i>Felutlösning av sprinklersystem</i>	20
Överhettning.....	20
Frysning	20
Mekanisk skada	21
Korrosion.....	21
Avsiktlig skadegörelse (sabotage)	21
Tillverkningsdefekt.....	21
SKADOR FRÅN BRANDSLÄCKNINGSUTRUSTNING	22
RESULTAT AV INTERVJUSTUDIE	23
BRANDKONSULT	23
FASTIGHETS BOLAG & FASTIGHETS FÖRVALTARE	23
FÖRSÄKRINGBOLAG	24
AULA MEDICA INCIDENT	25
BYGGTEKNIK.....	26
SLUTSATS	28
REKOMMENDATION FÖR FORTSATTA STUDIER.....	30

KÄLLFÖRTECKNING	31
KÄLLOR I FORM AV INTERVJUER.....	32
BILAGOR	33
BILAGA 1: INTERVJUFRÅGOR	33
<i>Frågor till Brandingenjör</i>	33
<i>Frågor till Försäkringsbolag</i>	33
<i>Frågor till Fastighetsbolag</i>	34

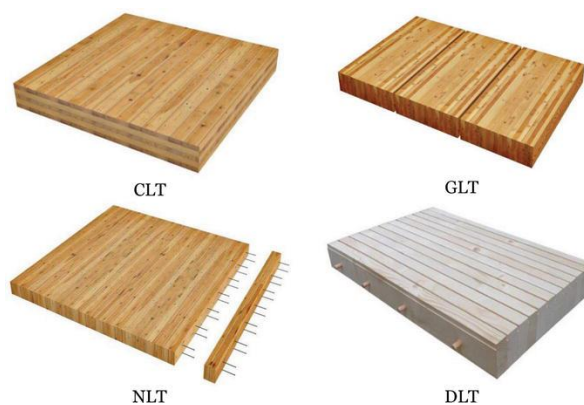
INTRODUKTION

Efterfrågan på träbaserade byggnadsmaterial har ökat kraftigt de senaste åren på grund av deras relativt låga klimatpåverkan. EU:s långsiktiga plan att bli klimatneutralt år 2050 medför att byggbranschen söker sig till byggmaterial med lågt koldioxidavtryck (Svenskt Trä, 2020). Intresset för hus byggda med massivträ eller trästomme ökar då man kan reducera klimatbelastning av byggnaden i jämfört med andra byggnadsmaterial. Användningen kräver dock mer planering än konventionella byggnadsmetoder då trämaterial är mer känsligt mot fukt i luften och brister i hantering av materialet kan leda till fuktskador som kan påverka människans hälsa när byggnaden tas i bruk.

För att klara av brandkravet i trähus, kan sprinklersystem installeras som komplement till och ibland som ersättning för andra, passiva åtgärder. Då trä är mer känsligt för vattenläckage och fukt, är en viktig fråga om vissa brandsläckningsutrustningar i byggnader kan leda till högre risk för fuktskador om brandsläckningsutrustningen utlöses utan att det brinner, till exempel av misstag, produktfel eller vid sabotage.

Bakgrund

Trä är ett byggnadsmaterial som de senaste decennierna har utvecklats till nya träprodukter, exempelvis massivträ, vilket har lett till nya möjligheter att använda trä i större utsträckning än innan i stora byggnader. Massivträ består av mindre träbitar som är ihopsatta för att skapa större konstruktionselement vilka lämpar sig för många olika typer av byggkonstruktioner. Vanliga material som massivträ avser inkluderar glulam/limträ (GLT), CLT/KL-trä (korslaminerat trä), NLT (nålad laminerat trä), DLT (pluggad laminerat trä), LVL (ytträ laminat). Dessutom tas nya kompositmaterial fram i rask takt (Mirdad, 2021; Gosselin, 2016). KL-trä är en av massivträprodukterna som har fått mest uppmärksamhet eftersom det är ett relativt nyutvecklat byggnadsmaterial med attraktiva egenskaper. KL-trä utvecklades i början av 1990-talet i Centraleuropa, Tyskland och Österrike, och användning av KL-trä har ökat väsentligt i Västeuropa och i Nordamerika under de senaste två decennierna. KL-trä består av flera skikt av hoplammade brädor (vanligtvis tre men upp till elva skikt), där varje skikt ligger vinkelrätt i förhållande till det nästkommande, vilket gör att det har bärförmåga i båda ritningarna. Däremot är limträpaneler hoplammade i samma riktning vilket gör att bärningen blir endast i en riktning. NLT är likt KL-trä men träpanelerna är ihopkopplade med spikar i stället för lim och användning av NLT är inte lika vanlig som KL-trä, se Figur 1 för olika typer för massivträprodukter. Enligt Scalet (2015), massivträ är det enda konstruktionsmaterialet som har ett negativt koldioxidavtryck vilket betyder att användning av massivträ leder till mindre utsläpp av växthusgaser. Den totala livstidsmiljöpåverkan beror mest på hur byggnadsmaterialet används efter demolering. NLT och DLT används sällan i Sverige.



Figur 1. Några typer av massivträprodukter (Gong, 2019).

De flesta konstruktioner, oavsett byggnadsmaterial, kan så småningom utveckla något slags fuktproblem om kritiskt fuktillstånd överskrids. För träkonstruktioner där kritiskt fuktillstånd överskrids kommer att få mögelpåväxt på sin yta, vilket kan leda till dålig inomhusmiljö, lukt och estetisk påverkan. Hantering av fukt har en stor betydelse för underhåll av alla typer av byggnader. Träbyggnader är inte annorlunda i detta avseende, men träets hygroskopiska egenskaper tillsammans med tendensen att det fuktas upp mycket snabbare än det torkas utgör att fukthantering i träkonstruktioner blir särskilt kritisk (Svenskt Trä, 2020).

Det är viktigt att skydda träkonstruktioners delar från uppfuktning under både uppförande och under brukstiden för att undvika eventuella fuktskador. Fukt påverkar inte bara mekaniska och fysiska egenskaper hos träet utan det påverkar också beständighetsaspekter hos träet, såsom missfärgning, mögeltillväxt och röta (Svenskt Trä, 2020).

För att kunna beakta massivträ som ett hållbart byggnadsmaterial måste det uppfylla vissa kriterier inklusive livslängd och teknisk prestanda (Crawford, 2017). Den tekniska livslängden för en massivträbyggnad är något oklar idag då denna moderna form av massivträ (i motsats till t ex timmerhus) endast använts under några decennier. Förhoppningen är att massivträbyggnaderna har samma eller bättre livslängd jämfört med traditionella byggnadsmetoder. Mer forskning krävs för att förstå beständighet av sådant material under yttre påverkan under lång tid, till exempel hur eventuella skador pga. vatten, brand, påväxt och insektsangrepp påverkar den totala livslängden. I tidigare projekt undersöktes bland annat mikrobiologisk påväxt på KL-träkonstruktioner utan väderskydd respektive bärförmågan för KL-trä vid brand (Olsson, 2019; Norén, 2018). En begränsning i de föregående projekten är att de inte har fokuserat på fuktskador i massivträ kopplat till vattenläckage eller vattenskador i samband med brandsläckningsarbete eller felaktig initiering av vattensprinklersystem i byggnader. Dessa begränsningar påvisar behovet av att vidare utreda och belysa kunskapsläget avseende konsekvenser av vattenskador från vattenläckage och eventuella vattenskador på grund av brandsläckning eller installation av brandskyddssystem i korslimmat- eller massivträkonstruktioner genom litteratur- och intervjustudier.

Syfte

Det övergripande syftet med projektet är att utreda potentiella fuktskador orsakade av antingen vattenläckage, vattenskador från brandsläckningsarbete eller felutlösning av sprinklersystem. Projektet tar hänsyn till vattenskador kopplat till små vattenläckage eller stora mängder av vatten som uppkommer vid släckningsarbete eller läckage från brandsläckningsutrustning både under produktionstiden och vid driften av huset.

Målsättningen är ge en bättre kunskap om potentiella risker och konsekvenser med att bygga med massivträ.

Projektresultaten ska också klargöra om vidare undersökningar behövs för att utreda möjliga lösningar som kan skydda mot fuktskador vid vattenläckage eller brandsläckningsarbete.

Metod

I projektet har kunskapsläget belysts genom ett litteraturstudie om fukt i massivträ, brandsläcknings- och skyddssystem för flervåningshus i trä som beskriver och jämföra de olika taktiker och släckmedel som används för att släcka träkonstruktionsbränder samt praxis vad gäller installation av till exempel sprinkler- eller vattendimssystem i byggnader. Intervjuer med brandexperter genomfördes för att identifiera de nuvarande utmaningarna med träbyggnader. Intervjuer med beställare inkluderades för att fastställa deras upplevda risker med vattenskador.

Därutöver har intervjuer med försäkringsbolag utförts för att klargöra deras resonemang kring sannolikheten för vattenskador vid vattenläckage eller efter brandsläckningsarbetet.

Arbetsmomenten delas in i följande moment:

1. Litteraturstudier:
 - a. Beskriva kunskapsläget gällande fukt i massivträ, brandsläcknings- och sprinklersystem.
 - b. Redovisa uppmärksammade case i media samt publicerade artiklar i den vetenskapliga litteraturen.
 - c. Beskriva omfattning av skador i trähus efter vattenläckage/brandsläckning.
2. Intervjustudie med brandexperter, beställare och försäkringsbolaget för att dokumentera deras erfarenhet inom ämnen.
3. Presentera exempel på fall där felutlösning av brandutrustning har inträffat.

Avgränsningar

Vattenskador och fuktproblem är ett omfattande område och därmed kan detta projekt inte beskriva alla potentiella typer av vattenskador på massivträ. Projektet genomlyser till exempel inte konsekvenser av nederbörd under byggtiden, väderskydd, eller vattenskador som är orsakad av vatteninträngning genom klimatskalet. Projektet fokuserar på konsekvensen av en uppfuktning samt fall som har fått skador på grund av felaktig utlösning av byggnadens sprinklersystem och inte övriga typer av vattenläckage.

LITTERATURSTUDIE

För att kunna förstå och tolka resultaten från intervjustudien behövs först en sammanställning av möjliga konsekvenser orsakade av uppfuktning av trä. Den insamlade informationen som presenteras i det här kapitlet är baserad på en granskning av online referenser, inklusive tidskriftsartiklar, handlingar och konferensbidrag, böcker och webbplatser. Litteraturstudien har haft fokus på möjliga fukt/vattenskadorna som kan uppstå på grund av vatten från brandsläckning för att kunna förstå och tolka resultaten från intervjustudien.

Innan sökningarna påbörjades, definierades tänkbara nyckelord, vilka redovisas nedan. Nyckelord togs fram genom diskussion inom arbetsgruppen. Dessa kompletterades sedan med nyckelord i litteraturen under sökningens gång. Sökningen genomfördes främst genom Google, Google Scholar, Researchgate och LUBsearch. LUBsearch innehåller flera stora databaser (se <https://emedia.lub.lu.se/db> för en lista över databaserna). För att välja relevant litteratur gjordes först en gallring utifrån titlarna, därefter analyserades ett urval av materialet baserat på abstrakt innan ett fåtal artiklar valdes för fullständig genomläsning. Samtliga delar i processen möjliggjorde identifiering av ytterligare sökord och artiklar. Förutom artiklar i databaser, valdes relevanta referenser ur identifierade artiklar. Sökord som användes i projektet inkluderade, bland andra:

- Fire suppression moisture damage
- Fire suppression malfunction
- Moisture damage in CLT
- Accidental discharge of fire suppression system

Detta kapitel presenterar bland annat förhållandet mellan vatten och trä, brandsläckningsmetoder i träbyggnader samt en sammanfattning av olika sprinklersystem som kan finnas i en byggnad.

Fukt i trä

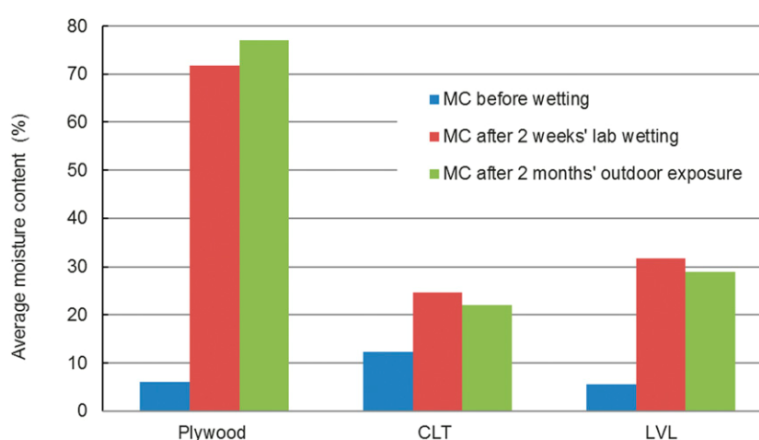
Trä är ett hygroskopiskt byggnadsmaterial vilket innebär att träets fuktkvot ändras beroende av temperatur och relativ luftfuktighet i omgivningen. Trä eftersträvar alltid att hamna i jämvikt med sin omgivning och för att nå det kan träet antingen ta upp vattenånga från en relativt fuktigare omgivning eller avge vattenånga till en relativt torrare omgivning. Fukt i trä finns antingen som bundet vatten lagrad i cellväggarna eller fritt vatten (kapillärvatten) lagrat i cellernas hålrum. I trä med hög fuktkvot kommer det fria vattnet att avgå först och fibermättnadspunkt nås när allt det fria vattnet har avdunstat. Fibermättnadspunkt varierar beroende på träslag men i de flesta fall ligger den oftast omkring 30% fuktkvot. När fuktkvoten överskrider fibermättnadspunkt påverkas även träets fysiska och mekaniska egenskaper. Träets krympning och svällning varierar beroende på riktningar. Det krymper minst i fiberriktning och mest vinkelrätt mot fiberriktning (Alsayegh, 2012).

Massivträprodukter tillverkas med lägre fuktkvot jämfört med timmer och sågat virke då materialet torkas mer innan produktion. Referensfuktkvot för massivträelement kan variera mellan 11% och 15% beroende på vilken typ av produkt som tillverkas, exempelvis målfuktkvot för KL-träelement och limträelement är 12% (Wang, 2015).

I träbyggnader kan virket bli blött genom direkt exponering för flytande vatten (kapillär uppsugning) eller exponering för fuktig luft via diffusion (hygroskopisk uppfuktning). Oavsett uppfuktningsmetoden, torkas det genom avdunstning och diffusion. Då avdunstning är en långsam process ledar detta till att uttorkningshastigheten av virket oftast blir mycket långsammare än uppfuktningshastighet. Dessutom medför förekomsten av värmeisolering, eventuell ångspärr, och limmet mellan massivträelementen att uttorkningstiden förlängs ytterligare. Wang utförde 2014 ett experiment där han exponerade tre kantföreglade träelement; KL-trä (33x140-mm bredd med PUR

bindningsmedel), LVL (13 skikt), och plywood (19mm tjock), till 5 sekunder vattendimma per timme under 18 dagar, vilket motsvarar totalt till ca 35 liter vatten per provelement. Som syns i Figur 2, ökade fuktkvoten i plywood från <10% till över 70%, medan fuktkvoten i LVL ökade från 6% till ca 30%. Fuktkvoten i KL-trä ökade också, från 12% till 24%, alltså betydligt mindre än de andra provelementen, se figur 2. I studien kom Wang fram till att plywood och LVL hade vad som kallas "lathe checks", d.v.s. mikrosprickor i trämaterial på grund av dragkrafter vid tillverkningsprocessen med en svarv, vilket underlättar transport av fuktig luft och vatten till inre skikt av materialet och därmed möjliggör snabbare vätning (Wang et al., 2018).

Uttorkningshastighet i de 3 provelementen varierade också. Plywood torkade ut från knappt 80% fuktkvot till drygt 10% på ca 60 dagar, utan att använda någon värmekälla för att förstärka uttorkningen. KL-trä hade inte lika hög fuktkvot som plywood i början men uttorkningshastigheten hos KL-trä var betydligt långsammare. Wang (2014) skrev även att efter ett halvår var fuktkvoten i KL-trä fortfarande högre än 15%.



Figur 2. Fuktkvot (MC) i plywood, KL-trä och LVL följs av 18 dagar vattenspray (5 sekunder per timme) och 2 månader naturlig uttorkning utomhus i Vancouver (Wang, 2014).

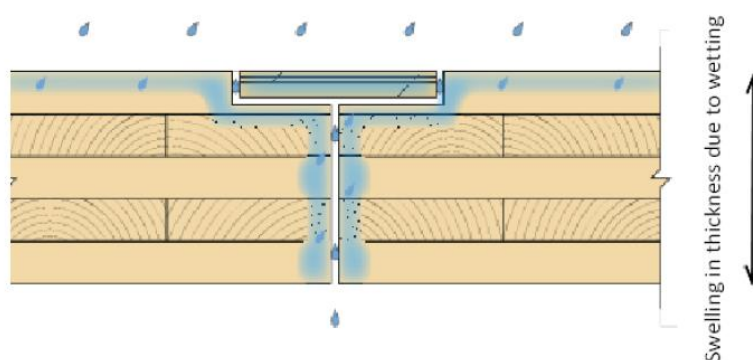
En annan faktor att ta hänsyn till avseende fuktinträning i massivträ är fuktfördelning. Fuktkvot i trä är sällan jämnt fördelad vilket gör att vissa ställen i trä har stora mängder av fukt. Det innebär också att även om delar av träet är tillräckligt fuktig för mögeltillväxt kommer det finnas andra områden där det samtidigt är för torrt för mögeltillväxt. Observera att fuktkvoten i mitten av trä bara medför en risk om fukten kan omfördelas till ytan och leda till att det kritiska fukttillståndet överskrids. Ett exempel är om man har en hög fukthalt i mitten av en träsyll där fukten kan omfördela sig till undersidan träkonstruktionen mot betong/sylltätning/annat trä tillskillnad från en sida exponerat mot luften. Denna variation kan vara viktig för KL-trä, där medelfuktkvot i studien visade 24% (Wang et al., 2018).

Potentiella konsekvenser av uppfuktning

Vid hög relativ luftfuktighet, högre än 95%, blir fukttransporten mycket snabbare på grund av kapillär fukttransport. När materialet är utsatt för vatten och luft sker en interaktion som drar in fukt i materialet i en takt som är beroende av hastigheten som luft i sin tur kan frigöras ur materialet. Absorption (uppfuktning) i trä kan orsaka betydligt snabbare förändring i fuktkvoten när träet är i kontakt med vatten, jämfört med vattenånga. Därför kan uppfuktning med vätska ge större bekymmer för träets egenskaper, särskilt för träets beständighet. Trä behöver vanligtvis tid att absorbera vattenånga och höja sin fuktkvot, därmed är vätningens varaktighet viktigare än den totala mängden vatten som träytan är utsatt för. En träkomponents placering och riktning har också en stor påverkan på dess vätning och uttorknings möjligheter, exempelvis horisontala

träkomponenter, bjälklag och tak, som är ofta utsatt till mer vatten (regn) och därför behöver längre tid att torka ut efter att de blivit blöta. Uttorkningshastighet blir ännu långsammare om massivträelementen är täckt av en ångspärr eller ångbroms (Wang, 2015).

Andra faktorer som också kan ha stor påverkan på absorptionskapacitet och hastighet är träslag, tillverkning, förekomsten av hålrum i träet, typ av bindningsmedel mellan olika massivträelement, storlek, samt ytbehandling på träkomponent. All dessa faktorer kan påverka träytans motstånd till vattenabsorption samt fuktransport och fuktfördelning in i träet. Kompositmaterial, såsom plywood, Fanerlaminatträ (LVL), Oriented Strand Lumber (OSL), Laminated Strand Lumber (LSL), Parallel Strand Lumber (PSL), och Oriented Stranded Board (OSB) har mikrohålrum och exponerade ändträ av materialet vilket medför att materialet är lättpåverkat för djup uppfuktning. Massivträprodukter, exempelvis KL-trä och limträ, har vanligtvis låga uppfuktningshastighet. Uttorkningshastigheten hos massivträ är också långsam när vattnet tränger sig djupt in i materialet, eller när en blöt massivträkomponent är täckt av material med ett högt ånggenomgångsmotstånd. Mellanrummen i massivträkomponenter tillåter fuktinträngning och begränsar luftflödet och därmed fånga fukten i materialet. Utöver detta är fukt- och vattenabsorption i trä högre längs med fiberriktning därför bör ändträet inte exponeras när massivträelement används i en byggnad (Wang, 2015). De mesta kritiska delarna i KL-träpaneler när komponenten blir utsatt för vatten visas i Figur 3.



Figur 3. Kritiska delar i KL-trä som har hög potential för vattenabsorption (Wang, 2020).

Långvarig uppfuktning av massivträ kan leda till olika typer av problem, såsom missfärgning, mögeltillväxt och röta vilket till slut kan påverka byggnadens hållfasthet eller inomhusluftskvalitet. Nästa avsnitt kommer att handla om möjliga träangrepp.

Mikrobiella angrepp

Mikroorganismer finns överallt omkring oss i luften men syns inte med blotta ögat. För att kunna se dem behövs det antingen ett mikroskop eller en stor mängd av mikroorganismer. Utveckling av tränedbrytande organismer beror på fem faktorer: näring, fuktkvot, syretillförsel, lämplig temperatur för organismer att växa och tiden. Det flesta svampar kräver att fuktkvoten i virket är högre än fibermättnadspunkten, men när de väl har koloniserat virket behöver de betydligt lägre fuktkvot för att växa, så lågt som 20%. Fibermättnadspunkten är som nämnts den punkten i fuktkvotintervallet där cellväggarna i virket är helt mättad med bundet vatten medan inget fritt vatten finns i cellernas hålrum. Hållfasthet av byggnaden och välmående av människan kan påverkas av dessa organismer (Wang et al., 2018).

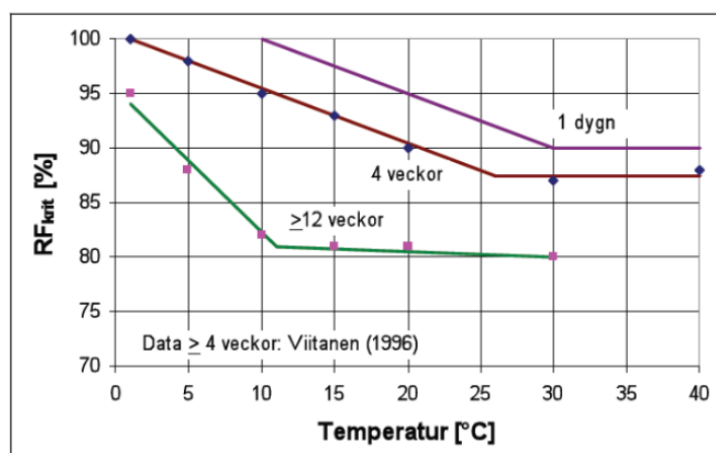
Mikroorganismer kan komma in och växa i träet i olika skeden; i skogen, på lagringsplatsen, på arbetsplatsen, eller när byggnaden är i bruk. Massivträ är normalt mest utsatt för mikrobiella angrepp under transport och förvaring. Tillverkaren bör därför skydda virket från angrepp som

orsakas av fukt som kan påverka produktens kvalitet. Skyddet bör också fortsätta under virkets hela livslängd när byggnaden är i bruk (Wang et al., 2018).

Svampar

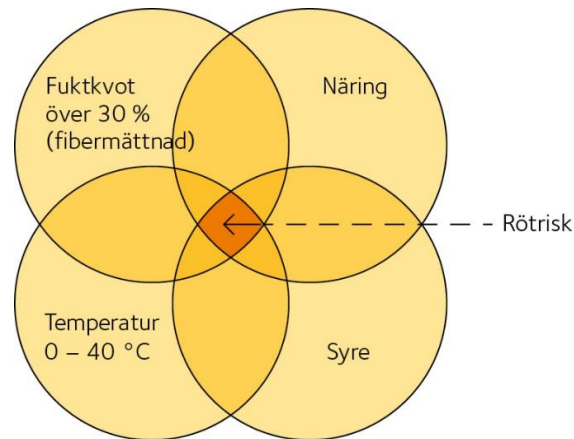
Svampar är det vanligaste förekommande träangreppet i konstruktioner. Risken för mögelangrepp på massivträ kan delas upp i tre grupper: kortvarig uppfuktning av träelement som möjliggör mögeltillväxt, långvarig uppfuktning av träelement som tillåter etablering av rötsvampar som kan överleva upp till några år i torrt trä, och ett längre tillstånd av uppfuktning i träelementet vilket ger rötsvampar möjligheten att förstöra virket (Robbins & Morrell, 2006).

Kortvarig uppfuktning av virke kan leda till missfärgning och mögeltillväxt på virkesytan. Missfärgningen påverkar inte träets hållfasthet men det kan ha en negativ inverkan på människors hälsa. Missfärgningen kan rengöras eller hyvlas bort (Robbins & Morrell, 2006). Det finns tusentals mögelarter i luften omkring oss, därför behöver de endast rätt förutsättningar att börja etablera sig. Om träelementet förblir fuktigt (>20 % fuktkvot på ytan) under en tid (tiden beror på temperaturen) kommer sannolikt några mögelarter att etablera sig. Enligt en tidigare studie gjord av Viitanen (1996) uppkommer mögelpåväxt när den relativa luftfuktigheten blir så lågt som 80 % RF (fuktkvot på ca 18 %) med ett temperaturintervall mellan 5 och 50 °C. Mögeltillväxten blir väldigt långsam om temperaturen är inom intervallet 0–5 °C, dock ökar mögeltillväxt kraftigt om luftfuktigheten höjs till 95 % även när temperaturen är mer än 5 °C. Figur 4 visar temperaturintervallet och kritisk relativ luftfuktighet för trä för att möjliggöra mögeltillväxt. Vid låga temperaturer krävs det längre tid och högre relativ luftfuktighet för mögel att etableras och börja växa. Mögel kan inte växa när temperaturen är högre än 55 °C oavsett relativ luftfuktighet av omgivningen. Mögeltillväxt är en utmärkt indikator på fuktproblem som kan leda till röta (Viitanen, 1996).



Figur 4. Kritiska fukttillstånd för trä vid olika temperaturer med hänsyn till varaktighet (Viitanen, 1996).

Medan mögeltillväxt påverkar de estetiska egenskaperna hos konstruktionen och luftkvalitet inomhus i en byggnad så påverkar rötsvampar konstruktionens hållfasthet genom att bryta ned virkets struktur. De bryter ned cellulosa, hemicellulosa och lignin i träet vilket leder till kraftig förändring i virkets form och därmed försämring av hållfastheten. Rötsvamp kräver syretillförsel, tillgänglig näring (trä), omgivningens temperatur över fryspunkten, och fritt vatten, dvs fuktkvoten hos virket måste överstiga fibermättnadspunkt, för att växa. Närvaron av alla dessa förutsättningar leder till etablering av rötsvamp i virket om det pågår tillräckligt länge, som visas i Figur 5 nedan (Svenskt Trä, 2020).



Figur 5. När olika faktorer sammanfaller uppstår risk för rötsvamp (Svenskt Trä, 2020).

De flesta sorter av mögelpåväxt blir kraftigare med ökad fuktkvot, men den nedbrytande processen är vanligtvis långsam. Mögelpåväxten börjar i virket genom att lättillgängliga icke-strukturella elementen bryts ner först utan att orsaka en synlig eller märkbar skada. Denna fas följs av linjära förluster av materialets egenskaper när svampar börjar med att bryta ner vedstrukturen. Nedbrytningshastighet beror på virkets fuktkvot, temperatur, och träslag (Wilcox, 1978).

Rötsvampar kan invadera massivträelement precis som vanligt träbjälklag och träreglar. Vissa sorter av brunröta tenderar att invadera virket som utsatts för upprepande vätning och torkning, medan andra typer kräver stabilare fuktkvot. Brunröta orsakar kraftig minskning i hållfastheten på relativt kort tid, upp till 40% försämring i hållfasthet med endast 2% viktminskning (Wilcox, 1978). Vitrötesvamp brukar angripa blötare virke men tenderar att angripa lövträ vilket kommer att vara mindre viktig i massivträkonstruktioner då huvudsakligen barrträ används för att tillverka massivträelement (Wang et al., 2018).

Andra faktorer som påverkar nedbrytningshastighet i massivträelement är storleken av elementet, samt bindningsmedel i massivträelementet. Större element kommer att uppfuktas långsammare men uttorkningshastigheten blir betydligt långsammare, vilket skapar en bättre miljö för svampangrepp. Kopplingen mellan olika massivträelementen är också en ytterligare faktor. Om fukten inte släpps ut kopplingarna riskeras fuktsamling vilket kan leda till svampangrepp (Brischke et al., 2015).

Sannolikheten för mögelpåväxt i massivträelement är samma som samtliga träprodukter eftersom grundmaterialet är det samma även om fuktkvoten är lägre under tillverkning. Fuktrisken påverkas beroende på om det skyddas mot nederbörd under transport, lagring, samt montering. Resultaten från SBUF projektet 13998 av (Svensson Tengberg, Eriksson, & Bolmsvik, 2023) som undersökte risken för mögelpåväxt med och utan heltäckande väderskydd under produktion visade att alla projekt med KL-trä utan väderskydd fick mikrobiellt påväxt medan de projekten med väderskydd fick ingen påväxt.

Hantering av fukt när massivträkonstruktionen är i bruk är betydlig enklare. KL-trävägg behöver ha en fuktspärr på utsidan av KL-trästommen när träväggen har en extern isolering för att förhindra sommarkondensrisken. Dessutom ska mekaniska ventilationssystem vara i balans eller har ett svagt undertryck för att säkerställa att ingen fuktig luft utsläppas i KL-trästommen. Vattenläckage från rörsystem, felutlösning av sprinklersystem och vatten från brandsläckningsarbete är andra vattenkällor som kan förekomma, dock med låg sannolikhet. Däremot kan de leda till stora vattenskador vilket kan vara utmanande att åtgärda i massivträkonstruktioner.

Krav på brandskydd

Plan och bygglagen (2010:900), PBL, är en lagstiftning som reglerar uppförande och ändring av en byggnad. Enligt PBL är alla kommuner skyldiga att avgöra om brandskyddsnivån i byggnaden är tillräcklig och detta görs genom att följa *Boverkets byggregler* (BBR 29) som i sin tur ställer minimikrav och allmänna råd för byggnader i Sverige. Avsnitt 5 i BBR beskriver vilka krav som gäller för utrymningsvägar, brandceller, sprinklersystem med mera.

Byggnadsklasser och verksamhetsklass

Varje enskild byggnad i Sverige indelas i en byggnadsklass samt en eller flera verksamhetsklasser för att kunna avgöra vilka brandskyddsnivåer som behövs i byggnaden. Byggnader är indelade i fyra olika byggnadsklasser (Br) baserat på byggnadens skyddsbehov. Byggnadens komplexitet, brandutveckling och eventuella konsekvenser av en brand ska tas hänsyn till vid bedömning av byggnadsklasser. Exempel på möjliga faktorer är antalet våningar, byggnadsarea och vilka verksamhetsklasser som finns i byggnaden (Boverket, 2016). Enligt BBR är byggnadsklasserna följande:

- Br0 – Byggnader med mycket stort skyddsbehov.
- Br1 – Byggnader med stort skyddsbehov.
- Br2 – Byggnader med måttligt skyddsbehov.
- Br3 – Byggnader med litet skyddsbehov.

Byggnadsytan indelas i en eller flera verksamhetsklasser (VK) utifrån avsedd verksamhet i byggnaden. Detta innebär att brandskyddskraven i en byggnad kan variera i olika delar av byggnaden. Indelningen av verksamhetsklasser beror på olika faktorer, exempelvis om personerna i byggnaden har god kännedom om lokalen och dess utrymningsvägar, om personerna kan förväntas vara vakna och kunna utrymma på egen hand till största delen, samt om byggnaden har en hög brandrisk eller brandutveckling sker i ett snabbt förlopp (Boverket, 2016). Tabell 1 beskriver indelning av olika verksamhetsklasser med underkategorier.

Tabell 1: Verksamhetsklasser enligt BBR.

Verksamhetsklasser (VK)	Information om	Exempel på verksamhetstyp
VK1	Personerna förväntas vara vakna, har god lokalkännedom om dess utrymningsvägar, samt har förmågan att sätta sig i säkerhet.	Kontor, industribyggnader och lager.
VK2	Personerna förväntas vara vakna, har förmågan att evakuera utan hjälp men har inte lokalkännedom om dess utrymningsvägar.	2A Samlingslokaler <150 personer.
		2B Samlingslokaler >150 personer.
		2C Samlingslokaler >150 personer med alkoholserving.
VK3	Personerna förväntas inte vara vakna men har god lokalkännedom om dess utrymningsvägar, samt har förmågan att sätta sig i säkerhet.	3A Bostäder i flerbostadshus, småhus, fritidshus, seniorboende och trygghetsboende.
		3B HVB hem, studentkorridorer och hem för ensamkommande flyktingbarn.

VK4		Personerna kan till största delen att sätta sig i säkerhet på egen hand men förväntas varken att vara vakna eller har kännedom om byggnaden och dess utrymningsvägar.		Hotell, korttidsboende och vandrarhem.
VK5	5A	Personerna förväntas inte vara vakna.	Personerna har inga eller begränsade förutsättningar att sätta sig i säkerhet på egen hand.	Förskolor och fritidshem.
	5B			Särskild boende för personer med vårdbehov.
	5C			Vårdanläggning.
	5D		-	Häkten och fängelse.
VK6		-		Textilindustri och pappersindustri.

Utrymningsväg

Utrymningsväg kan antingen definieras som utgång till det fria där branden (rök och värme) inte ska påverka dem som utrymmer, utgång till andra brandceller i byggnaden (korridorer, trappor och loftgångar eller andra kontorsbrandceller) som leder till det fria. Utrymmen förväntas att kunna evakueras utan hjälp av räddningstjänsten och ska kunna ha tillgång till minst två av varandra oberoende utrymningsvägar om inte gångavståndet till en utrymningsväg är kortare än 30m och antal personer i en enskild brandcell inte överskrider 50 personer. Högsta tillåtna gångavstånd kan variera beroende på verksamhetsklassen och brandbelastning, dvs mängden av brännbart material i byggnaden (Boverket, 2016). Tabell 2 visar längsta tillåtna gångavstånd för olika verksamheter.

Tabell 2: Maximalt gångavstånd för olika verksamheter enligt BBR.

Verksamhetsklasser	Exempel på verksamheter	Längsta tillåtna gångavstånd (m)
VK1 med lågbrandbelastning	Betongvaruindustrier och bryggerier	60
VK1 med Normalbrandbelastning	Kontor, industribyggnader och lager	45
Bostäder i VK 3A, 3B och 5B		
VK1 med Högbrandbelastning	Plast- och trävarufabriker	30
Lokaler i VK 2A, 2B, 4, 5A, 5C och 5D		
Lokaler i VK6 och 2C		15

Det är möjligt att förlänga gångavstånden till en utrymningsväg beroende på förutsättningar i en lokal eller en byggnad, såsom hög takhöjd, tillräcklig breda utrymningsvägar och utrymnings- och brandlarm. Dock kan detta inte generaliseras utan varje respektive fall måste först utredas. Installation av sprinklersystem ger också möjligheten att förlänga gångavstånden till utrymningsvägen med ca en tredjedel (Boverket, 2016).

Passivt brandskydd

Syftet med ett passivt brandskydd (PFP) är att förhindra och fördröja brandspridning i en byggnad genom användning av brandsäkra väggar och golv samt brandklassade dörrar. Passivt brandskydd är just passivt vid en brandhändelse, men det ska installeras korrekt och användas på rätt sätt. Passivt brandskydd är en viktig del av byggnadens brandsäkerhetsstrategi och den har ett förebyggande syfte att motstå en brand under en viss period vilket är avgörande för att skydda människors liv och egendom, samt begränsa byggnadsskador. Det kallas för ”passivt” brandskydd

eftersom det inte behövs något extern energiförsörjning eller mänskligt ingripande för att skyddslösningarna ska fungera (Öberg & Lejdström, 2021). Det finns flera produkter som anses vara passivt brandskydd som beskriv nedan:

- Branddörrar: Branddörrens material och täthet medför att brand- och rökspridning fördröjs eller förhindras.
- Brandstopplösningar: Dessa lösningar säkerställer att väggar, tak och golv har ett brandmotstånd vilket begränsar brandspridning.
- Brandgardiner: Ett kostnadseffektivt och säkert alternativ till branddörrar för att förhindra brandspridning.
- Rök- och brandspjäll: De förhindrar brandspridning i värme- och ventilationskanaler som går genom väggar eller golv. De brukar vara inkopplade till huvudbrandlarmsystem och kan aktiveras med aktivt system.

Aktivt brandskydd

Aktivt brandskydd (AFA) är ett system som kräver en viss åtgärd för att fungera. Dessa åtgärder kan manövreras manuellt, såsom en brandsläckare eller vara automatiska, exempelvis ett sprinklersystem. Aktivt brandskydd inkluderar sprinklersystem, brand- eller rökdetektorsystem och brandsläckare. Brand- och rökdetektorsystem används för att upptäcka en brand och/eller rök i en byggnad. Sprinklersystem används för att förhindra brandtillväxten och brandspridning (Öberg & Lejdström, 2021).

Enligt föreskriftskrav i BBR är det ett krav att installera aktivt brandskydd, dvs automatiskt sprinklersystem i vissa verksamheter som behöver utökad brandskydd. Detta krav gäller för verksamhetsklass 5B och 5C där personerna kan vara sovande och förväntas ej att kunna ta sig ut ur byggnaden själva (Boverket, 2016).

Brandsläckning

I detta kapitel beskrivs olika brandsläckningsmedel och brandsläckningsmetoder i träbyggnader. I brandsläckningsarbetet är det viktigt att välja den mest lämpliga lösningen för att både minimera skadan och använda minsta möjliga ansträngning vilket leder till bästa förhållande mellan kostnad och nytta. Fyra komponenter krävs för att en brand ska uppkomma och vidare brinna. Dessa komponenter är värme, bränsle (brännbart material), syre och kedjereaktion. Teorin om brandsläckning bygger på att ta bort en eller flera av de fyra komponenterna för att släcka branden. Genom att studera olika typer av brandsläckningsmedel och -metoder är det möjligt att utvärdera för- och nackdelar med de olika systemen och välja det mest lämpliga för träbyggnader.

Vatten

Vatten är det vanligaste brandsläckningsmedlet och har bra brandsläckningsegenskaper. Det fungerar genom att minska temperaturen på brinnande material till under antändningstemperatur vilket gör att materialet inte kan brinna längre och därmed stoppas branden.

Strålrör vid änden av ett brandvattennät används för att sprida vatten och det har två huvudsakliga syften. Ena är att reglera eller stänga av vattenflödet och den andra är att skapa det önskade spraymönstret beroende på typen av munstycken som används vid olika tryck och flöden. Strålmönstret varierar avsevärt, allt från en vattenstråle till vattendroppar. En sluten vattenstråle har visserligen en lång räckvidd men det riktar sig till en liten yta därför har det en låg släckningseffekt mot en brand. Däremot har utbredd vattenstråle betydligt större träffarea och därmed en bättre verkningsgrad om vattendropparna är tillräckligt stora att sjunka in i flammorna. Storleken på vattendroppar i vattenspray kan delas till två kategorier, stora respektive små vattendroppar. Stora vattendroppar har en bättre släckningseffekt då de kan tränga sig in i branden och kyla brinnande ytor. Små vattendroppar har en lägre kastlängd än stora vattendroppar och de förångas innan de hinner nå brinnande ytor, dock har små vattendroppar bättre förmåga att släcka flammorna och kyla brandgaser (Särdqvist, 2013).

Vattenmängden som används vid brandsläckningsarbete avgörs av två faktorer. Den första är den mängden av vatten som verkligen krävs vid brandsläckningsarbete. Det andra är den vattenmängden som en räddningstjänstpersonal behöver för att skydda sig själv vid brandsläckningsarbete i en byggnad. Det har genomförts ett stort antal brandtester, vetenskapliga experiment och insatsövningar, som studerat vattenförbrukning vid brandsläckningsarbete. De studierna visade att en låg påföringshastighet, ca 0,1 l/m² per minut, behövs för att släcka bränder i träbyggnader, dock ökar släcktiden vid denna påföringshastighet enormt mycket. Den påföringshastighet som har det mest effektiva släckkapaciteten är 0,6–1,8 l/m² per minut. I detta fall är kontrolltiden 10–15 sekund vilket ger en total vattenmängd på ungefär 0,15–0,35 l/m². Däremot är det vanligaste vattenflöden som används i verkliga bränder är ca 5–15 l/m² min vilket motsvarar en total vattenmängd på ca 30–120 l/m². Detta betyder att vattenflöde vid verkliga bränder är ungefär 10 gånger större än bränder som är utförda i experimenten (Särdqvist & Holmstedt, 2001). Å andra sidan beror påföringshastighet i vattensprinklersystem på många faktorer, såsom vattentäthet, trycket i sprinklersystemet, sprinklerns K-faktor och verkningsyta per sprinklerhuvud. Ett vattenflöde på ca 60 l/min med en verkningsyta på 12 m² anses att vara ett rimligt antagande för boendesprinkler. Detta ger en påföringshastighet på 5 l/m² min (Dansarie, 2015).

Tabell 3: Påföringshastighet för olika brandsläckningsmetoder.

Metod av brandsläckningen	Påföringshastighet [l/m ² min]
Teoretiska brandsläckningsarbete	0,6–1,8
Verkliga brandsläckningsarbete	5–15
Vattensprinklersystem	Ca 5

Vattenskador på grund av brandsläckningsarbete är ett verkligt problem. Kostnaden för vattenskador vid brandsläckningsarbete kan överstiga själva kostnaden som är orsakad av brandskadan om för mycket vatten används vid brandsläckningsarbete. Detta kan ske när vattnet tränger in i byggnadens olika delar, såsom bjälklaget, väggar och fundamenten, där organiska material är tillgängliga för mögel- och svampangrepp (Särdqvist, 2013).

Skum- och tillsatsmedel

Skum är ett av de vanligaste tillsatsmedel som används vid bekämpning av olika typer av bränder. Skum används ofta vid omständigheter där vatten inte är ett lämpligt brandsläckningsmedel, exempelvis bränder som involverar vätskor. En annan anledning till att användning av skum kan vara är att vattenstrålarna inte kan nå branden eftersom räddningstjänstpersonal inte kan komma tillräckligt nära branden eller då närvarande av räddningstjänsten i byggnaden är olämpligt. Skum användes först som brandsläckningsmedel på 1930-talet och sedan dess har det genomgått en stor teknisk utveckling. Skum består av ett stort antal av gasfyllda bubblor eller blåsor, separerade av tunna väggar. Brandsläckningsskum har tre grundläggande beståndsdelar: vatten, skummedel och gas. Den huvudsakliga egenskapen hos skummedlet är att minska ytspänningen i vattendropparna vilket gör att vattnet lättare kan tränga in i materialet. Gasen som används i brandsläckningsskum är ofta enbart luft, men koldioxid kan också förekomma eller, i vissa fall, rök (Särdqvist, 2013).

Skummedlens påverkan på miljön är något som behövs tas hänsyn till vid brandsläckningsarbete. Trots att det bara är en liten andel skumkoncentrat inblandad i släckningsmedlet så har det en inverkan, speciellt om det släpps ut i vatten. Huvudaspekten som bör tas hänsyn till är skumkoncentrats giftighet, nedbrytningshastighet och bioackumulering. Skumkoncentrat innehåller också stora mängder av tillsatsmedel, såsom olika salter, som kan ha påverkan på miljön på många olika sätt. Ackumulering i miljön kan ske med ämnen som inte bryts ned utan blir kvar om de deponeras i miljön. Komplexa kolväten som innehåller heteroatomer och florbaserade brandsläckningsskum är ofta svåra att bryta ned och är giftiga även i små mängder. Kombinationen av dessa två egenskaper kan orsaka miljöproblem till följd av brandbekämpning vilket ledde till att de togs bort från marknaden (Holm & Solyom, 1995).

Brandsläckningsskum innehåller vatten och luft, och skadan som orsakas av skummedlet till byggnaden eller materialen är delvis vattenskador. Skadan ökar ju längre exponeringstiden är och desto lägre expansionsfaktorn är. Utöver det påstås de flesta skummedel inte vara skadliga för hälsan. Viss försiktighet bör dock iakttas vid långvarig hantering av skummedlet när de kommer i kontakt med huden eftersom skummedlet kan upplösa hudoljor och orsakar infektioner och allergiska reaktioner (Särdqvist, 2013). En senare studie från (Kärrman et al., 2016) visade att skummedel kan ha en negativ miljö- och hälsopåverkan och därför rekommenderar MSB att minimera med användning av brandsläckningsskum och avråder från användning av fluorbaserade skumvätskor vid brand. Dessutom ska brandsläckningsmedel som innehåller PFAS (Per- och polyfluorerade alkylsubstanser) samlas upp och destrueras (Ibid).

Gasformigt släckmedel

Ett brandsläckningsmedel anses vara gasformigt om dess kokpunkt vid normalt atmosfärstryck är under rumstemperatur. Några exempel på de mest vanliga ämnena i gasformigt släckmedel är koldioxid, kväve och argon, samt ett antal halogenerade kolväten och dess blandningar. De flesta av dessa gaser är både färglösa och luktfria, förutom koldioxid som har en lätt stickande lukt. Gasdensiteten varierar kraftig beroende på temperatur och tryck. När temperaturen på en gas minskar eller trycket ökar, komprimeras gasen och minskas i volym och om gasen komprimeras tillräckligt mycket kondenserar den till flytande form. Gasformiga släckmedel fungerar som termisk

ballast och sänker temperaturen på flammorna. Vissa gaser har ytterligare en kemisk effekt, såsom halon. Fördelen med att använda gasformiga släckningsmedel är att det inte bidrar till vattenskador på grund av brandsläckningsarbete och inga rester stannar kvar av släckmedlet när gasen har släppts ut i luften (Särdqvist, 2013).

Problemet med att användning av gasformiga släckmedel handlar främst om att de är giftiga och tränger ut syre från luften. Dessutom har vissa av gaserna negativ inverkan på miljön och kan inte tas omhand eller återvinnas efter brandsläckningsarbete. Argon och kväve finns naturligt i luften och därför anses de som icke miljöfarliga släckmedel. De tas ut ur luften och släpps ut i den igen när de används vid brandsläckningsarbete. Koldioxid finns också naturligt i luften men den är en växthusgas som belastar miljön. Framtida reglering av växthusgaser som släpps i luften kan begränsa möjlighet att använda koldioxid som brandsläckningsmedel. Halon bidrar till nedbrytning av atmosfärens ozonskikt och har därför förbjudits (Särdqvist, 2013).

Brandsläckningsarbete med gasformigt släckmedel i stora konstruktionsbränder har inte studerats noggrant ännu därför behövs flera studier för att avgöra hur bra gasformigt släckmedel är vid större konstruktionsbränder (Vylund & Palmkvist, 2018).

Pulver

Pulver är ett släckmedel som främst rekommenderas för bärbara brandsläckare på grund av sin höga släckkapacitet i förhållande till vikt och pris. Det finns många olika typer av pulversläckningsmedel och de består ofta av en blandning av olika salter. Det vanligaste typen av pulver som används för brandsläckningsarbete är Monoammoniumfosfat (MAP) (Särdqvist, 2013).

Ämnen som används i pulversläckningsmedel är vanligtvis inte hälsofarligt men röken som uppstår vid släckningsarbete med pulver, tillsammans med brandrök, gör att sikten försämras avsevärt och irritation i luftvägarna kan förekomma. Pulversläckningsmedel i fast form är inte heller särskilt miljöfarligt vilket kan bidra till att förhindra förorening av vatten och luft, tillskillnad från vätskebaserade släckmedel såsom vatten och skum (Särdqvist, 2013). Vidare tester behöver utföras för att kunna avgöra om pulver är ett effektivt släckningsmedel vid stora konstruktionsbränder (Vylund & Palmkvist, 2018).

Sprinklersystem

Sprinklersystem anses ofta vara den viktigaste komponenten i byggnadens brandskyddsstrategi. Sprinklersystemen kan kontrollera en brand och avsevärt minska dödsfall, person- och egendomsskador om systemet är korrekt utformat, installerat, testat och underhållet. De vanligast förekommande vattensprinklersystemet indelas i olika typer och beskrivs nedan.

Våtrörsystem

Våtrörsystem är det mest förekommande vattensprinklersystemet. Rörnätet i våtrörsystemet är permanent fyllt med vatten under tryck vilket gör att vattnet levereras omedelbart vid aktivering. Våtrörsystemet får endast installeras i varma utrymmen i en byggnad för att undvika frysning av vattenledningar. När sprinklersystemet utsatts för en högre temperatur än aktiveringstemperaturen för sprinklerhuvud går den värmekänsliga komponenten (glasbulben) sönder och vattnet utlöses från system utan fördröjning (Hjorth, 2012).

Torrörsystem

Torrörsystem är lik ett våtrörsystem förutom att rörnätet i torrörsystem inte är fyllt med vatten, utan i stället är det fyllt med luft under tryck nedströms larmventilen. Torrörsystemet tillämpas i utrymmen där omgivningstemperaturen kan vara tillräckligt kallt för att frysa vattnet i våtrörsystemet. Torrörsystemet används vanligtvis i garage, uppvärmda byggnader och vattenkänsliga utrymmen för att undvika vattenskadorna på grund av vattenläckage från ledningskanaler. Sprinklersystemet aktiveras när temperaturen överskrider aktiveringstemperaturen för sprinklerhuvudet, dock sker vattengivningen ej omedelbart i detta fall utan luften släpps först ut ur sprinklerhuvudet. Detta skapar ett tryckfall som gör att torrörsventilen öppnas och rörnätet fylls med vatten som sedan släpps ut genom sprinklerhuvudet. Storleken på torrörsystem är begränsad för att minimera fördröjning av vattenflöde vid en brand (Hjorth, 2012).

Förutlösningssystem (Pre-actionsystem)

Av alla typer av vattensprinklersystem är förutlösningssystem det mest komplicerade och det är en blandning mellan torrörsystem och våtrörsystem. Huvudskillnaden mellan förutlösningssystem och de andra två systemen är att rörnätet är fyllt med luft, där en separat anordning kopplat till larmventilen aktiveras genom detekteringssystem, antingen rök- eller värmedetektorer. När en signal från detekteringssystemen når larmventilen fylls sprinklerrörnätet med vatten vilket gör att vattengivningen sker direkt utan fördröjning. Förutlösningssystem tillämpas i uppvärmda utrymme där det finns en risk för frysning och kan användas i stället för torrörsystem när en snabbare vattenförsörjning önskas. Systemet används även i vattenkänsliga lokaler där man vill minimera risken för en vattenskada. Det finns olika typer av förutlösningssystem beroende på säkerheten i sprinklersystemet (Hjorth, 2012).

Non-interlock

Ingen särskild säkerhet för felutlösning finns i non-interlock förutlösningssystemet då öppningen av larmventilen aktiveras antingen med sprinklerhuvud eller detekteringssystem vilket får vattnet att utlösas. Systemet brukas användas i kalla utrymmen i stället för torrörsystem för att vattenavgivningen ska ske utan fördröjning (Hjorth, 2012).

Single interlock

Single interlock system är den vanligaste typen av förutlösningssystem när extra säkerhet önskas i sprinklersystemet. En signal från detekteringssystemet behövs i detta system för att larmventilen ska öppnas och sprinklerrörnätet fyllas med vatten. Vattnet utlöses inte förrän glasbulben i sprinklerhuvud går sönder från värmeutvecklingen. Systemet tillämpas i utrymmen där risken för

vattenskadorna vill undvikas, tex. sjukhus eftersom vattnet inte släpps vid aktivering av sprinklerhuvud av misstag (Hjorth, 2012).

Double interlock

En double interlock system är det säkraste typen av sprinklersystem då sprinklerrörnätet endast fylls med vatten när både detekteringssystem och sprinklerhuvud aktiveras. Systemet tillämpas i utrymmen där felaktig initiering av sprinklersystem helst vill undvikas, tex bibliotek, museum och serverhallar. Det kan också användas i frysrum för att minimera risken vid vattenfyllning i rörnätet. En fördröjning av vattenavgivning, som i torrörssystem, är förväntad i denna typ av sprinklersystem (Hjorth, 2012).

Öppet system (Deluge system)

Ett öppet sprinklersystem liknar ett förutlösningssystem genom att båda systemen använder ett separat detekteringssystem för aktivering av sprinklersystemet. Till skillnad från förutlösningssystem saknar det öppna systemet glasbulben i sprinklerhuvud vilket gör att vattnet kan strömma ut från alla sprinklerhuvud oförhindrat när systemet aktiveras och rörnätet fylls med vatten. Öppet system tillämpas i utrymmen med hög brandrisk där en snabb brandspridning förväntas och stor vattenavgivning behövs, exempelvis kraftverk, vägtunnlar och flygplanshangarer (Hjorth, 2012).

Felutlösning av sprinklersystem

Sprinklersystem ibland initieras oavsiktligt vilket leder till dyra vattenskadorna på byggnadens olika delar och dess inredning.

Felutlösning av sprinklersystem är en växande fråga/problem då antalet sprinklersystem i byggnader ökar. Historiska data visar att år 2003 inträffade ca 120 fall per dag i USA där sprinklersystem initieras oavsiktligt och hälften av dessa felinitieringar ledde till att vattnet utlöses från sprinklersystemen (Blum et al., 2013). De vanligaste orsakerna till felutlösning av sprinklersystem i Blum et al. (2013) beskrivs nedan, vilket täcker ca 40 % av fallen. Den återstående andelen, ca 60%, är inte med i statistiken då initiering av sprinklersystem inte orsakade någon fuktskada då antingen inga vattenutsläpp från sprinklersystemet inträffades eller utlöstes vattnet utanför sprinklersystemet.

Överhettning

Sprinklerhuvud är känsliga för värme och kan inte skilja mellan en "dålig värme" som orsakas av en brand eller en "bra värme" som kan uppstå från mekanisk och elektrisk utrustning, värmeförsörjningsuttag, takfönster eller av annan anledning som gör att temperaturen i glasbulben ökar över aktiveringstemperatur för sprinklerhuvud vilket gör att glasbulben går sönder och vattnet utlöses utan brand. Data visar att ca 2 % av felaktig initiering av sprinklersystem orsakades av överhettning (Blum et al., 2013).

Frysning

Som nämnts finns det speciella typer av sprinklersystem som används i kalla utrymmen men våtrörssystem är det mest förekommande sprinklersystemet. Våtrörssprinklersystemet är fyllt med vatten och även om endast små delar av systemet blir utsatt för minusgrader leder det till att vattnet i vattenledningen förvandlas till is och expanderar sin volym vilket medför ytterligare tryck i rören. Detta leder till att vattenledningen går sönder och vatten släpps ut ur systemet. Ibland blir trycket så stort så att ventiler i sprinklerhuvud öppnas och vattnet utlöses. Data visar att incidenter på grund av frysning utgör 7 % av felutlösningarna av sprinklersystem (Blum et al., 2013).

Mekanisk skada

Sprinklerhuvud består av några komponenter som sitter ihop och aktiveras av värme. Mekanisk påverkan på sprinklerhuvud kan skada och separera de olika komponenterna i sprinklerhuvud, vilket kan leda till felaktig utlösning av sprinklersystem. Mekanisk påverkan på ledningskanaler och kopplingar kan också orsaka oönskat vattenflöde. Den vanligaste orsaken till mekaniska skador på sprinklerhuvud är stöt med gaffeltruck i lagerverksamhet. Samlade data visar att ca 30 % av felaktig initiering av sprinklersystem är orsakad av brott eller skada på sprinklerkomponenter. Dock är alla förluster eller felaktig initiering av sprinklersystem inte direkt kopplad till mekaniska skador utan i vissa fall är de orsakade av korrosion eller sabotage (Blum et al., 2013).

Korrosion

Korrosion en process som kan bryta ned och försvaga komponenter i automatiska sprinklersystem och leda till felaktig initiering av sprinklersystem. Gamla sprinklerhuvud löper en stor risk för korrosion, såväl som nya sprinklerhuvud installerade i korrosiv miljö. Mikrobiellt influerad korrosion (MIC) är en ytterligare faktor som kan påskynda korrosionsprocess i både våtrörsystem och torrörsystem. Det är viktigt att installera sprinklersystem och dess komponenter på ett korrekt sätt, samt att genomföra periodisk besiktning, testning och underhåll av sprinklersystemet för att minska korrosionsrisk. Det finns inga tillgängliga data som påvisar sannolikheten för skada orsakad av korrosion, men den kan möjligtvis inkluderas i kategorin ”mekaniska skada” även om orsaken egentligen är korrosion (Blum et al., 2013).

Avsiktlig skadegörelse (sabotage)

Avsiktlig sabotagehandling och förstörelse av sprinklersystem och tillhörande komponenter kan förmodligen leda till felaktig initiering av sprinklersystem. Avsiktlig skadegörelse av sprinklersystem är ofta motiverad av försäkringsbedrägeri. Det finns inga samlade data på avsiktlig skadegörelse, dock kan sabotage definitivt förekomma och inkluderas antagligen i kategorin ”mekaniska skada” (Blum et al., 2013).

Tillverkningsdefekt

Sannolikheten för felaktig initiering av sprinklersystem på grund av tillverkningsdefekt eller tillverkningsfel är väldigt låg. Under tillverkningen är sprinklersystemets komponenter noggrant inspekterade och testade i slumpmässigt urval och därför förväntas ett korrekt utformat och installerat sprinklersystem att ha en lägre sannolikhet för fel. Det finns inga samlade data som visar på sannolikheten för tillverkningsdefekt men det uppskattas att ca ett sprinklerhuvud av sexton miljoner sprinklerhuvud ska felaktigt utlösa per år. Även om tillverkningsdefekter hos sprinklerhuvud, ledningskanaler och kopplingar är sällsynt förekommande borde de beaktas (Blum et al., 2013).

Skador från brandsläckningsutrustning

Vattenskador orsakade av brandsläckningsutrustning är en viktig fråga kopplat till brandsläckningsarbeten. Vatten används för att kontrollera och släcka bränder, men det kan också orsaka betydande skador på byggnaden, dess innehåll och omgivande miljö. Dessa skador kan innefatta strukturella skador på byggnader, skador på inredning och andra föremål, samt skador på miljön från förorenad avrinning (Särdqvist, 2013).

Vattenskador till följd av brandsläckningsutrustning kan få allvarliga konsekvenser för både egendom och människor. I vissa fall kan skador orsakade av brandsläckningsutrustning vara allvarligare än skador orsakade av själva branden. Vattenskador från brandsläckningsutrustning kan uppstå när vattnet släpps ut från brandslangar, vattensprinklersystem, brandpostsystem och annan utrustning. I dessa fall släpps vattnet ofta ut i hög tryck och kan leda till omfattande skador då man får vatteninträning i små sprickor och springor i byggnaden (Särdqvist, 2013).

Vattenskador från brandsläckningsutrustning kan vara svåra och dyra att åtgärda. Beroende på skadan kan det bli nödvändigt att byta ut gipsskivor, golv, möbler och andra föremål som har vattenskadats. Dessutom kan hela utrymmet behöva desinficeras för att förhindra mögeltillväxt som kan leda till hälsoproblem. Det är viktigt att regelbundet inspektera all utrustning och se till att de fungerar som den ska för att minska sannolikheten för vattenskador från brandsläckningsutrustning. Förutom vattenskador kan branden även orsaka rök- och sotskador. Rök och sot kan tränga in i väggar, tak och golv, vilket resulterar i missfärgning och lukt (Särdqvist, 2013).

Vatten från brandsläckningsutrustning kan också orsaka skador på miljön. Brandsläckningsvatten är ofta förorenat med föroreningar från släckskum, rök och andra farliga ämnen. Det förorenade vattnet kan rinna ut i närliggande vattendrag, där det kan skada fiskar och andra vilda djur. Dessutom använder räddningstjänsten ibland kemiska föreningar för att bekämpa bränder som kan lämna kvar farliga rester (Särdqvist, 2013).

För att minimera vattenskador från brandsläckningsutrustning bör brandmän vidta åtgärder för att minska mängden vatten som används, använda miljövänliga brandsläckningsmedel, inspektera byggnaden för potentiella vattenskador, vara medvetna om potentiella faror och vidta åtgärder för att begränsa och minimera förorenade ämnen i avrinningsvatten. Genom att vidta dessa åtgärder kan vattenskadornas omfattning begränsas och skydda miljön (Särdqvist, 2013).

Om brandsläckningsutrustningen utlöses när det inte brinner, kommer flera av skadorna, så som rök- och sotspridning samt lukt, inte att inträffa. Däremot kan fuktrelaterade skador fortfarande uppstå. Omfattningen av skadorna kan potentiellt likna de skador som uppkommer vid brand på grund av vattenskador eller påväxt. Även små vattenläckage i brandsläckningssystem kan orsaka stora kostnader över tid, se Resultat av Intervjustudie - Försäkringbolag.

Under litteratursökningen hittades dock ingen statistik eller information om sannolikhet eller omfattning av skador vid utlösning av brandsläckningsutrustning när det inte brinner.

RESULTAT AV INTERVJUSTUDIE

I följande avsnitt redovisas resultaten från intervjustudien. Under projektet har flera intervjuer genomförts med olika intressenter, till exempel en brandkonsult, fastighets- och försäkringsbolag och hänsyn har tagits till deras synpunkter angående vattenskador i träbyggnader i samband med felutlösning av sprinklersystem, brandsläckningsarbete och vattenläckage.

Brandkonsult

En intervju har gjorts med Axel Mossberg som är brandkonsult och forskningschef på Bengt Dahlgren, daterad 2021-12-10. Enligt Mossberg, dimensioneras i Sverige brandceller och brandklasser i en byggnad utifrån sin brandbelastning och till skillnad från en betongbyggnad kan stommen i en träbyggnad brinna och därmed blir brandbelastningen högre i träbyggnaden. Det finns förenklade tabeller som redovisar brandbelastningsvärde som är baserad på betongbyggnader men de värdena är också tillåtna att användas för träbyggnader. Mossberg anses att de givna brandbelastningsvärdena kanske är olämpliga för träbyggnader för närvarande eftersom de kanske ger för låg brandbelastning. Mossberg tror att Boverket förmodligen behöver se över de tabellerna och möjligtvis kommer med nya tabeller som är mer tillämpade för träbyggnader.

Mossberg berättar att i samtliga träkontorsbyggnader i Sverige installeras sprinklersystem men i bostadsbyggnader i trä installeras sprinklersystem inte lika ofta, där ungefär en tredjedel av bostadsbyggnader i Sverige har sprinklersystem. Sprinklersystem i en träbyggnad möjliggör användningen av exponerat trä då stommen ej behövs skyddas av andra metoder i samma omfattning. Dessutom minskas antalet brandceller och utrymningsavstånd, samt att bärverksklassen för byggnaden sänks vilket möjliggör att bygga högre byggnader. Våtrörssprinklersystem som är det vanligaste sprinklersystemet att installera, utgör ungefär 95 % av systemen. Däremot installeras förutlösningssystem endast när beställaren är orolig för känslig egendom och brukar därmed endast installeras i vissa sektioner av byggnader.

Vidare fortsätter Mossberg berätta att felutlösning av sprinklersystem utan brand är ovanligt men det kan förekomma. Vad han kan minnas så har det hänt en gång under hans karriär som brandkonsult när brandlarmet skulle testas i en gammal byggnad och en av ledningskanalerna sprängdes vilket ledde till att vattnet utlöstes från sprinklersystemet. Mossberg påpekar också att beställare ofta diskuterar just möjliga fuktskador vid felutlösning av sprinklersystem trots att sannolikheten för att det inträffar inte är så stor.

Fastighetsbolag & fastighetsförvaltare

En annan intervju har gjorts med Mats Franzon som tidigare har varit byggteknikchef på Akademiska Hus, daterad 2021-12-10. Franzon inledde med att presentera några av deras befintliga träbyggnader trots att de inte har många. Han berättade om deras nya kontor i Göteborg som är ett träbyggnadsprojekt med hybridstomme, samt några träbyggnader i Uppsala.

Franzon beskrev att de än så länge inte har haft vattenskador på grund av vattenläckage, brandsläckningsarbete eller felutlösning av sprinklersystem i deras träbyggnader eftersom de inte har varit i bruk länge. Göteborgskontoret har varit i bruk i ca ett år och deras träbyggnader i Uppsala har varit i bruk i 3–4 år. Däremot har de haft en vattenskada på grund av felutlösning av sprinklersystem i en icke träbyggnad. Dessutom har de haft andra typer av vattenskador i deras icke träbyggnader, såsom hål i tätskikt och dåligt tätskikt runt brunnar. Franzon berättar vidare att hantering av träbyggnader borde vara annorlunda än de traditionella byggnaderna med betong- eller stålstomme då det finns många utmaningar med en träbyggnad att ta hänsyn till, exempelvis brand- och ljudfrågor och framför allt risk för fuktskador.

Franzon fortsätter med att berätta att det var en brand som inträffade i det gamla arkitekturhuset i Stockholm för 6–7 år sedan. Huset var byggt med trä och betong och de var tvungen att riva hela byggnaden på grund av stora brandskador som innebar att det inte var värt att åtgärdas. Kostnaden för åtgärden var så hög att det var mer lönsamt att riva den befintliga byggnaden och bygga nytt. Franzon påpekade också att det är jättevanligt med sprinklersystem i byggnader nuförtiden för att kunna ha större brandceller och färre utrymningsvägar. Det finns också vissa byggnader där det inte är att föredra att ha sprinklersystem, till exempel laboratorier eftersom det är svårt att hitta ersättningslokaler om felutlösning av sprinklersystem skulle förekomma.

Försäkringbolag

En intervju med Lars Strandqvist genomfördes den 2022-01-14 för att få försäkringbolagens synpunkter kring vattenskador i träbyggnader. Strandqvist har jobbat med olika typer av skador i 13 år på IF försäkring. De sista 5–6 åren har han jobbat mest med entreprenörskador (garantiskador), delvis på grund av sin tidigare erfarenhet som platschef på NCC i 17 år.

Strandqvist beskriver att ett försäkringbolag inte särskiljer en träbyggnad ifrån en betongbyggnad när det gäller hantering av en vattenskada. Viktigaste är att kontrollera skadeomfattning och ge en åtgärdsplan tillsammans med ett skadeutredningsföretag inom fukt. Åtgärdsplanen följs sedan upp genom kontinuerlig mätning av fukt (genom oberoende parter) och när det är torrt (igen) får byggtreprenören bygga igen. Det har hänt att bygget startat innan material har hunnit torka till en godkänd nivå vilket lett till att den gamla skadan återkommer. Han konstaterar att de svåraste och dyraste skador som brukar inträffa är mindre vattenläckage, där det droppat/runnit lite vatten utan att det uppmärksammats och därmed hinner skadan bli både större och dyrare att åtgärda. Dessutom kan felutlösning av sprinklersystem förekomma och han har varit med en incident där installationsfirman satte fel sprinklerhuvud vid ett glastak. Det blev alldeles för varmt vilket ledde till att sprinklersystemet utlöstes.

Vidare berättar han att det i försäkringen finns en rivningsplikt vilket betyder att fastighetsbolag eller byggtreprenör inte ska vänta till ett besked från försäkringsbolag för att börja med åtgärden vid en vattenskada, utan fastighetsägaren ska göra det som är bäst för fastigheten/objektet så större skada kan undvikas och minimeras. Under tiden ska de kontakta försäkringbolaget för att anmäla ärendet och samtidigt få synpunkter och råd på hur det ska hanteras.

Försäkringbolaget kan ha stränga krav på sprinklersystem och tillsammans med deras riskingenjörer kan de bedöma om byggnaden behöver sprinklersystem eller ej, beroende på byggnadsverksamhet. Om riskingenjören ser att det finns en ökad risk för brand uppmanar försäkringbolaget fastighetsägaren att installera ett sprinklersystem, dock är det inga tvingande krav från försäkringen utan fastighetsägaren kan få ekonomiska fördelar i form av en lägre självrisk om de väljer att följa rekommendationen. Dock kan försäkringbolaget neka att teckna ett försäkringsavtal om fastigheten inte installerar ett sprinklersystem. Strandqvist berättar också att det kvittar för försäkringbolaget om en byggnad har trä-, betong- eller stålstomme. Däremot när riskingenjörer bedömer en byggnad tar de hänsyn till olika faktorer, såsom byggnadsstomme, brandzoner, brandcell och hur långt det är från byggnaden till närmaste räddningstjänst.

Aula Medica incident

I ett samtal med Björn Blomquist den 17 december, 2021 som jobbar som fastighetsförvaltare på Akademiska Hus, gick han igenom en incident som inträffade i Aula Medica den första oktober år 2015. Aula Medica är en byggnad som tillhör Karolinska Institutet. Det består av åtta våningar med stomme av stål och bjälklag av betong. Fasaden är byggd med träfackverk som bär triangelformade glasrutor.

Björn berättade att två sprinklerhuvud löste ut samma dag, men vid två olika tillfällen. Den första utlöste under morgontiden i ett beredningsutrymme (köket) och anledningen till utlösningen var att fläktaggregatet slutat fungera och att värmen från ugnen ledde till hög temperatur och därmed sprinklerutlösning. Det första incidenten orsakade inte några stora nämnvärda vattenskador. Under kvällen samma dag utlöste en annan sprinkler högst upp i byggnaden av oklar anledning. Efter utredningen så kom de fram till att ett av glaspartiet (glasbulben) i sprinklersystemet var trasigt vilket ledde till utlösningen. Han konstaterade att brandkåren, jouren och teknikerna i Akademiska Hus var snabbt på plats, dock släpptes det mycket vatten på ytan och vattnet rann neråt i byggnaden genom en elnisch. Detta ledde till att vattnet spridde sig till samtliga plan och vattenskadan blev större. Akademiska Hus försökte genast minska omfattningen på skadan genom att ta bort det fria vattnet på bjälklaget med hjälp av golvbrunnar och vattendammsugare där det inte fanns brunnar i golv. Avfuktningssystem installerades därefter och användes i flera veckor. Akademiska Hus anmälde även skadan till försäkringsbolaget för att få hjälp med att åtgärda vattenskadan. Försäkringsbolaget anlätade en konsult för att utreda påverkan av vattenskadan i bygganden. Den andra incidenten ledde till stora vattenskador i bland annat trägolv i bjälklag, väggar, tak, skarvarna mellan bjälklag och fasad med mera. Slutligen anlätades en besiktningsman genom försäkringsbolaget för att bedöma skadan efter åtgärden.

BYGGTEKNIK

I detta kapitel ska byggnadstekniska detaljer från ett referensprojekt presenteras samt resonemang om hur fritt vatten i träkonstruktionen förväntas att bete sig vid ett stort vattenläckage.

Referensprojektet är en nybyggnation av två bostadshus inom kvarteret Åkaren i Karlstad (Hagaborg projektet). Hus A och hus B utgörs av nio respektive åtta våningar, samt en ny förskola i två våningar som byggs samman med hus B. Byggnadsstommen består av hiss- och trappschakt i betong, stomväggar och bjälklag i betong på första plan för hus A och plan 1–2 för hus B, samt limträpelare och limträbalk med bjälklagelement i trä i övriga plan, se Figur 6.

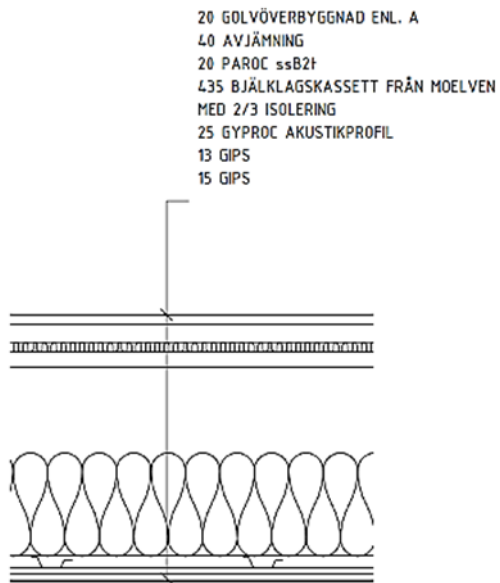


Figur 6. Bild på Hagaborg projektet under uppbyggnad. (NCC)

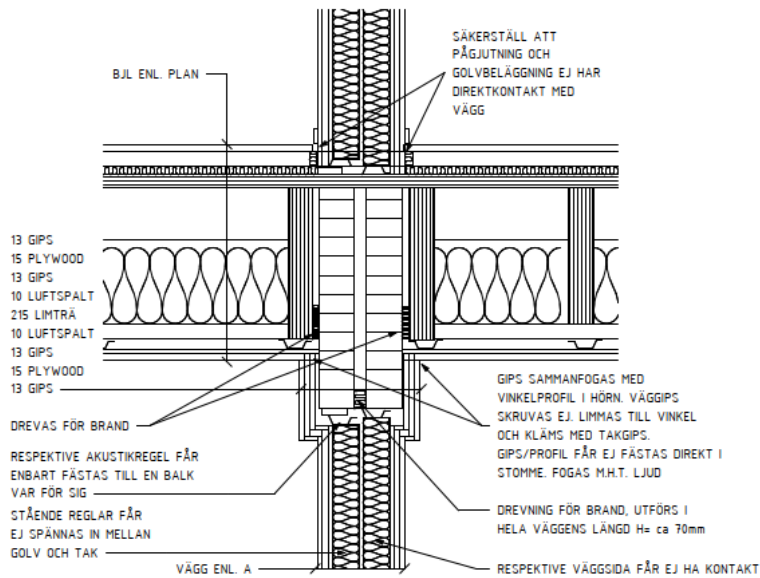
Detaljrutningar har hämtats från projektet för att analysera en möjlig vattentransport genom bjälklaget.

I Figur 7 beskrivs bjälklaguppbyggnad på plan 2 och uppåt. Bjälklaget består av 20mm golvbeläggning (parkettgolv), 40mm avjämningsmassa, 20mm stegsljudskiva (Paroc ssb2t), 435mm bjälklagskassett med isolering, 25mm ljudisolering (Gyproc akustikprofil), samt två gipsskivor med en total tjocklek på 28mm. Vid felutlösning av sprinklersystem eller vid brandsläckningsarbete kommer vattenmängden som ligger kvar på golvet att rinna igenom golvbeläggningen och stanna vid avjämningsmassan under en längre period. Vattnet kommer även rinna igenom eventuella sprickor till undersidan av avjämningsmassa och sprida sig vidare via kapillära vattentransport. Detta kommer att orsaka möjliga fuktproblem på golvbeläggningen och avjämningsmassa om vattenmängden inte tas bort i tid.

Däremot visar Figur 8 ett vertikalsnitt av limträbalk vid lägenhetsskiljandevägg och där syns det tydligt att avjämningsmassan eller pågjutningen precis slutar innan lägenhetsskiljandevägg och ersätts med isoleringsskikt på grund av akustiken. Detta kan leda till att vattenmängden som samlas på avjämningsmassan vid väggen kan tränga igenom isoleringen och limträbalken blir utsatt för direkt vattenkontakt och därmed en eventuell vattenskada på limträbalken. Om vattenmängder vid brandsläckningsarbete eller felutlösning av sprinklersystem är tillräckligt stora kan det även rinna igenom vägganslutningen till andra delar i byggnaden och därmed orsaka mer omfattande fuktskador i övriga delar av byggnaden.



Figur 7: Bjälklagets uppbyggnad.



Figur 8: Vertikalsnitt limträbalk vid centrisk lägenhetsskiljande vägg.

SLUTSATS

Utvecklingen av massivträkonstruktioner ger möjlighet att använda trä i mycket större utsträckning i vissa typer av byggnader än tidigare. Fördelarna med trä, och dess låga klimatbelastning gör att trä är mer intressant nu än tidigare då det kan ersätta andra byggnadsmaterial med högre klimatbelastning. Dock kan träets unika egenskaper, såsom dess fuktkänslighet, påverka användandet av trä i byggnader då materialet kan försvagas snabbt eller få mikrobiell påväxt under dåliga förhållanden. Denna studie har utrett och klargjort möjliga fuktskador på grund av uppfuktning eller hög relativ luftfuktighet i massivträelement. Liknande fuktskador inträffar när träytan blir utsatt för fritt vatten, antingen små mängder från vattenläckage eller stora mängder som uppkommer vid brandsläckningsarbete eller felutlösning av vattensprinklersystem.

Litteraturstudien visade att olika träbaserade material har olika egenskaper gällande vattenabsorption och uttorkningstid. Massivträ, exempelvis KL-trä och LVL, absorberar vatten och torkar ut långsammare än andra typer av trämaterial, såsom plywood och OSB. Oavsett uppfuktningsmetod tar uttorkningen lång tid, normalt flera veckor och även upp till några månader om träelementen har blivit rejält uppfuktade och därför är det viktigt att hålla träet torrt för att minimera fuktrelaterade risker. Dessutom anses uppfuktningsperiodens längd vanligtvis vara viktigare för att höja fuktkvoten och därmed troligen orsaka en fuktskada än den totala mängden av vatten som träytan utsatts för.

Forskningsstudier har visat att den kritiska fuktkvoten för att mögelpåväxt ska ske är ungefär 18–20% och kan växa inom några dagar när temperaturen är gynnsam för mögelpåväxt. Kritiska fuktkvoten för rötsvampar som påverkar konstruktionens hållfasthet är cirka 26 %, vilket är den nedre delen av fibermättnadspunkten. Däremot kan svampangrepp ske betydligt snabbare när stora mängder av fritt vatten är tillgängligt som möjliggör en kraftigt ökad fuktkvot, 40% till 80%. Detta kan lätt inträffa vid brandsläckningsarbete eller vid felutlösning av sprinklersystem där stora mängder av vatten släpps i konstruktionen.

Även om det finns icke vattenbaserade släckmedel som räddningstjänsten har tillgång till för att minimera risken för vattenskador i byggnader, är dessa släckmedel fortfarande inte studerade vid brand i stora konstruktioner därför behövs fler tester för att kunna bekräfta deras släckningsförmåga vid stora bränder. Vattenbaserade släckmedel blir därför den enda och bästa lösningen för räddningstjänsten att använda för att släcka bränder på ett effektivt sätt. Däremot är det viktigt att påföra endast den vattenmängden som verkligen krävs vid brandsläckningsarbete då risken för en vattenskada blir större med ökad vattenmängd.

Enligt intervjuer med olika intressenter aktiva inom drift av fastigheter, verkar sannolikheten för felutlösning av sprinklersystem vara väldigt lågt men det kan förekomma. Resultatet av en skada blir stora och dyra konsekvenser. Detta kan bekräftas med de intervjuer som gjordes under studien där beställaren är ofta oroliga över potentiella vattenskador vid felaktig initiering av sprinklersystem trots att sannolikheten är låg. I dagsläge finns det inga krav enligt BBR att installera sprinklersystem i byggnader förutom verksamhetsklass 5B och 5C. Dock kan en ökad efterfrågan på träbyggnader medföra en ökad sannolikhet för att installera sprinklersystem i träbyggnader, dels på grund av trästommen behöver ytterligare skydd, dels för att försäkringsbolag med hjälp av sina riskingenjörer uppmanar det ifall det finns en ökad risk för brand. Dessutom möjliggör installation av sprinklersystem högre byggnader genom att bärverksklassen till byggnaden minskas och utrymningssavstånd förkortas. Allteftersom fler och fler byggnader förses med sprinklersystem kommer risken för felutlösning av sprinklersystem öka och därmed ge en större sannolikhet för vattenskada.

En genomgång av ett par detaljer från en massivträbyggnad visade potentiella risker kopplat till ett stort vattenläckage. I detaljen syns det hur vattnet skulle kunna ledas ner till och i det träbjälklaget genom isolering och skarvar mellan olika skikt i golvkonstruktionen. I detta fall, finns det en hög risk för fuktskador vid ett stort vattenläckage som skulle innefatta kostsamma uttorknings- och saneringsåtgärder.

Projektet kunde inte hitta dokumenterade studier om vatten- och fuktskador orsakade av brandsläkningsutrustning i litteraturstudien. De få fallen som nämns i denna rapport är ett resultat från intervjustudien. Det är svårt att dra några slutsatser kring vatten- och fuktskador orsakade av brandsläkningsutrustning på grund av det skrala underlag som finns tillgängligt. För att kartlägga omfattningen mer noggrant behövs mer forskning inom området samt ett nära samarbete med olika entreprenörer, försäkringsbolag och fastighetsägare.

Rekommendation för fortsatta studier

Denna studie har belyst möjliga fuktskador i en massivträkonstruktion på grund av vattenläckage, brandsläckningsarbete och felutlösning av sprinklersystem. Baserat på de lärdomar och kunskaper som sammanställts har slutsatser dragit vilket ger följande rekommendationer till framtida studier:

1. Det finns begränsade data om fukt- och vattentransport i massivträ och träkonstruktion i allmänhet, speciellt vid direkt kontakt med vatten. Ytterligare datainsamling behövs för att bättre förstå hur vattnet beter sig i träkonstruktioner, samt uppfuktning och uttorkning egenskaper för massivträ.
2. Förekomsten av bindemedel/lim mellan olika skikt i en massivträprodukt kan påverka fukt- och vattentransport. Fler studier och undersökningar bör utföras för att bättre förstå effekten på dessa egenskaper vid användning av olika limprodukter.
3. Trots att det finns en möjlighet till minskad användning av vatten vid brandsläckningsarbetet så visar studier att vattenmängden som räddningstjänsten normalt använder vid brandsläckningsarbete är högre än det som verkligen krävs. Fler tester behöver utföras efter en insats för att samla verkliga data på vattenmängden (normaliserat till per m²), samt vattenvägar i byggnaden och därmed ge en bättre inblick i möjliga vattenskador efter brandsläckningsarbete.
4. Tiden som krävs för att stänga av sprinklersystem vid felinitiering av sprinklersystem är oklar. Ytterligare datainsamling och tester behöver utföras för att bestämma vattenmängden som släpps innan sprinklersystemet åtgärdas, då mängden av vatten som släpps påverkar omfattningen av en vattenskada.
5. Det behövs vidare arbete inom projektering av träbyggnader för att ta fram bättre lösningar för att förhindra vatteninträngning till kritiska delar i byggnaden som är svåra att torka och sanera. Detta kan också leda till minskad risk för fuktskador på grund av andra fuktkällor, såsom regn och vattenläckage.

KÄLLFÖRTECKNING

- Alsayegh, G. (2012) *Hygrothermal Properties of Cross Laminated Timber and Moisture Response of Wood at High Relative Humidity*. [Masteruppsats, Carleton University].
- Blum, A., Long, R., Dillon, P (2013) *Investigating Inadvertent Automatic Fire Sprinkler System Discharges* [paperspresentation]. Konferens: Sixth Congress on Forensic Engineering. [10.1061/9780784412640.056](https://doi.org/10.1061/9780784412640.056).
- Boverket, *Boverkets byggregler: Konsoliderad version av Boverkets byggregler – BBR 29, BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2020:4* (2016) https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad_bbr_2011-6.pdf
- Brischke, C., Meyer-Veltrup L. (2015). *Moisture content and decay of differently sized wooden components during 5 years of outdoor exposure*. *European Journal of Wood and Wood Products* 73(6):719-728. [10.1007/s00107-015-0960-7](https://doi.org/10.1007/s00107-015-0960-7).
- Crawford, R. H., & Cadorel, X. (2017). *A Framework for Assessing the Environmental Benefits of Mass Timber Construction*. *Procedia Engineering*, 196, 838–846. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.015>.
- Dansarie, L. (2015) *Utbildningsmaterial Sprinkler till gymnasieskola och YH-utbildning*. SBUF rapport 12925. <https://www.sbuf.se/Projektsida/?project=d02a218b-6751-4bb7-9f2a-67a0573f303f>
- Gong, M. (2019). *Timber Buildings and Sustainability*. London: Intechopen. ISBN: 978-1-78923-882-2.
- Gosselin, A., Blanchet, P., Lehoux, N., & Cimon Y. (2016). *Main Motivations and Barriers for Using Wood in Multi-Story and Non-Residential Construction Projects*. *BioResources*, 12(1), 546–570. <https://doi.org/10.15376/biores.12.1.546-570>.
- Hjorth, B (2012). *Sprinklerhandboken*. Stockholm: Brandskyddsföreningen (2012). ISBN: 978-91-71444-08-0.
- Holm, G., Solyom, P (1995). *Skumvätskors inverkan på miljön*. Karlstad: Räddningsverket, P21-101/95.
- Kärman, A., Bjurlid, F., Hagberg, J., Ricklund, N., Larsson, M., & Stubleski, J. (2016). *Study of environmental and human health impacts of firefighting agents*. MTM Forskningscentrum. Institutionen för naturvetenskap och teknik. Örebro universitet. [diva2:1068268](https://doi.org/10.1061/9780784412640.056)
- Mirdad, A., Daneshvar, H., Joyce, T., & Chui, Y. (2021). *Sustainability Design Considerations for Timber-Concrete Composite Floor Systems*, *Advances in Civil Engineering*, vol. 2021.
- Norén, J. (2018) *Tillämpningsstöd vid brandteknisk dimensionering av höga Br0-byggnader med förnyelsebara material (trä)*. SBUF rapport 13371. <https://www.sbuf.se/Projektsida/?project=6699aef0-3b9a-4ec7-bb7e-ec6dd8f5864a>
- Olsson, L. (2019) *Fuktsäkerhet vid massivträbyggande etapp 1*. SBUF rapport 13548. <https://www.sbuf.se/Projektsida/?project=812fba34-2bc8-4f0d-bc3c-9e5e8e62e7ae>.
- Robbins, C., Morrell, J. (2006) *Mold, Housing and Wood*. Western Wood Products Association, Portland. https://www.stimsonlumber.com/wp-content/uploads/2018/08/Mold_Housing_Wood.pdf.

- Scalet, T. (2015). *Cross Laminated Timber as Sustainable Construction Technology for the Future*. Helsinki Metropolia University of Applied Sciences, (Department of Civil Engineering).
- Svenskt Trä (2017) *KL-trähandbok*. Stockholm: Skogsindustrierna. ISBN: 978-91-981922-5-4.
- Svenskt Trä (2020) *Att välja trä*. Stockholm: Skogsindustrierna. ISBN: 978-91-985214-2-9.
- Särdqvist, S. (2013) *Vatten och andra släckmedel*. Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. ISBN: 978-91-7383-370.
- Särdqvist, S., Holmstedt, G (2001) *Water for manual fire suppression*. *Journal of fire protection engineering*, vol 11, nr 4, 2001.
- Viitanen, H. (1996) *Factors affecting the development of mould and brown rot decay in wooden material and wooden structures*. [Doktorsavhandling, SLU, Uppsala]
- Vylund, L., Palmkvist, K (2018). *Taktik och metodik för släckning av höga hus*. RISE - Research Institutes of Sweden. ISBN: 978-91-88695-35-2.
- Wang, J. (2014) *Phase I: Drying performance of experimental wood roof assemblies*. (FPInnovations, nr. 201007973). <https://library.fpinnovations.ca/fr/permalink/fpipub42987>.
- Wang, J. (2015) *Potential Impacts of Wetting on Performance of Mass Timber Buildings* (FPInnovations, nr. 301010143). <https://cwc.ca/wp-content/uploads/2020/08/Potential-Impacts-of-Wetting-on-Performance-of-Mass-Timber.pdf>.
- Wang, J., Stirling, R., Morris, P., Lloyed, J., Kirker, G., Lebow, S. & Mankowski, M.E. (2018). *Durability of mass timber structures: a review of the biological risks*. *Wood and Fiber Science*. 50: 110-127. <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/56764>.
- Wang, J. (2020) *Construction moisture management - cross laminated timber*. (FPInnovations, nr. 301013618). <https://library.fpinnovations.ca/en/permalink/fpipub53068>.
- Wilcox, WW (1978). *Review of literature on the effects of early stages of decay on wood strength*. *Wood and fiber* 9(4):252_257. <https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/248>.
- Öberg, A., Lejdström, F. (2021) *Brandskydd i byggnader med exponerad stomme av KL-trä: En kartläggning av olika brandtekniska lösningar för flerbostadshus* [Examensarbete: Mälardalens Högskola]. <https://mdh.diva-portal.org/smash/get/diva2:1574640/FULLTEXT01.pdf>

Källor i form av Intervjuer

- Axel Mossberg, brandkonsult och forskningschef på Bengt Dahlgren, muntlig intervju 2021-12-10
- Mats Franzon, byggtjänstchef på Akademiska Hus, muntlig intervju 2021-12-10.
- Björn Blomquist, fastighetsförvaltare på Akademiska Hus, muntlig intervju 2021-12-17.
- Lars Strandqvist, entreprenörskadeansvarig på IF försäkring, muntlig intervju 2022-01-14.

BILAGOR

Bilaga 1: Intervjufrågor

Intervjuerna utgicks från följande frågor, dock var samtalsutvecklingen fritt beroende av intressanta idéer och fall som respondenten ville lyfta fram.

Frågor till Brandingenjör

- Hur ofta brukar ni föreslå installation av sprinklersystem i byggnader där det inte finns något krav enligt BBR?
 - o Gäller det även i träbyggnader?
- Har ni någon information om vattenskador på grund av brandsläckningsarbete eller felutlösning av vattensprinklersystem?
 - o Har ni någon statistik på dem skadorna?
- Diskuterar ni på möjliga fuktskador vid felutlösning av sprinklersystem med uppdragsgivaren?
 - o vilket sprinklersystem ska installeras i en träbyggnad?
- Föredrar ni något av följande sprinklersystem över den andra? Varför?
 - o Våtrörsystem (konstant fylld med vatten).
 - o Torrörsystem (fylld med luft, installeras i frysrisk utrymme).
 - o Förutlösningssystem (extra säkerhet för felaktivering av sprinklersystem).

Frågor till Försäkringsbolag

- Hanterar ni "träbyggnader" annorlunda än andra byggnader?
- Har ni haft vattenskador på grund av vattenläckage, brandsläckningsarbete eller felutlösning av vattensprinklersystem?
 - o Har ni någon statistik på dem skadorna?
 - o Har ni statistik om stommen (betong/lättbetong/stål/trä) i det skadade huset?
 - o Hur länge dröjer det tills ett vattenläckage upptäckas och åtgärdas?
 - o Hur länge dröjer det tills sprinklersystemet släcks vid felutlösning av vatten?
- Vilka åtgärder brukar ni vidta efter ett vattenläckage eller felutlösning av sprinklersystem har förekommit?
 - o Avvaktar ni tills en fuktskada har förekommit eller ni vidtar nödvändiga åtgärder för att undvika en möjlig fuktskada?
- Hur länge brukar det tar tills en vattenskada åtgärdas?
- Hur brukar ni åtgärda vattenskador vid brandsläckningsarbete?
 - o hur länge brukar det tar?
- Vart hyresgäster vistas vid vattenläckage, brand och felutlösning av automatiskt vattensprinklersystem och hur länge får dem vistas i ett annat boende?
- Vad kostar att åtgärda skador som orsakats av vattenläckage, brand och felutlösning av sprinklersystem?
- Finns det något krav från er (försäkringsbolaget) att installera sprinklersystem i en byggnad?
 - o Är sådana krav iså fall kopplade till materialen (stomme/ytor) i huset?
 - o Om det inte finns något krav uppmanar ni byggherren till att installera sprinklersystem?
 - o Är det möjligt att ni nekar att teckna ett försäkringsavtal om fastighetsbolagen inte installerar sprinklersystem?
 - o Hur stor inflyttande har ni över ett fastighetsbolag?
 - o Har ni annorlunda krav vad det gäller sprinklersystem för träbyggnader?
- Föredrar ni något av följande sprinklersystem över den andra?
 - o Våtrörsystem (konstant fylld med vatten).

- Torrörssystem (vattensystem fylld med luft, installeras i frysrisk utrymme).
- Förutlösningssystem (extra säkerhet för felaktivering av sprinklersystem).

Frågor till Fastighetsbolag

- Hanterar ni "träbyggnader" annorlunda än andra byggnader?
- Har ni haft vattenskador på grund av vattenläckage, brandsläckningsarbete eller felutlösning av sprinklersystem?
 - Har ni någon statistik på dem skadorna? (kanske har fastighetsbolaget också sin egen statistik).
 - Har ni statistik om stommen (betong/lättbetong/stål/trä) i det skadade huset?
 - Hur länge dröjer det tills ett vattenläckage upptäckas och åtgärdas?
 - Hur länge dröjer det tills sprinklersystemet släcks vid felutlösning av vatten?
- Vilka åtgärder brukar ni vidta efter ett vattenläckage eller felutlösning av sprinklersystem har förekommit?
 - Åtgärder ni möjliga fuktskador (innan de blir synliga) även om försäkringsbolaget vägrar att stå för kostnaden?
 - Hur? Om svaret är Ja
 - Avvaktar ni tills en fuktskada ska förkomma och efteråt anmäler ni till försäkringsbolag?
 - Hur länge brukar det tar tills en vattenskada åtgärds?
- Hur länge tar det tills ni anmäler en vattenskada relaterad till brand?
 - hur länge tar det tills ni börjar med åtgärden efter brandsläckningsarbete?
- Om det inte finns något krav på sprinklersystem, hur ofta installerar ni det?
 - Har ni speciella krav när det gäller träbyggnader och hur ofta installeras i en träbyggnad?
- Finns det något krav från försäkringsbolaget att installera sprinklersystem i en byggnad?
 - Är sådana krav iså fall kopplade till materialen (stomme/ytter) i huset?
 - Uppmanas ni till att installera sprinklersystem från försäkringsbolaget?
 - Har det hänt att ett försäkringsbolag har vägrat att teckna ett försäkringsavtal eftersom ni inte vill installera sprinklersystem?
 - Hur stor inflytande har ett försäkringsbolag över er (fastighetsbolag) när det gäller installation av sprinklersystem?
 - Får ni några ekonomiska fördelar i form av prissänkning av byggnadsförsäkring ifall ni installerar sprinklersystem?
 - Har ni fått några klagomål från hyresgäster efter vattenläckage, brandsläckningsarbete och felutlösning av sprinkler?