

Beständighet hos brandimpregnerat trä

En experimentell studie kring hur
beständigheten hos brandimpregnerat trä
förändras med naturlig åldring

Filip Engström & Hannes Psajd
BRANDTEKNIK | LTH | LUNDS UNIVERSITET



EXAMENSARBETE
Brandteknik

Beständighet hos brandimpregnerat trä

Filip Engström & Hannes Psajd

Lund 2024

Titel: Beständighet hos brandimpregnerat trä
Title: Permanence for fire retardant treated wood

Författare/Author: Filip Engström & Hannes Psajd

Report 5713
ISRN: LUTVDG/TVBB--5713--SE

Antal sidor/Number of pages: 97

Illustrationer/Illustrations: Samtliga illustrationer är gjorda av författarna där ej annat anges.

Sökord

Brandimpregnerat trä, Beständighet, ISO 5660–1, Euroclass, Konkallorimeter, ConeTools, Infraröd spektroskopi

Keywords

Fire retardant treated wood, ISO 5660–1, Permanence, Euroclass, Cone Calorimeter, ConeTools, Infrared spectroscopy

Abstract

This report explores the properties of fire-retardant treated wood. This report has investigated the permanence for this material as well as seeing if the process of accelerated aging, which are used to determine the life span of the material, can be comparable to natural aging. The methods used for this report have been a literature and interview study in addition to practical experiments. After have being exposed to natural weather conditions for weeks, tests were made using the testing method ISO 5660-1 in the Cone Calorimeter. The results showed a notable difference between the time to ignition and the total heat release rate for the samples that had been exposed in opposition to the non-exposed. Tests were also made using infrared spectroscopy to see the chemical “fingerprint” of the material. This also showed that the amount of fire retardant in the exposed material was lower than in the unexposed material. From these results it could be determined that a difference can be noticed in the material after just a few weeks of use. It can also be concluded that more research is needed on this subject.

© Copyright: Division of Fire Safety Engineering, Faculty of Engineering, Lund University, Lund 2024

Avdelningen för Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2024.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund
Sverige

www.brand.lth.se
Telefon: 046 - 222 73 60

Division of Fire Safety Engineering
Faculty of Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

www.brand.lth.se
Telephone: +46 46 222 73 60

Förord

Denna rapport togs i utbildningssyfte, som examination på brandingenjörsutbildningen på Lunds tekniska högskola. Detta projekt bedrevs under HT 2023 och är en del utav kursen ”Examensarbete i brandteknik”, VBRM01. Kursen omfattar 22,5 högskolepoäng. Syftet med kursen har varit att uppvisa den kunskap som har byggts upp under åren och även att utveckla nya färdigheter inom det akademiska tänkandet. Kursen syftar även till att utveckla förmågan att behandla en frågeställning på ett ingenjörsmässigt och självständigt sätt. Ett godkänt i kursen VBRM01 är ett krav för att erhålla en brandingenjörsexamen.

Vi vill börja med att rikta ett stort tack till Konrad Wilkens som under arbetets gång har bidragit med stor kunskap och många bra idéer. Även ett tack till Nils Johansson som har hjälpt till med problem och utmaningar som uppstått på vägen. Ett stort tack till er båda!

Vi vill även passa på att tacka Emil Engelund Thybring. Utan hjälpen från Köpenhamns Universitet hade vi inte haft tillgång till en spektrometer och resultatet i rapporten hade inte haft samma tyngd. Stort tack!

Sammanfattning

Trä har på den senare tiden blivit ett populärt material att bygga med. En av anledningarna till detta är att trä har en låg miljöpåverkan eftersom det är ett förnybart material som genererar 42% mindre utsläpp än betong vid byggandet av en stomme. Men med det växande användandet av trä som byggnadsmaterial så ökar även riskerna för brand.

Det finns olika sätt att göra trä till ett brandsäkrare material. En av de vanligare metoderna är att impregnera träet med ett flamskyddande medel. Trots att det finns standarder i EU vad gäller beständighet så råder det fortfarande oklarheter inom branschen hur länge impregneringen faktiskt stannar i materialet innan det lakas ur. Tidigare studier som gjorts har visat att brandimpregnerat trä som har åldrats naturligt över en tioårsperiod inte har kvar några av sina brandskyddande egenskaper vilket strider emot de accelererande proverna som görs för att ett material ska bli godkänt. Det är dock svårt att svara på när denna urlakning sker. Sker det efter några år eller går det att påvisa att urlakningen av impregneringen redan sker efter några månader av exponeringen för väder och vind? Är det en jämn process som sker över flera år eller urlakas det snabbt i början och avtar med tiden? Med bakgrunden som utgångspunkt så syftade arbetet till att svara på följande frågeställningar:

- Hur förändras beständigheten gällande brandimpregnerat trä över tiden då materialet utsätts för naturliga väderpåfrestningar?
- Vilka är de mest påtagliga förändringarna hos träet vid brandtester i konkalorimeter och hur påverkar dessa förändringar materialets hållbarhet och brandskyddande förmåga?
- Hur väl går det likställa testmetoden för accelererad åldring med naturlig åldring för fasadmaterial i trä avsett till exteriört bruk?

För att undersöka detta så införskaffades värmebehandlat brandimpregnerat furu som placerades uppe på taket på V-huset på LTH:s område i Lund. Målet var att, under en period på 11 veckor, göra ett antal prover på det väderexponerade materialet och se om det går att påvisa en skillnad från det ej väderexponerade träet i dess flamskyddande egenskaper. Under denna period samlades också väderstatistik in för att kunna följa hur träet har påverkats av bland annat regn och solljus. Testmetoden som användes för att studera förändringarna för material vid brand följde standarden ISO 5660-1. Denna metod beskriver hur en liten provbit av materialet ska utsättas för en specifik strålningsintensitet i en konkalorimeter. För varje prov mättes bland annat tid till antändning och effektutveckling. För att sedan kunna prediktera vilken klass som träpanelerna skulle ha enligt Euroklass-klassificeringen så användes programmet ConeTools och resultaten från dessa jämfördes med den klass som materialet hade innan det exponerats för väder. På dessa provbitar utfördes även tester i en spektrometer för att kunna se en eventuell skillnad mängden impregnering i de olika materialen. Resultaten från samtliga tester jämfördes därefter för att se om någon skillnad kunde påvisas. Utifrån resultaten från de utförda testerna så går det att påvisa en skillnad på de brandskyddande egenskaperna på materialet efter exponering. Det går även att se tydliga nyansskillnader i träet som har exponerats för väder och vind jämfört med samma material som förvarats i en inomhusmiljö. Det gick även att se en skillnad i mängden impregnering i de olika materialen efter utförda tester i spektrometern. Resultaten från analysen i ConeTools visade att inget av testerna som utförts på väderexponerat material har bibehållit sin klass som innan de väderexponerats och i nästan alla fall hade materialet samma klass som vanligt värmebehandlat trä.

Studien ger vissa indikationer men det är svårt att generalisera resultatet brett. Därför kan det konstateras att ämnet kräver mer forskning. Både gällande den impregneringen som används och de tester som görs för det accelererade åldringen.

Summary

Wood has become a popular material for construction. One of the reasons for this is that wood has a low environmental impact as it is a renewable material that generates around 42% fewer emissions than concrete when used for a frame for a house. However, with the growing use of wood as a building material, the risks of fire also increase.

There are various ways to make wood a more fire-resistant material. One of the more common methods is to treat the wood with a flame-retardant substance so that it does not contribute to the spread of fire. Despite current EU standards regarding resistance, there are still uncertainties in the industry about how long the impregnation stays in the material before leaching out. Previous studies have shown that fire retardant treated wood, aged naturally over a ten-year period, loses its fire-resistant properties, contradicting accelerated tests conducted for material approval. Can it be demonstrated, then, that leaching of the treatment already occurs after a few months of exposure to weather conditions? With this background, the study aimed to answer the following questions:

- How does the durability of fire retardant treated wood change over time when exposed to natural weather conditions?
- What are the most noticeable changes in the wood during fire tests in a cone calorimeter, and how do these changes affect the material's durability and fire-resistant capabilities?
- How well can the test method for accelerated aging be equated with natural aging for exterior wood facade materials?

To investigate this, fire retardant treated wood was obtained and placed on the roof of the V-building at the LTH campus in Lund. The goal was to conduct several tests on the weather-exposed material over an 11-week period and determine if any differences could be observed compared to the untreated wood in its flame-retardant properties. Weather statistics were also collected during this period to track how the wood was affected by factors such as rain and sunlight. The test method used to study the changes in material during a fire followed ISO 5660–1 standard. This method exposes a small sample of the material to a specific heat flux in a cone calorimeter. Data, including time to ignition and heat release rate, were collected. Tests were also performed using a spectrometer to detect any differences in the amount of impregnation in the different materials. The results from all tests were then compared to see if any differences could be identified. To predict the Euroclass classification of the wood panels, the program ConeTools was used, and the results were compared with the classification the material had before exposure to weather.

Based on the results from the conducted tests, differences in the fire-resistant properties of the material after exposure could be demonstrated. Clear color differences in the wood exposed to weather conditions compared to the same material stored indoors were also observed. Differences in the amount of impregnation in the various materials were detected after tests using the spectrometer. From the results in the cone calorimeter fed into ConeTools, it could be seen that none of the tests conducted on exposed material kept their original classification, and in almost all cases, the material had the same classification as regular Thermowood.

The studies provide certain indications, but it is challenging to generalize the results broadly. Therefore, it can be concluded that the subject requires further research, both concerning the impregnation used and the tests conducted for accelerated aging

Innehållsförteckning

Förord	4
Sammanfattning	i
Summary	ii
1 Inledning	1
1.1 Syfte.....	2
1.2 Mål.....	2
1.3 Problemformuleringar.....	2
1.4 Avgränsningar och begränsningar.....	2
2 Bakgrund	3
2.1 Teori	3
2.1.1 Egenskaper hos trä	3
2.1.2 Egenskaper för brandimpregnerat trä.....	5
2.2 Byggregler och internationella standarder.....	7
2.2.1 Bakgrund.....	7
2.2.2 Svenska byggregler och krav	8
2.2.3 Generella internationella standarder	9
3 Tidigare forskning inom ämnet	16
3.1 Tester före och efter accelererad åldring.....	16
3.2 Jämförelse mellan obehandlat och brandskyddat trä	16
3.3 Egenskaper hos brandimpregnerat trä över en tioårsperiod	17
3.4 En jämförelse av accelererad åldring och naturlig åldring för olika brandimpregnerade paneler	17
4 Metod	18
4.1 Systematisk litteraturstudie.....	18
4.2 Enkätstudie.....	19
4.3 Beräknings- och predikteringsmodeller	19
4.3.1 Korrelation mellan konkalorimeterdata och parallella paneltester.....	19
4.3.2 ConeTools	21
4.3.3 T-test.....	21
4.4 Experimentell uppställning.....	22
4.4.1 Mätning av väderdata.....	22
4.4.2 Ställning för paneler	23
4.4.3 Förberedelser för provbitar	25
4.4.4 Planering av praktiska tester i konkalorimetern	26
4.4.5 Praktiska tester med konkalorimeter	28
4.4.6 Prediktering med ConeTools	29
4.4.7 Praktiska tester med hjälp av FTIR	29
4.4.8 Jämförelse och analys.....	32
5 Resultat	33
5.1 Resultat från enkätstudie.....	33
5.2 Experimentella resultat.....	35

5.2.1	Insamlad väderdata	35
5.2.2	Tester i konkalorimeter – Ej väderexponerat värmebehandlat trä.....	35
5.2.3	Tester i konkalorimeter – Ej väderexponerat brandimpregnerat trä	36
5.2.4	Tester i konkalorimeter – Väderexponerat brandimpregnerat trä.....	39
5.2.5	Resultat från ConeTools	41
5.2.6	Resultat från ANSI/FM 4880 beräkningar	43
5.2.7	Resultat från FTIR tester	46
6	Analys.....	48
6.1	Analys av väderdata.....	48
6.2	Analys av resultat från konkalorimetern	48
6.2.1	T-test analys av resultat från konkalorimeter	50
6.3	Analys av ANSI/FM 4880 beräkningar	51
6.3.1	T-test analys av resultat på ANSI/FM beräkningar	52
6.4	Analys av resultat från spektrometern	52
7	Diskussion.....	54
7.1	Metod.....	54
7.1.1	Litteraturstudie	54
7.1.2	Enkätstudie	54
7.1.3	Experimentell metod	54
7.2	Enkätstudie.....	55
7.3	Väderdata och åldring av trä.....	56
7.4	Ingående data för provbitar till tester	56
7.5	Praktiska tester i konkalorimeter.....	57
7.6	ConeTools.....	59
7.7	Beräkningar enligt ANSI/FM 4880	60
7.8	Praktiska tester i spektrometer.....	60
7.9	Byggnadsregler och krav.....	61
7.10	Osäkerheter och begränsningar.....	61
8	Förslag till framtida studier.....	63
9	Slutsats.....	64
10	Litteraturförteckning	65
Bilaga A – Resultat från Väderdata		68
Bilaga B – Resultat från konkalorimeter.....		69
B:1	– Kurvor för HRR.....	69
B: 1:1	– Ej väderexponerat värmebehandlat trä	69
B: 1:2	– Ej väderexponerat brandimpregnerat trä	70
B: 1:3	– Väderexponerat brandimpregnerat trä	76
Bilaga C – Resultat från FTIR tester.....		81
Bilaga D – Resultat från enkätstudie.....		83

1 Inledning

Trä har på senare år blivit ett alltmer populärt material att bygga med. Detta på grund av att trä har många fördelar. Dels har trä en låg vikt vilket förenklar hantering och byggteknik, dels så kräver det endast en femtedel av transportkapaciteten jämfört med många andra byggmaterial (1). Det finns även forskning som nämner att byggandet av en trästomme släpper ut 42% mindre koldioxidekvivalenter än byggandet av en jämförbar betongstomme (2). Eftersom trä också är ett förnybart material har det även många fördelar kopplat till långsiktig hållbarhet såsom motverkande av växthuseffekten. Detta innebär att det inte sker någon förbrukning av ändliga råvaror. Det finns även många positiva aspekter kopplat till motverkan av brandspridning. Om en träyta exponeras för en låga kommer träet att antända. Inträngningen sker dock relativt långsamt på grund av det kolskikt som bildas och agerar, givet att det sitter kvar, som ett värmeisolerande skydd. Detta gör att träet behåller sin hållfasthet relativt långt in i brandförloppet jämfört med vissa andra byggmaterial som exempelvis stål (3).

Det finns dock fortfarande många frågor kopplat kring byggande med trä som basmaterial, framför allt när det kommer till höga byggnader. Framför allt gå det att konstatera två tydliga utmaningar. Det första är att en byggnad i trä kan bli så lätt att den kan ha en tendens att svaja längst uppe i toppen. Det andra är kopplat till hur mycket brandskydd som krävs och hur säkerheten kan garanteras kopplat till den byggnadsnorm som finns i Sverige idag (4).

Byggnader som uppförs i byggnadsklass Br1 har många olika krav på sig kopplat till brandsäkerhet. Ett utav dessa krav gäller materialet i fasaden. För att kunna säkerställa att en brand eller flamma inte kan sprida sig via byggnadens fasad och på så sätt orsaka stora skador, måste denna uppfylla de krav som ställs på fasaden. I Sverige ställs det krav på fasaders ytskikt utifrån standarden Single Burning Item SBI (5). Det finns även en testmetod kallad SP FIRE 105 som blivit en standard i Sverige. Denna har tagits fram av SP, nuvarande RISE, och har utformats för att kunna säkerställa att materialet i fasaden inte bidrar till en potentiell brandspridning utan istället begränsar spridningen längs med fasaden (6).

Normalt är det inte möjligt för obehandlat trä att klara de krav som ställs på en fasad enligt de nämnda testmetoderna. Ett av alternativen för att klara dessa krav är att i stället använda sig av obrännbara material. Exempel på obrännbara material är betong och tegel. Ett annat alternativ som på senare år blivit alltmer populärt är att använda sig av trä som behandlats för att klara de krav som ställs. Det finns olika sätt att göra trä till ett brandsäkert fasadmaterial. De främsta tillvägagångssätten är brandimpregnering av trä, användning av obrännbara paneler och brandskyddsmålning (7). Brandimpregneringsprocessen går till så att obehandlat trä behandlas med impregneringsmedel i en tryckprocess som får medlet att tränga in djupt i träets cellstruktur. Hos obrännbara paneler handlar det snarare om att skydda träet genom ett yttre skikt av obrännbart material såsom exempelvis gipsskivor. Tredje tillvägagångssättet är att brandskyddsmåla trä. Detta är ett mer prisvärt sätt att göra trä mer brandbeständigt på och fungerar genom målning av trä materialet med en färg som är beständig mot brand (7).

I branschen finns en del frågor kopplat till beständigheten hos framför allt brandimpregnerat trä. Det finns förvisso EU-standarder som ställer krav på beständigheten och dessa godkänns genom en accelererande åldrings- och hygroskopisk process som tillämpas enligt klass EN 16755 (8). Det finns dock inget tydligt fortlöpande arbete med att säkerställa att beständigheten är densamma över tiden. Detta gör att det går att ifrågasätta om det borde implementeras något typ av systematiskt uppföljningsarbete för att säkerställa att kraven

fortfarande uppfylls. Det finns även frågor i branschen gällande byte av fasaden när den sagda tiden för impregneringens beständighet har överskridits. Ska då hela fasaden på byggnaden bytas ut eller ska den åter impregneras eller målas om? Men den viktigaste frågan kvarstår. Går det att garantera ett säkert brandskydd med brandimpregnerat trä efter år av naturlig åldring?

1.1 Syfte

Syftet med arbetet är att utvärdera beständigheten hos brandimpregnerat trä genom att utsätta materialet för naturliga väderförhållanden. På så sätt kan det undersökas hur materialets egenskaper förändras och om dess brandskyddande egenskaper bibehålls eller försämras med tiden.

1.2 Mål

Målet med detta arbete är att genomföra en experimentell studie av brandimpregnerat trä. Genom att analysera förändringar i materialets brandegenskaper efter en viss tidsperiod strävas det att sprida kunskap och förståelse kring åldring av brandimpregnerat trä och hur väl det håller över tid.

1.3 Problemformuleringar

Nedan listas de problemformuleringarna som rapporten har för syfte att svara på.

- Hur förändras beständigheten gällande brandimpregnerat trä över tiden då materialet utsätts för naturliga väderpåfrestningar?
- Vilka är de mest påtagliga förändringarna hos träet vid brandtester i konkalorimeter och hur påverkar dessa förändringar materialets hållbarhet och brandskyddande förmåga?
- Hur väl går det likställa testmetoden för accelererad åldring med naturlig åldring för fasadmaterial i trä avsett till exteriört bruk?

1.4 Avgränsningar och begränsningar

Testerna kommer endast undersöka material som uppfyller brandprovet SP Fire 105. En avgränsning gjordes till att endast undersöka det som faktiskt utgör godkänt fasadmaterial på byggnader i byggnadsklass Br1.

- Med begränsning av tid kommer inte egna prover med längre exponeringstid än tre månader att användas.
- Materialet har bara varit placerat på en plats (Lund) under en årstid (höst).
- Rapporten kommer endast att undersöka en sorts brandimpregnerat trä och inte brandskyddsmålat trä.
- Rapporten kommer inte ha som syfte att utvärdera de testmetoder som finns gällande beständighet för brandimpregnerat trä. Det kommer redovisas hur dessa tester går till men en djupare utvärdering kommer inte att göras.
- Studien kommer endast utvärdera en typ av impregneringsmedel. Det finns olika typer av impregneringsmedel som används men med bristande tid och tillgång valdes det att endast undersöka en typ av material.

2 Bakgrund

2.1 Teori

I detta kapitel ges en sammanfattning för den grundläggande teorin och viktiga begrepp som innefattas av och bygger upp denna studie och de metoder som används. Kapitlet syftar till att ge läsaren, som tidigare inte innehar några kunskaper om området, bättre förståelse för rapporten och dess innehåll.

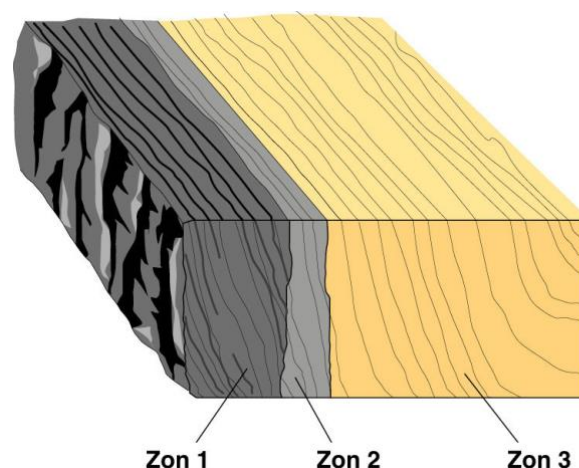
2.1.1 Egenskaper hos trä

I följande kapitel så kommer grundliga egenskaper för trä att definieras och redogöras för.

2.1.1.1 Förbränning av trä

Eftersom detta arbete fokuserar på att utvärdera beständigheten hos brandimpregnerat trä så är det en grundlig förutsättning att förstå hur förbränningsprocessen ser ut för ett material av trä. Trä kan beskrivas som ett kolbildande, poröst och fast material. När trä exponeras för värme i form av en brand stiger temperaturen i materialet. Eftersom trä alltid innehåller en viss del fukt så börjar detta vatten avdunsta när temperaturen överstiger 100°C. Termisk nedbrytning börjar vid 200–250°C (9). De ämnen som bildas vid förbränningen består av en blandning av gaser och tjära. Dessa rör sig i första hand genom materialet, mot den exponerade sidan. De avdunstar sedan och blandar sig med den omgivande luften. De brinner då med en lysande flamma. I närvaro av lågor så sker oftast antändning av trä vid 300–360°C (9).

Självantändning varierar mellan allt från 200°C till 530°C (9). En faktor som påverkar är värmestrålningen. Trots att trä är ett brännbart material så kan konstruktioner gjorda i trä ha bra skyddande egenskaper mot brand. Detta är på grund av det skyddande kolskikt som bildas. Kolskiktet minskar värmeöverföringen in i träet och skyddar det underliggande träet. Hastigheten på förkolningen är en fysikalisk egenskap och den beror bland annat på träets fuktkvot, fiberriktning och densitet. Förkolningshastigheten kan variera mellan 0,5 och 2,0 mm/min (9). En annan viktig faktor är skiktet direkt bakom kolskiktet. På grund av förbränningen som sker så kan detta skikt få en reducerad hållfasthet. Figur 1 nedan visar de olika skikten i en träbit vid förbränningsprocessen. Zon 1 är kolskiktet. Zon 2 är pyrolyszonen och Zon 3 är det opåverkade träet.



Figur 1, Bild som visar de olika skikten i trä vid förbränningsprocessen. Bilden är hämtad från (10) men modifierad av författarna.

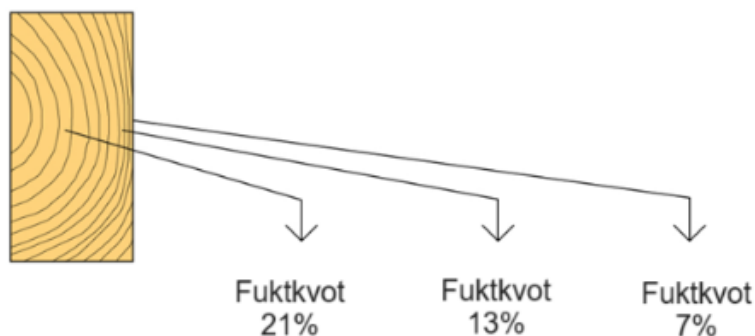
2.1.1.2 Värmebehandlat trä

Vid byggande med trä så finns det många fördelar kopplat till både miljö, hållbarhet och estetik. Trä har dock precis som alla material en del svagheter, främst vad gäller röta och svampbildning vid fukt. En metod som utvecklats för att motverka dessa faktorer är att värmebehandla trä, som idag med en vanligare benämning kallas för Thermowood® (11). Utöver ökad motståndskraft mot röta och svamp så ökar även formstabiliteten. Träet får en bättre isoleringsförmåga och det minskar även sprickbildningen i materialet. Metoden går till så att materialet värms upp till 212°C, för att sedan få svalna (11). Uppvärmning avslutas innan materialet hinner förkolnas, vilket i slutändan ger träet en gyllenbrun färg. Slutprodukten blir då en produkt som passar utmärkt att använda för utomhusbruk i bland annat fasader och trädeck. Utöver de fördelarna som nämndes tidigare så är detta ett miljövänligt tillvägagångssätt som inte kräver några kemikalier och livslängden på materialet förlängs även genom denna process. Denna metod resulterar dock endast i det som kallas för värmebehandlat trä. För att en träprodukt ska få lov att användas i till exempel exteriör fasad så kan det behöva ha en högre brandskyddsklassning i enlighet med Euroklass-skalan än vad vanligt trä har. Detta beror på flera faktorer, inklusive antalet våningsplan i en byggnad, förekomsten av ett sprinklersystem och om fasadkonstruktionen har genomgått särskilda brandprover (12). Detta kan uppnås genom antingen brandimpregnering eller brandskyddsmålning. I föreliggande studie så är det värmebehandlat och brandimpregnerat trä som kommer att undersökas.

2.1.1.3 Varierande fuktkvot

Eftersom trä är ett hygroskopiskt material varierar dess fuktkvot beroende på omgivningens temperatur och fuktigheten i luften (13). Fuktkvot definieras som kvoten av vattnets vikt i fuktigt tillstånd och vikten hos materialet när det är uttorkat. Trä strävar hela tiden efter att vara i jämvikt med omgivningens klimat och anpassar sig därför efter den relativa fuktigheten i luften. Detta resulterar i att träet under olika årstider besitter olika fuktkvotshalter. Fuktkvoten är generellt som lägst under sommaren (11–15%) och högst på vintern (19–23%) (13).

Fuktkvoten varierar inte bara hos olika virkesstycken utan även mellan olika tvärsnitt i ett och samma stycke. Det innebär att ytfuktkvoten generellt är lägre än fuktkvoten i mitten av virket. Exempel på hur det kan variera mellan olika delar av virket redovisas i figuren nedan.



Figur 2. Fuktkvot i olika delar av ett virkesstycke efter torkning. Bilden är hämtad från (13) men modifierad av författarna.

2.1.1.4 Förvaring av trä för utomhusbruk

För att se till så att materialet är i så bra skick som möjligt när det ska installeras i fasad så är det viktigt att det tas väl hand om under tiden mellan tillverkning och försäljning. Träet ska bland annat placeras utan direktkontakt med mark. Produkten bör inte heller utsättas för väder och vind innan den placeras på fasad. För att bevara högsta kvaliteten ska virket hållas skyddat mot nederbörd, UV-strålning, smuts och markfukt (14). Detta uppfylls genom att:

- Virket placeras på plan mark, helst bestående av asfalt eller grov makadam för att slippa risk för att smuts stänker upp från marken.
- Virket placeras ovanpå ett flertal underslag för att slippa direktkontakt med mark och risk för att vatten kommer i kontakt med virket från marken. Rätt mängd underslag förhindrar även virket från att böjas.
- Se till att luft kan cirkulera runt virket.

2.1.2 Egenskaper för brandimpregnerat trä

I följande kapitel så kommer grundliga egenskaper för brandimpregnerat trä att definieras och redogöras för. Kapitlet går bland annat igenom vad impregneringsmedlet kan innehålla samt hur impregneringsprocessen går till.

2.1.2.1 Brandimpregneringsmedel

De typer av aktiva kemikalier som ofta förekommer i olika brandimpregneringsmedel inkluderar: Vattenlösliga kemikalier, kemikalier med låg löslighet i vatten och kemikalier som binder eller på annat sätt fäster vid träets cellulosa. Dessa kemikalier innehåller oftast fosfor, kväve, bor och kisel. Traditionella exempel på aktiva kemikalier är ammoniumfosfater, ammoniumsulfat och borsyra.

Brandskyddsmedlet som använts i detta arbete är godkänt att användas både interiört och exteriört och består av en vattenhaltig lösning av brandbeständiga kemikalier. Tabellen nedan redovisar förhållandet av trä respektive brandimpregneringsmedel vid impregneringsprocessen.

Tabell 1. Mängd av respektive kemikalie för material som testats i denna studie.

Kemikalie	Innehåll %
Trä (huvudsakligen barrträ, ex. furu)	87–94%
Polymeriserad harts av kväve-fosforkomplex	5–12%
Övriga kemikalier	<1%

2.1.2.2 Impregneringsprocessen

Vid brandimpregneringsprocessen tillförs brandskyddsmedel djupt in i träets cellstruktur under vakuumtryck. Det gör att samtliga sidor och inre delar av träet får brandskyddande egenskaper. En jämförelse kan dras med brandskyddsmålning som endast innebär att det yttre skiktet av träet får brandskyddande egenskaper. Med hjälp av brandimpregnering kan träet utstå yttre mekanisk påverkan utan att behöva förlora sin brandskyddande förmåga (15). Träet behöver genomgå en relativt omfattande behandling för att uppnå de egenskaper som nämnts ovan. Mängden brandskyddsmedel som injiceras i träslaget varierar och beror på målet med den slutgiltiga produkten. Vanligtvis handlar det om 2–15 viktprocent brandskyddsmedel som blandas in djupt i materialet och i träets cellstruktur. Antalet viktprocent kan variera mellan olika paneler som genomgått en och samma impregneringsprocess vilket även resulterar i en varians hos olika panelers brandskyddande

förmåga efter impregnering. Detta har till stor del att göra med att träets fuktupptagningsförmåga varierar mellan olika delar av ett virkesstycke, se 2.1.1.3.

En bieffekt som kan uppstå med behandlingen är att träprodukter, som tidigare var bearbetade genom hyvling och sågning, kan undergå mindre förändringar som resulterar i en viss grad av krokighet eller snedvridning jämfört med obehandlat trä. Kvaliteten på den ursprungliga träprodukten har dock en direkt inverkan på slutresultatet av behandlingen. Detta beror bland annat på att olika träslag har olika bra upptagningsförmåga av vatten beroende på träets olika egenskaper, såsom dess densitet (16). Detta innebär att ju högre kvalitet träprodukten har från början, desto bättre blir det slutliga resultatet av impregneringsprocessen.

Brandimpregneringsprocessen börjar med att träet blöts ned i ett tryckkärl med en blandning av vatten och brandimpregneringsmedel, för att sedan torkas ordentligt. Denna behandling kan orsaka dimensionsförändringar i träet vilket kan variera beroende på träslaget som används. Dessa dimensionsförändringar kan inträffa även inom samma kvalitetssortering vilket gör det särskilt viktigt att kontrollera varje enskild del efter processen. Trä som behandlas med detta medel genomgår en 6-steps process enligt nedan (17):

1. **Placering i kärl:** Det obehandlade träet placeras noggrant inuti ett behandlingskärl, vilket är en kontrollerad miljö utformad för brandimpregneringsprocessen.
2. **Vakuüm:** Ett vakuüm skapas inuti behandlingskärlet. Detta steg är avgörande eftersom det hjälper till att skapa en gynnsam miljö för den efterföljande behandlingen.
3. **Injektion av brandhämmande medel:** Medlet introduceras i behandlingskärlet.
4. **Tryckprocess:** Trycket byggs upp i kärlet för att tvinga medlet djupt in i träfibrerna. Denna tryckprocess säkerställer att medlet tränger igenom träet ordentligt och ger ett effektivt brandskydd.
5. **Överskottsborttagning:** Efter tryckprocessen tas överskottet av medlet bort från behandlingskärlet. Detta görs vanligtvis genom att dränering av överskottet av lösningen, och sedan tillämpas ett slutligt vakuüm.
6. **Kiln-process:** Det behandlade virket utsätts för en kiln-process. Detta är en torkningsprocess som sker i en kammare med kontrollerad luftcirkulation, relativ fuktighet och temperatur (18). Detta hjälper till att ytterligare fästa medlet i träet och säkerställa att det är ordentligt behandlat och redo för användning i exteriöra tillämpningar. Kiln-processen hjälper också till att förebygga problem som snedvridning (18).

2.1.2.3 Förbränning av brandimpregnerat trä

De vanligaste och mest välkända metoderna för brandskydd av trä handlar om att ändra pyrolysvägen av träet. Träet behandlas då med ett medel som förstärker pyrolyreaktionen av cellulosa vilket leder till ökad förkolning. I ett idealt fall skulle det leda till att cellulosa sönderdelas helt till kol och vatten. I praktiken minskar brandskyddsmedlet mängden brännbara pyrolyprodukter vilket därmed leder till att förbränningseffektiviteten reduceras (19).

Brandskyddsmedlet reagerar ofta med hydroxylgruppen som är knuten till den sjätte kolatomen i cellulosan, vilket slutligen leder till stabilisering genom bildandet av en dubbelbindning mellan den femte och sjätte kolatomen. Vanliga ämnen som läggs till är ammoniumsalter som sönderfaller vid värme och producerar fosfor- eller borsyra (19).

Ett brandskyddsmedel kan också sakta ner pyrolysreaktionen och stabilisera de kemiska strukturerna i trä mot nedbrytning. Aluminiumsulfat är ett exempel som skapar bindningar mellan cellulosaamolekyler vid förhöjda temperaturer, vilket förhindrar termisk nedbrytning. En del av de brandskyddsmedel som ändrar pyrolysen minskar också efterglödning, borsyra är ett sådant exempel. Medel som är effektiva mot efterglödning kan öka bildningen av kolmonoxid vilket i sin tur minskar den frigjorda värmen (20). Sedan finns det även de ämnen som ökar efterglödning, som exempelvis boratsalter (19).

2.2 Byggregler och internationella standarder

Nedan presenteras några av de standarder och metoder som används för att klassificera byggprodukter i Europa och som innefattar grundläggande kunskap kring materialet som undersöks i detta arbete.

2.2.1 Bakgrund

År 1989 så publicerade EU-kommissionen byggproduktivet (CPD) (89/106/EEG). Ett av de främsta skälen till uppkomsten av dessa direktiv var att underlätta den fria handeln i EU genom att harmonisera en rad provningsstandarder stället för att olika länder skulle ha egna individuella krav på byggprodukter. Dessa ersattes sedan år 2011 av byggproduktivet (CPR) (305/2011) men hade fortfarande samma funktion (21). I denna förordning återfinns sex krav som ställs på byggnader i EU. Ett av dessa krav syftar till säkerheten i en byggnaden i händelse av brand. Dessa listas nedan.

- Byggnadsverkets bärförmåga kan antas förbli intakt under en bestämd tid.
- Uppkomst och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas.
- Brandens spridning till angränsande byggnadsverk begränsas.
- Personer som befinner sig i byggnadsverket kan lämna detta eller räddas på annat sätt.
- Räddningsmanskapets säkerhet beaktas (22).

För att tydligare kunna säkerställa att dessa krav uppfylls skapades ett system som benämndes som Euroklass-systemet, EN13501 (21). I denna standard klassificeras produkter med avseende på brandpåverkan. Materialen klassas från A-F där A1 och A2 är obrännbara material, B-E är brännbara klasser och F är den klassen som tilldelas otestade material. För klassningen skapades också en indikation på hur mycket brinnande droppar som materialet var benäget att avge samt mängden rök som bildades. För den producerade röken sattes klasserna s1-s3 och för de brinnande dropparna sattes klasserna d0-d2 (23). Som exempel så har vanligt obehandlat furu klassen D-s2,d0 och brandimpregnerat trä kan uppnå klassen B-s1,d0 (24).

Definition kring tilläggsklasserna d0-d2 och s1-s3 enligt EN13501 (21) redovisas nedan.

Tabell 2. Tilläggsklasser enligt EN13501 (21)

Rökproduktion	Brinnande droppar
s1: Materialet får avge mycket begränsad mängd brandgaser.	d0: Brinnande droppar eller partiklar får inte avges från materialet.
s2: Materialet får avge begränsad mängd brandgaser.	d1: Brinnande droppar eller partiklar får avges i begränsad mängd från materialet.
s3: Inget krav ställs på begränsad mängd brandgaser.	d2: Inget krav ställs på begränsning av brinnande droppar och partiklar.

Tabell 3, Tabell över de olika brandklasserna enligt Euroklass och vilka krav de ska uppfylla samt exempel på material (25).

Huvudklass	Rökclass	Droppclass	Krav på obrännbarhet	Exempel på produkt
A1	-	-	X	Sten, glas, stål
A2	s1, s2 eller s3	d0, d1 eller d2	X	Gipsskivor (tunt papper), mineralull
B	s1, s2 eller s3	d0, d1 eller d2	-	Gipsskivor (tjockt papper), brandskyddat trä
C	s1, s2 eller s3	d0, d1 eller d2	-	Tapet på gipsskiva, brandskyddat trä
D	s1, s2 eller s3	d0, d1 eller d2	-	Trä och träbaserade skivor
E	-	- eller d2	-	Vissa syntetmaterial
F	-	-	-	Uppfyller inte klass E

2.2.2 Svenska byggregler och krav

Byggnader som uppförs i byggnadsklass Br1 har högre skyddsbehov än andra byggnader. Detta omfattar de flesta husen som byggs mellan 3 och 16 våningsplan. I föreskrifterna som Boverket har gett ut kan fyra grundliga funktionskrav utläsas som ytterväggarna i dessa konstruktioner ska uppfylla (12). Dessa är följande:

1. Den avskiljande funktionen mellan brandceller ska upprätthållas
2. Brandspridning inuti väggen ska begränsas
3. Risken för brandspridning längs med fasadytan ska begränsas
4. Risken för personskador till följd av nedfallande delar av ytterväggen ska begränsas.

Denna studie kommer att fokusera på det tredje kravet som gäller brandspridning längs fasadytan. Detta krav går att uppfylla på två olika sätt. Antingen uppförs väggen i obrännbart material i klass A2-s1,d0, exempelvis betong eller tegel. Det andra alternativet är att fasadmaterialet uppfyller kravet genom ett storskaligt prov med provningsmetoden SP-FIRE 105 (12).

Vad gäller livslängd och beständighet så finns det inga tydliga krav på hur länge materialet i fasaden ska behålla sin brandbeständighet. Det finns inga krav i BBR som reglerar hur länge ett brandskydd ska hålla eftersom Boverkets byggregler endast syftar till att reglera hur byggnader ska byggas. När en byggnad väl har uppförts så är det i stället LSO (Lagen om Skydd mot Olyckor) som ställer krav på hur en byggnad ska underhållas i sitt brandskyddsarbete för att klassas som säker och godkänd. Det nämns i kapitel 2 §2 att en ägare eller nyttjanderättshavande ansvarar för att ”vidta de åtgärder som behövs för att förebygga brand och för att hindra eller begränsa skador till följd av brand” (26). Om detta uppfylls så är alltså materialet i fasaden godkänt för utomhusbruk och uppfyller kraven i LSO. Men vad exakt innebär detta? Hur påvisas att beständigheten fortfarande är hög över en lång period och hur avgör en ägare eller nyttjanderättshavande när det är dags att byta ut fasaden? Trots en ökad användning av trä i fasader är det frågor som anses vara obesvarade.

2.2.3 Generella internationella standarder

I denna del så presenteras ett par standarder som är relevanta för industrin vad gäller brandimpregnerat trä.

2.2.3.1 SS EN 13501-1:2019

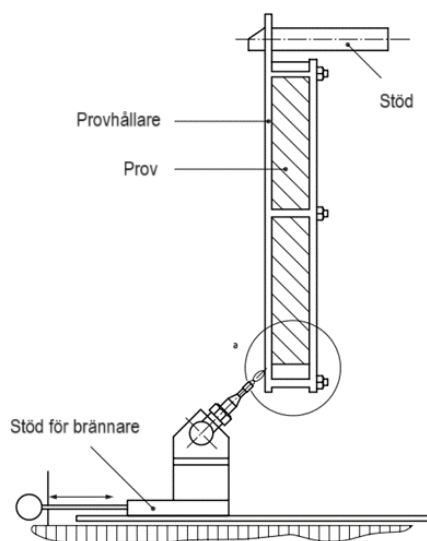
När en byggprodukt ska säljas i Europa finns det krav som säger att denna produkt måste provas, klassificeras och eventuellt CE-märkas i enlighet med den byggproduktförordningen som finns (27). Syftet med standarden är att definiera ett harmoniserat förfarande av klassificering av reaktion vid brandpåverkan av byggprodukter, Dess huvudsakliga mål är att bedöma hur dessa produkter reagerar vid exponering för brand. Tillämpningsområdet sträcker sig över olika byggkomponenter, material och system. Klassificeringen, som baseras på resultat från olika provningar, omfattar parametrar såsom antändlighet, brandspridning, samt bildning av rökproduktion och brinnande droppar.

Klassificeringen sker i enlighet med Euroklasserna som presenterades ovan. Detta klassificeringssystem används som ett informerande verktyg för att guida beslut vid val av material och konstruktioner i byggprojekt där olika krav ställs på bland annat fasadmaterial. Det möjliggör för användare att snabbt och tydligt bedöma och jämföra brandprestanda hos olika byggprodukter.

Det är viktigt att notera att standarder som denna kan uppdateras över tiden, varför det är av vikt att konsultera den senaste versionen för att säkerställa överensstämmelse och korrekt tillämpning.

2.2.3.2 SS EN ISO 11925-2:2020

En standard som används för att mäta byggprodukters antändlighet är SS EN ISO 11925-2:2020. Testet utförs i en provkammare där provet placeras vertikalt. Sedan, med hjälp av en mindre gaslåga, testas kant- och/eller ytantändningen med hjälp av en mindre gaslåga. Det som undersöks är tiden till antändning, om flammorna når den toppmarkering som markerats ut på provkroppen och andelen brinnande droppar som förekommer. Genom dessa resultat kan sedan en klassificering anges enligt Euroklass för materialet (27).



Figur 3. Typisk uppställning för provbit och brännare enligt SS EN ISO 11925-2:2020. Bilden är hämtad ifrån (28) men modifierad av författarna.

2.2.3.3 EN 13823:2020

En av de vanligare testmetoderna för att avgöra brandklass på produkter är den så kallade Single Burning Item-metoden, förkortat SBI. För denna testmetod så byggs ett hörn upp av det materialet som ska undersökas. En propanbrännare placeras i hörnet. Effekten på brännaren sätts till 30 kW vilket brukar jämföras med en mindre brand i till exempel en papperskorg. För att kunna analysera resultaten så samlas eventuella rökgaser upp i en huv som är placerad ovanför branden. För de uppsamlade gaserna så analyseras bland annat molfraktion av koldioxid och syre. Utöver det så analyseras även flödesberoende tryckskillnader, temperatur och ljusförsvagning med hjälp av sensorer (29). Från resultaten går det att avgöra vilken klass enligt Euroklass-systemet som materialet tillhör enligt tabell nedan.

Tabell 4. Resultaterande brandklass för olika FIGRA-värden

Huvudklass	FIGRA (W/s)
A1	-
A2	≤ 120
B	≤ 120
C	≤ 250
D	≤ 750
E	> 750
F	-

En viktig parameter för brandklass som redovisas i EN 13823 är FIGRA (Fire Growth Rate). FIGRA används för att utvärdera ett materials reaktion på brandegenskaper och beräknas genom ekvation 1 (29).

$$FIGRA = 1000 \cdot \max \left(\frac{HRR_{av}(t)}{t-300} \right) \quad \text{Ekvation 1}$$

Där

FIGRA är fire growth rate index (W/s)

$HRR_{av}(t)$ är medelvärdet av effektutvecklingen över 30 sekunder (kW)

t är tiden som avverkats från antändning (s)

Beroende på testets totala värmeutveckling kan FIGRA beräknas på två olika sätt som benämns FIGRA₀₂ och FIGRA₀₄. FIGRA₀₂ används då den totala frigjorda energin (THR) är över 0.2 MJ och FIGRA₀₄ för en total effektutveckling över 0.4 MJ. Nedan visas respektive kriterier för när de två parametrarna ska användas.

Tabell 5. Kriterier för FIGRA₀₂ och FIGRA₀₄ (25).

FIGRA ₀₂	FIGRA ₀₄
(HRR(t) > 3kW) och (THR(t) > 0.2 MJ) och (300s < t ≤ 1500s)	(HRR(t) > 3kW) och (THR(t) > 0.4 MJ) och (300s < t ≤ 1500s)

2.2.3.4 SS EN16755:2017

För att säkerställa en produkts brandbeständighet hålls över en längre tid så kan den provas enligt SS EN16755:2017 (30). Denna europeiska standard gäller för trä som har behandlats genom antingen brandskyddsmålning, brandimpregnering eller annan liknande brandskyddande beläggning. Enligt denna standard är SBI-metoden (Single Burning Item, EN 13823) den metod som föredras vid utvärdering kring ett trämaterials brandbeständighet före och efter åldring.

Materialets brandskyddande förmåga testas ur två olika synvinklar. Den första är att säkerställa att en för hög fukthalt i träet inte leder till att de brandhämmande egenskaperna i träprodukterna minskar och leder till ett försämrat skydd mot brand. Den andra aspekten innebär att kontrollera så träet inte tappar sitt brandmotstånd på grund av förlust av brandskyddsmedel genom urlakning av salter vid exteriört bruk. Om bibehållen brandklass kan påvisas enligt tabellen nedan så är produkten godkänd enligt SS EN16755:2017.

Utöver de krav som ställs på INT1 och INT2 så ställs även krav på brandklass efter väderexponering för EXT klassat trä. Där ställs krav på bibehållen brandklass efter väderexponering enligt EN 13501–1. Se Tabell 6.

Tabell 6. Bruksklasser för brandskyddat trä inomhus och utomhus (30).

Bruksklass		Brandklass	Prestandakrav vid slutanvändning av brandskyddat trä ^{a)}	
DRF Klass	Avsedd användning	Initial brandklass	Fuktegenskaper ^{b)}	Brandklass efter väderexponering
INT1	Torr, inomhus	Relevant brandklass	- Fuktkvot <28 % - Ingen utsöndring av vätska - Minimal urlakning av salt utan ökning på ytan	-
INT2	Fuktigt, inomhus	Relevant brandklass	- Fuktkvot <28 % - Ingen utsöndring av vätska - Minimal urlakning av salt utan ökning på ytan	-
EXT^f	Utomhus	Relevant brandklass	- Fuktkvot <28 % - Ingen utsöndring av vätska - Minimal urlakning av salt utan ökning på ytan	Bibehållen brandklass ^(c,d,e) efter: - Accelererad åldring - Naturlig åldring - Annan åldringsmetod

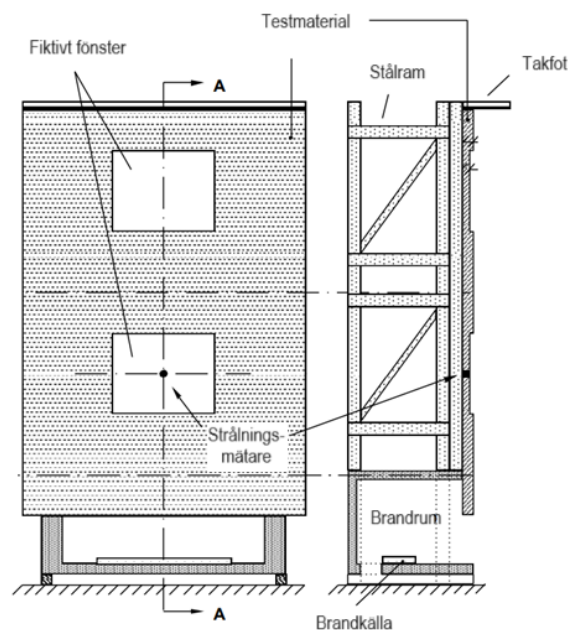
a) Uppfylls med en produkt som tillverkats med samma process och retention som given brandklass.

b) För INT2 vid (90 ± 5) % RH och (27 ± 2) °C. Klasserna INT2 och EXT är endast tillämpliga för produktappliceringsmängder mindre än eller lika med den högsta testade nivån. Träprodukter behandlade med högre mängd antas vara klass INT1.

- c) För EN 13823 ska de relevanta klassificeringskriterierna enligt EN 13501–1 användas. Minst samma klassificeringsnivå som initialt ska uppnås.
- d) Kriterier för småskalig brandtestning med konkalorimeter efter väderexponering (För nuvarande under revision och kan komma att ändras):
 Klass B-produkter (enligt EN 13501–1): Värmeavgivningshastighet, $HRR_{30s\ ave} \leq 150 \text{ kW/m}^2$ under 600 s efter antändning och Total Heat Release THR600s ökar med $<20 \%$ jämfört med brandtestning före väderexponeringen.
 Klass C-produkter (enligt EN 13501–1): $HRR_{30s\ ave} \leq 220 \text{ kW/m}^2$ under 600 s efter antändning och THR600s ökar med $<20 \%$ jämfört med brandprovning före väderexponeringen.
- e) För DRF-klass EXT gäller prestandaklassificeringen för hållbarhet vid brandreaktion endast för den typ av beläggningssystem (med en vanlig färg) som ska verifieras.
- f) Verifiering av DRF Klass EXT erhållen utan beläggningssystem (med en vanlig färg) gäller även för samma produkt belagd, förutsatt att beläggningen inte minskar reaktionen vid brand enligt 5.2.1.

2.2.3.5 SP Fire 105

Som nämnts i kapitel 2.2.2 så finns det krav från Boverket gällande bland annat brandspridning längs med fasadytan och fallande delar i byggnader som går under byggnadsklass Br1. Detta krav uppnås genom att material med obrännbara egenskaper används eller att materialet i fråga uppfyller de krav som ställs i provmetoden SP Fire 105. Detta är inte en europeisk standard utan endast ett krav som ställs i Sverige. Metoden bygger på ett fullskaligt experiment som utförs i RISE lokaler i Borås (6). För denna testmetod monteras materialet på en ramp som är 4 meter bred och 6 meter hög. Två fönster placeras också på ställningen för att iscensätta två olika våningar. Testet bygger sedan på att en övertändning sker i den undre lägenheten med hjälp av en brandkälla innehållandes 60 liter heptan. Under provtiden som varar i 17 minuter mäts bland annat strålningsvärme och om material från fasaden faller ned från rampen. Efter testet avgörs sedan om materialet uppfyller de krav som är satta. Om ett material godkänns uppfylla SP Fire 105 så är det godkänt att användas som fasadmateriell för byggnader i klass Br1 enligt Boverkets byggregler (12).



Figur 4. Provrigg för SP Fire 105. Bilden är hämtad från (6) men modifierad av författarna.

2.2.3.6 ISO 5660-1

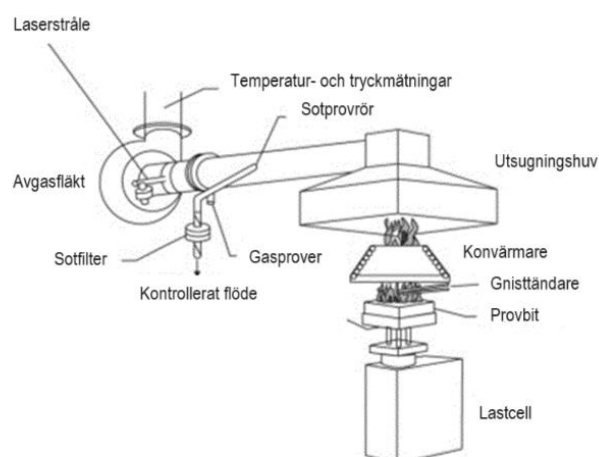
ISO 5660-1 är en brandteknisk modellering där en konkalorimeter används för att mäta olika parametrar för ett småskaligt brandförlopp (33). Med hjälp av denna metod kan ett brandförlopp efterliknas för provningar i större skalor, som exempelvis SBI (EN13823), se avsnitt 2.2.3.3. Vid provning enligt denna metod utsätts ett materialprov för en bestämd strålningsnivå vid 50 kW/m². Det går även att ställa in andra nivåer för den infallande strålningen men det efterföljer inte standarden. Provbiten som testas har en dimension på maximalt 10x10x5 cm³.

Testet inleds med att provbiten värms upp för att kunna avge pyrolysgaser som sedan antänds med hjälp av en tändare. Efter antändning mäts bland annat rökproduktion och effektutveckling genom de rökgaser och dess uppmätta syrgashalt som förs vidare in i en fläkt. Rökproduktionen mäts sedan kontinuerligt med ett lasersystem vid utsuget. Testet avslutas när provet har brunnit ut. Några av de viktiga parametrarna som mäts genom denna metod redovisas i tabellen nedan.

Tabell 7. Parametrar som mäts vid provning enligt ISO 5660-1

Parameter	Enhet
Effektutveckling	kW/m ²
Utvecklad energi	MJ/m ²
Massförlust	g/s
Rökproduktion	m ² /s

Konkalorimetern anses vara en av de bättre testmetoder som finns för att bedöma polymerers beteende vid brand (34). Metoden går ut på att mäta syrekoncentrationen i förbränningsgaserna som genereras när ett prov utsätts för en specifik infallande strålning. Denna strålning sätts vanligtvis inom intervallet 10 till 100 kW/m². Med hjälp av den uppmätta syrgaskoncentrationen kan egenskaper såsom effektutveckling tas fram för den provbit som testas. Detta typ av test är ett föremål för en internationell standard enligt ISO 5660-1. I figuren nedan illustreras anordningen för konkalorimetern.



Figur 5. Anordning för konkalorimeter. Bilden är hämtad från (34) men modifierad av författarna.

I konkalorimetertestet placeras en provbit med dimensionerna 10x10 cm² på lastcellen som visas i figuren ovan. Provets översida bestrålas jämnt av en konisk elektrisk strålvärmare och förbränningen initieras med en gnisttändare. De resulterande brandgaserna leds genom en värmekon och fångas upp med hjälp av ett kanalsystem som innehåller en avgasfläkt och en huv. Inuti kanalsystemet mäts gasflödet samt koncentrationerna av syre, kolmonoxid, koldioxid. Även rökdensiteten mäts med en laser.

Genom att analysera data från konkalorimetern under experimentet kan värdefull information ges om hur väl en provbit motstår eller bidrar till en brand. Detta gör det till ett värdefullt verktyg för att bedöma brandsäkerheten hos olika material.

2.2.3.7 ATSM D-2898 - Accelererad åldring

Produkter som används exteriört åldras naturligt till följd av påfrestningar såsom väderförhållanden och mekanisk påverkan. Accelererad åldring är en metod som används för att skynda på åldringsprocessen för att efterlikna naturlig åldring från regn och solljus. Detta görs på brandskyddat trä som ska hålla DRF klass EXT, se Tabell 6. Dessa accelererade vädertester definieras enligt standarden ASTM D-2898 (31). Vid accelererad åldring påfrestas materialet med perioder av bevattning för att sedan få torka och vila. Detta upprepas sedan regelbundet. Det finns två olika metoder för att uppnå accelererad åldring:

- Metod A: Proverna utsätts för tolv veckors separata konditioneringscykler. Varje vecka består av 96h vattenexponering och därefter 72h torkning vid 60° C. Detta motsvarar över 20 000 mm regn under en period på 12 veckor.
- Metod B: Proverna utsätts för 24h exponering med cykler bestående av 4h vattenexponering, 4h torkning, 4h vattenexponering, 4h torkning, följt av 8h vila. Torkningen sker i 66° C med kontinuerlig exponering för UV-ljus. Proceduren upprepas i 1000h.

I metod B ska UV-ljus fördelas jämnt över provets yta, med hjälp av sollampor av typen General Electric H275 RUV (275 W), Osram Ultra-Vitalox (300 W) eller motsvarande. Lampan ska monteras 66mm från provet och ska användas för en cirka 0.75 m² provbit.

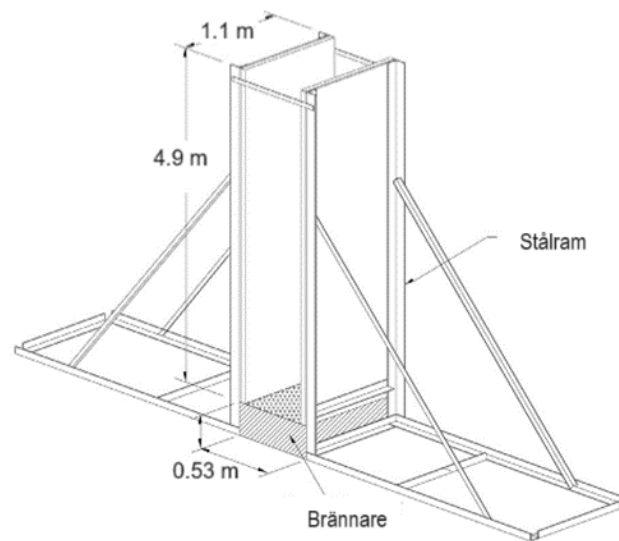
2.2.3.8 ANSI/FM 4880 (Amerikansk standard)

ANSI/FM 4880 behandlar brandtestning för väggpaneler som används vid olika byggnadskonstruktioner. Standarden ger riktlinjer för att kunna utvärdera brandmotståndet hos väggpaneler i olika scenarier, inklusive hörntester. Denna rapport har refererats till i detta arbete eftersom beräkningsmodellerna som används kommer att användas för att räkna ut olika relevanta brandparametrar, se kapitel **Error! Reference source not found.**

Traditionellt sett använde ANSI/FM 4880-standarderna höga hörntester. Även om hörntesterna simulerar realistiska scenarier så är dessa tester dyra att utföra och kräver omfattande mängder material och förberedelsetid. Därmed har det sedan 1990-talet forskats kring nya tester att utföra som skulle korrelera med hörnproven men samtidigt vara jämförelsevis kostnadseffektivt. År 2007 blev ”Parallel Panel test (PPT)” den nya testmetoden för standarden.

PPT är ett test där två vertikala paneler placeras parallellt mot varandra. En brännare av propan placeras sedan mellan panelerna så att botten av panelen är i kontakt med brännarens yta, se Figur 6 för uppställning enligt PPT. Under testets gång görs mätningar för att bland

annat se hur flammorna sprider sig längs panelerna och hur rökutvecklingen beter sig. Testet resulterar sedan i en klassificering av materialet utifrån dess förmåga att kunna motstå brand.



Figur 6. Uppställning enligt PPT. Bilden är hämtad från (32) men modifierad av författarna.

3 Tidigare forskning inom ämnet

I det här avsnittet kommer tidigare relevanta studier på ämnet att granskas och sammanfattas där fokus har varit att testa beständigheten och prestandan hos brandskyddat trä. Forskning inom detta ämne har blivit alltmer betydelsefull genom åren i och med de ökade intresset för trä som fasadmateriäl. Undersökning av tidigare forskningsstudier inom området kan ge ökad förståelse för de resultat som erhålls i detta arbete.

3.1 Tester före och efter accelererad åldring

I en rapport från 2002 undersöktes ett dussin olika brandskyddande träprodukter genom accelererad åldring för att påvisa dess beständighet efter en tids väderpåverkan (47). Totalt 12 olika tester utfördes på olika träprodukter varav fem av dessa var för utomhusbruk.

Produkterna provades före och efter åldringen och resultaten utvärderades.

I denna studie testades produkterna för olika typer av accelererad åldring. En av de metoder som användes var ASTM D-2898 som nämns i avsnitt 2.2.3.7. Tester av produkterna utfördes sedan genom konkalorimeter, genom liknande procedur som i detta arbete. De träslag som testades var gran, tall (furu) och björk. Resultaten visade på stor skillnad i maximal effektutveckling före och efter accelererad åldring. För testerna som utfördes före accelererad åldring ökade den maximala effektutvecklingen nästan linjärt och hade ett maxvärde efter 1400 sekunder på omkring 75 kW/m². Efter accelererad åldring var den maximala effektutvecklingen på allt ifrån 160 kW/m² till 225 kW/m², på mindre än 50 sekunder. Effektutvecklingen hade alltså efter accelererad åldring ökat markant på samtliga tester. För de brandimpregnerade produkterna var samtliga i Euroklass B innan exponering och C/D efter exponering. I rapporten nämns att samtliga testpaneler utsattes för kraftig urlakning och att detta kan vara den dominerade faktorn till varför panelerna tappat sin beständighet. Slutsatsen från denna rapport var att det fanns ett behov av produktutveckling för brandimpregnering av träprodukter.

3.2 Jämförelse mellan obehandlat och brandskyddat trä

År 2003 skrev Lazaros Tsantaridis en doktorsavhandling som publicerades av KTH (Kungliga tekniska Högskolan). I denna studie var målet att undersöka hur olika byggnadsmaterial reagerar vid händelse av brand (48). Studien genomförde tester i konkalorimetern och genom dessa resultat gjordes en prediktering för tiden till antändning i ett fullskaligt rumsförsök. Lazaros undersökte även parametrar såsom värmeutveckling och rökutveckling. Det som kunde konstateras utifrån dessa försök var att det brandimpregnerade träet hade en längre tid till antändning än dess icke-impregnerade motsvarighet. I vissa av försöken skedde inte ens en antändning hos de brandimpregnerade proven i konkalorimetern. Ett annat utav resultaten som kunde konstateras var att effektutvecklingen för de brandimpregnerade testerna var mycket lägre. Sammanställda data visar att i alla undersökta parametrar så presterar det brandimpregnerade provet bättre än den obehandlade. Något som Lazaros också konstaterar är att ämnet kräver mer forskning och studier. I doktorsavhandlingen presenterades ett resultat som tydligt visar hur de brandimpregnerade proverna presterade bättre än de obehandlade motsvarigheterna.

3.3 Egenskaper hos brandimpregnerat trä över en tioårsperiod

År 2016 så publicerades en studie av Birgit Östman som undersökte den långvariga beständigheten för brandimpregnerat trä (49). Studien undersökte beständigheten genom att paneler placerades och exponerades för väderförhållanden. Panelernas exponeringstid varierade från allt till ett år exponeringstid till tio år. Det utfördes tester i enlighet med ISO 5660-1 vid 50kW/m² och tiden till övertändning predikterades sedan i en rumsbrand via en modell som de själva tagit fram, kallad Träteck-modellen. I rapporten presenterades inga grafer över testerna från ISO 5660-1 utan endast den predikterade tiden till övertändning. Slutsatsen som kunde konstateras från denna studie var att brandimpregnerat trä som har exponerats för väderförhållanden tappar en del av sin motståndskraft för brandpåverkan och för de panelerna som exponerats i tio år så fanns ingen skillnad i flamskyddande egenskaper jämfört med icke impregnerat material. Den predikterade tiden till övertändning var betydligt kortare för panelerna som väderexponerats i tio år än de som utsatts för en accelererad åldring till att motsvara samma tid. Det kunde även utläsas skillnader i beständigheten för de paneler som endast suttit uppe i några år. Med detta resultat konstaterades det att mer forskning krävs gällande detta ämne.

3.4 En jämförelse av accelererad åldring och naturlig åldring för olika brandimpregnerade paneler

En annan studie publicerades i maj 2016 av Birgit Östman and Lazaros Tsantaridis (50). Denna studie fokuserade på att testa panelers brandskyddande förmåga före och efter accelererad åldring i jämförelse med naturlig åldring. De accelererade testerna var i enlighet med dåvarande CEN/TS 15912, vilket idag motsvarar SS EN16755:2017, se avsnitt 2.2.3.4. Vid naturlig åldring var panelerna exponerade både vertikalt (90 grader) och med en 45 graders lutning.

Resultatet av denna studie var att reaktionen på brandskyddsförmågan minskas både efter accelererad åldring och naturlig exponering för de flesta brandimpregnerade produkterna. Endast några få produkter bibehöll en hög brandskyddsförmåga. Den bästa prestandan visade sig återfinnas vid höga nivåer av brandskyddsmedel och för de med färg som ett skyddande ytbeläggning. De övriga brandimpregnerade produkterna var nästintill nedbrutna efter 10 års exponering. För produkter med lägre andel brandskyddsmedel och lägre initial brandklass lyckades inte brandskyddsförmågan utvärderas. Det fastslog även att den accelererade åldringen i detta fall verkade vara ekvivalent med max fem års naturlig exponering.

Några av slutsatserna från denna studie var:

- Brandhämmande behandlingar kunde förbättra brandskyddsegenskaper hos trä, och få träet att uppnå högsta brandskyddsklassificeringen. Dock visade sig att brandskyddsförmågan hos vissa ursprungliga brandimpregnerade produkter försämras över tiden, särskilt de för exteriört bruk.
- Brandskyddsegenskaperna hos brandimpregnerat trä kunde bibehållas efter accelererad och naturlig åldring om mängden brandskyddsmedel var tillräckligt hög, men flera av produkterna testade förlorade större delen av sina förbättrade brandskyddsegenskaper under väderpåverkan.
- Målningsystem bidrog avsevärt till bättre väderskydd och rekommenderades för att kunna bibehålla brandskyddsförmågan vid exteriöra tillämpningar.

4 Metod

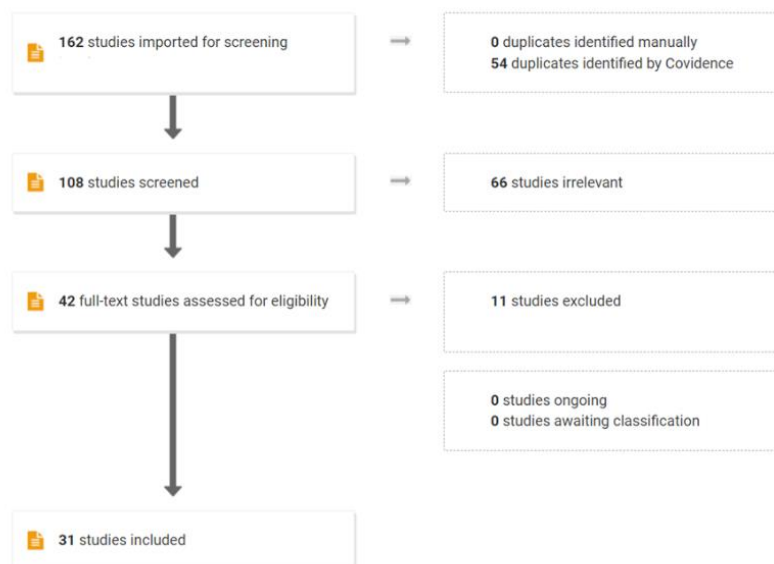
I följande kapitel presenteras arbetets metod. Denna bestod till av en systematisk litteraturstudie, en enkätstudie samt en experimentell studie.

4.1 Systematisk litteraturstudie

Under den första delen av arbetet genomfördes en grundlig systematisk litteraturstudie. Denna utgör bakgrunden som rapporten kommer att bygga på och syftar till att skapa en helhetsförståelse kring vad för typ av frågor som finns i branschen gällande ämnet och de utmaningar som finns gällande brandimpregnerat trä. Litteraturstudien innefattade vetenskapliga artiklar, studier och böcker som främst har hämtats från LUBsearch och Google. Relevant fakta samlades in för att definiera fundamentala begrepp som är aktuella för att kunna genomföra studien.

En del av litteraturstudien går igenom hur själva materialet impregneras och hur testerna kring brandimpregnering går till. Detta är något som varit en grund till arbetets fortgång med avseende att öka förståelsen kring hur ytskiktsskrevet som ställs på materialet enligt SBI kan säkerställas. Den andra delen syftade till att undersöka tidigare studier som gjort på brandimpregnerat trä och dess beständighet.

Programmet Covidence har använts för att systematiskt ta fram relevanta källor till arbetet. All litteratur som tagits fram via LUBsearch och Google har importerats till Covidence. Därefter har varje källa analyserats vidare för att kunna exkludera de källor som inte varit relevanta för detta arbete. Nedan presenteras en sammanställning av resultatet från litteraturstudien. Sammanlagt har 162 källor importerats till Covidence, varav 54 källor sorterades bort direkt som dubletter. Av de 108 resterande källorna lästes titel och sammanfattning för att se vilka källor som var relevanta för just detta arbete. 66 källor valdes därmed bort. Till slut hade 42 källor tagits fram för att en full-text analys. I slutändan valdes 31 av dessa 42 som relevanta i detta arbete. I kapitel **Error! Reference source not found.** presenteras ett urval av de studier som hittats och den forskning som tagits fram.



Figur 7. Sammanställning av litteraturstudie från Covidence

4.2 Enkätstudie

En annan del av arbetet syftade till att göra en mindre enkätstudie. Syftet med dessa intervjuer har varit att öka förståelsen kring de frågeställningarna som finns kopplat till brandimpregnerat trä och hur det påverkar det dagliga arbetet med fasadmaterialet. Frågorna ställdes i ett formulär som skickades ut på mejl till respondenterna. En sammanställning gjordes efter att svaren samlats in. Övervägande del av respondenterna har varit konsulter men även forskare kring trä har varit delaktiga i enkätstudie. De frågorna som ställdes med tillhörande svar sammanfattas och redovisas i resultatet för rapporten. De fullständiga svaren finns att läsa i appendix D.

4.3 Beräknings- och predikteringsmodeller

4.3.1 Korrelation mellan konkalorimeterdata och parallella paneltester

Underwriters Laboratories INC presenterade år 2000 en rapport som undersökte brännbarheten för olika plastmaterial (39). Denna studie utfördes för att se om det småskaliga testet enligt ISO 5660–1, se avsnitt **Error! Reference source not found.**, som utförs i konkalorimetern var jämförbart med det storskaliga testet PPT enligt ANSI/FM 4880, se avsnitt 2.2.3.8.

Det fanns ett antal värden som var relevanta att undersöka för att kunna jämföra ett småskaligt test med ett av större skala. Dessa parametrar kommer även beräknas i detta arbete som ett komplement till konkalorimetertesterna för att analysera hur de olika panelerna tappar sin beständighet över tid.

Thermal response parameter (TRP):

TRP är ett värde på hur väl ett material kan motstå antändning (40). TRP beräknas genom:

$$\frac{1}{\sqrt{t_{ig}}} = \sqrt{\frac{4}{\pi}} \cdot \frac{\dot{Q}_e}{TRP} \quad \text{Ekvation 2}$$

Där

t_{ig} är tiden till antändning vid specifik strålningsintensitet (s)

\dot{Q}_e är den valda strålningsintensiteten (kW/m²)

TRP beräknas genom att plotta $1/\sqrt{t_{ig}}$ på y-axeln och strålningsintensiteten på x-axeln.

Lutningen på grafen som bildas genom skärningen av dessa punkter ger värdet för TRP.

Därmed ges ett TRP värde för samtliga resultat som görs i konkalorimetern för testdagen.

Fire Propagation Index (FPI):

FPI är förhållandet mellan värmeflödet från lågan hos materialet som brinner och dess förmåga att motstå antändning (TRP). Det ger en indikation på hur benäget materialet är att brinna utanför sin antändningszon. För beräkning av FPI behövs maximal effektutveckling hos provbiten som testats och det beräknade TRP värdet. FPI beräknas enligt:

$$FPI = 1000 \cdot \frac{(0.42\dot{Q}')^{\frac{1}{3}}}{TRP} \quad \text{Ekvation 3}$$

Där

\dot{Q}' är maximal effektutveckling för provbit (kW/m²)

1000 är en korrelationskonstant framtagen för parallel panel test. På samma sätt används konstanten $k_1 = 1200$ för horisontella tester i konkalorimeter (39).

Smoke Development Index (SDI):

SDI är rökproduktionen multiplicerat med FPI. Detta är en indikator på hur stor risken är för rökkontaminering vid brand i materialet. Rökproduktionen är förhållandet mellan den massa rök som frigörs och den totala massan av materialet.

$$SDI = FPI \cdot \gamma_s = FPI \cdot \frac{\sigma}{8500} \quad \text{Ekvation 4}$$

Där

γ_s är rökproduktionen från materialet (kg/kg)

σ är röksläckningstvärnsnittsarea (m²/kg)

8500 är en konstant som används för en mängd olika bränslen för välventilerade bränder (kg/m²) (41).

4.3.1.1 Beräkningsmodell för framtagning av TRP, FPI och SDI

Nedan presenteras beräkningsmodellen och grundekvationer som behövs för framtagning av ekvationerna 2–4 ovan. Parametrar som presenteras nedan har i detta arbete tillhandahållits från konkalorimeterdata men beräknas annars genom ekvation 5-7 för att kunna bestämma TRP, FPI och SDI (40). Samtliga faktorer inverkar i brand och rökproduktion hos vertikala ytor.

Flammans längd:

Flammans längd är beroende av effektutvecklingen enligt nedan (42):

$$x_f = 4.65 \left(\frac{\dot{Q}}{c_p \cdot T_\infty \cdot \rho_\infty \cdot \sqrt{g}} \right) \quad \text{Ekvation 5}$$

Där

x_f är flammans längd (m)

\dot{Q} är effektutveckling per breddenhet av provbiten (kW/m²)

c_p är specifika värmekapacitet av luften (kJ/kg·K)

T_∞ är omgivningens temperatur (K)

ρ_∞ är luftens densitet i omgivningen (kg/m³)

g är tyngdaccelerationen (m/s²)

Flamutbredningshastigheten:

Flamutbredningshastighet mäter den hastighet som eldfronten sprider sig längs ytan på ett material. Vid beräkning av TRP är flamutbredningshastigheten relevant eftersom den påverkar hur snabbt ett material brinner och potentiellt genererar rök. Snabbare flammor innebär vanligtvis en snabbare produktion av rök. Den uppåtriktade flamutbredningshastigheten kan beräknas genom:

$$V = \frac{x_f - x_p}{t_f} \quad \text{Ekvation 6}$$

Där

V är flamutbredningshastigheten ()

x_p är pyrolysisfrontens längd (m)

t_f är karakteristisk tid (s)

Pyrolysisfrontens längd:

Pyrolysisfrontens längd är proportionell mot ramens (den ram som används vid parallella paneltesterna) längd. Den karakteristiska tiden ovan kan kopplas till antändningstiden av provet precis innan pyrolysis och kan för termiskt tjocka och fasta ämnen beräknas enligt:

$$t_f = \frac{\pi \cdot K \cdot \rho \cdot C \cdot (T_{ig} - T_s)^2}{4 \cdot (\dot{q}''_c)^2} \quad \text{Ekvation 7}$$

Där

$\sqrt{K \cdot \rho \cdot C \cdot (T_{ig} - T_s)^2}$ är proportionell mot TRP som nämns i avsnitt **Error! Reference source not found.**

Kombineras ekvation 5 och 7 fås att flamutbredningshastigheten kan kopplas till HRR och FPI enligt nedan:

$$V \propto \frac{\dot{Q}^{2/3}}{TRP^2} \quad \text{Ekvation 8}$$

4.3.2 ConeTools

I denna rapport så kommer en övergripande förklaring av programmet ConeTools att ges. För den som intresserad av att förstå programmet på en djupare nivå finns mer information att hämta på RISE egna hemsida (43).

Som tidigare nämnt så kan det vara väldigt kostsamt att göra större tester som på SBI (Single Burning Item) eller RCT (Room Corner Test). Därför skapades datorprogrammet ConeTools. Det är ett program som kan prediktera ett resultat för storskaliga brandtester baserat på resultat från tester gjorda enligt ISO 5660-1 som utförs i konkalorimetern (44). Genom en större databas från tidigare prover med olika typer av material finns det en större mängd algoritmer som kan räkna ut ett förväntat resultat. På så sätt kan prediktering göras av rätt brandklass för materialet. Detta görs genom att ConeTools kan prediktera de parametrar som är relevanta för SBI såsom FIGRA (Fire Growth Rate) och den totala effektutvecklingen för både ett SBI- och RCT-test. ConeTools bygger på tre större antaganden för den maximala effektutvecklingen:

1. Värmeeffekten och utvecklingen av arean för förbränningen är oberoende av varandra.
2. Förbränningsareans utveckling är proportionell mot inversen av tiden till antändningen för testet i konkalorimetern.
3. Värmeeffekten per areaenhet vid varje mätpunkten är densamma med konkalorimetern som i ett SBI-test (45).

4.3.3 T-test

Ett t-test är en statistisk metod som används för att avgöra om det finns en signifikant skillnad mellan medelvärdena för två grupper. Det används ofta för en beroende variabel som mäts i två olika oberoende grupper. Ett t-test genererar ett t-värde baserat på data och hjälper en att avgöra om det finns en signifikant skillnaden mellan gruppernas medelvärden är eller om den kan ha uppstått av slumpmässiga variationer (46). Nedan visas proceduren för ett t-test.

1. **Nollhypotes (H0):** Nollhypotesen är ett påstående om att det inte finns någon signifikant skillnad mellan grupperna.
2. **Alternativhypotes (H1):** Alternativhypotesen är det som försöker bevisas genom t-testet. Det är oftast det motsatta av nollhypotesen och antyder att det finns en signifikant skillnad mellan grupperna.
3. **Signifikansnivå (α):** Signifikansnivån är tröskeln för att avgöra om resultaten är statistiskt signifikanta. Vanligtvis används en signifikansnivå på 0,05, vilket innebär att om p-värdet (sannolikheten) är lägre än 0,05, så förkastas nollhypotesen.
4. **Beräkna t-värdet:** Använd de insamlade datan för att beräkna t-värdet med hjälp av formeln för det specifika t-testet som används (t.ex. ett oberoende t-test eller ett parvis t-test för beroende observationer).
5. **Beräkna p-värdet:** P-värdet är sannolikheten. Ett lågt p-värde (mindre än signifikansnivån) indikerar att nollhypotesen kan förkastas.

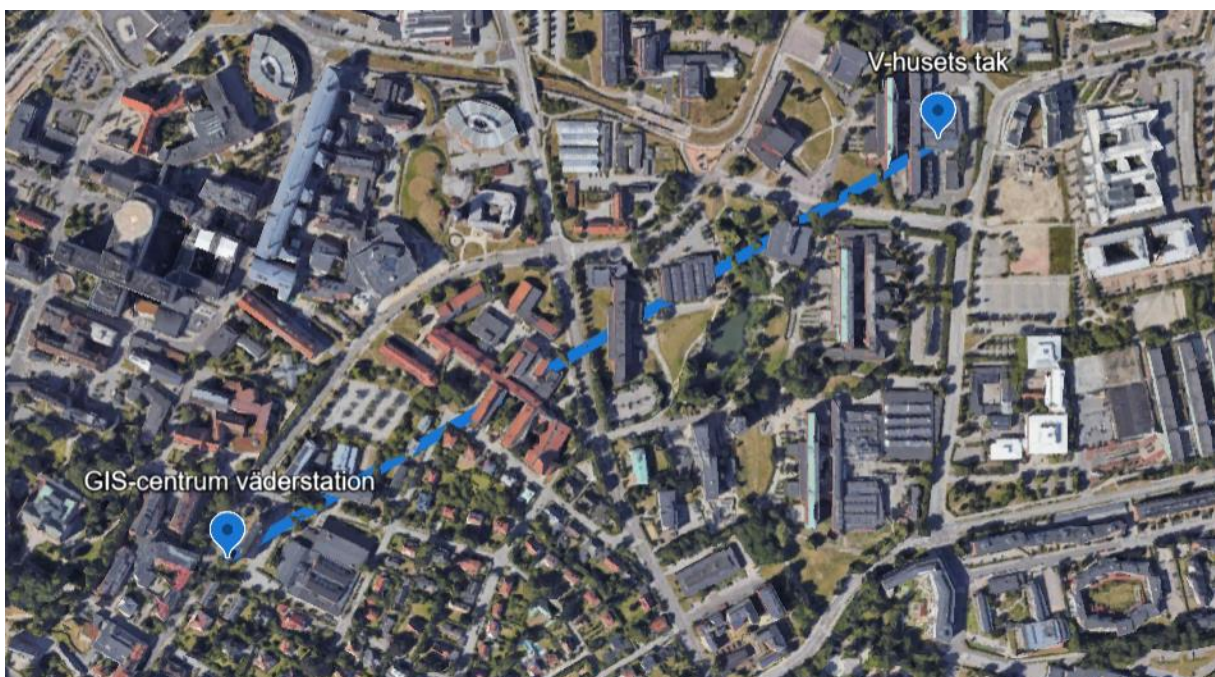
4.4 Experimentell uppställning

I följande kapitel presenteras den experimentella studien som utfördes i arbetet. Denna bestod av brandtester som utfördes med hjälp av en konkaloriemeter. Det utfördes också tester för att läsa av materialets kemiska fingeravtryck med hjälp av FTIR.

4.4.1 Mätning av väderdata

En viktig del för att kunna bedöma varför beständigheten hos trä förändras vid naturlig åldring är att tillhandahålla statistik för vädret under åldringsperioden. I detta fall har det brandimpregnerade träet fått utstå naturlig åldring i maximalt 2 1/2 månad varav flera tester har utförts från start till slut. För att få ett relevanta resultat har väderdata hämtats från en väderstation placerad på GIS-centrum (Centrum för geografiska informationssystem) på Lunds universitet. Denna väderstation är belägen mindre än en kilometer från V-huset, där det testade materialet placerades.

Väderdata finns i 10-minuters intervall men presenteras i dagar. Viktiga parametrar som har mätts upp och analyserats är nederbörd, medeltemperatur och strålning från solen.



Figur 8. Avstånd mellan väderstation och träpaneler på V-husets tak.

4.4.2 Ställning för paneler

Som nämnts tidigare så finns två olika typer av åldring som trä kan utsättas för. Accelererad och naturlig åldring. För denna studie så har panelerna som testats åldrats naturligt genom att panelerna monterats på en ställning byggd med 10 graders lutning. Efter att panelerna monterats på ställningen så placerades provobjektet på taket på V-sektionens byggnad på John Ericssons väg 1 i Lund . Objektet placerades så med panelerna riktade mot väderstrecket söder. Eftersom objektet placerades på ett gallergolv så användes buntband för att se till att ställningen bibehöll sin position, se Figur 11. När prover sedan skulle testas plockades panelerna ner i omgångar med panelen längst ned som första provpanel.



Figur 9, Bild på ställning med paneler av brandimpregnerat trä



Figur 10, Bild som visar ställningen från sidan



Figur 11, Bild som visar hur ställningen placerades med hjälp av buntband



Figur 12, Bild som visar när ställningen är på plats riktad i söderläge

4.4.3 Förberedelser för provbitar

Inför varje enskild testdag förbereddes proverna för testning. Panelerna monterades från ställningen och sågades upp i bitar om $100 \times 100 \times 20 \text{ mm}^3$ i enlighet med teststandarden ISO 5660-1, se avsnitt **Error! Reference source not found.** Figur 13 visar hur panelerna såg ut innan de delades upp i mindre provbitar. För att varje provbit sedan skulle återgå till önskad fuktkvot placerades provbitarna i en klimatkammare för att acklimatiseras till inomhusmiljö. Varje provbit har acklimatiserats i minst 72 timmar för att samtliga prover ska ha samma förutsättningar vid testerna. Klimatkammaren, som visas i Figur 14, kan simulera en miljöer med temperaturer mellan $+50 \text{ °C}$ och -25 °C och luftfuktighet mellan 20% och 80%. För dessa prover användes en temperatur på 23 °C och 50% luftfuktighet. Innan själva provningen startade dokumenterades varje provbit med eventuella materialavvikelse såsom kvistar och sprickor. Provbitarna vägdes och den relativa fuktigheten mättes, som visas i Figur 15 och Figur 16.



Figur 13. Bild som visar hur panel av brandimpregnerat trä ser ut innan uppdelad i provbitar



Figur 14. Bild som visar klimatkammare där provbitar acklimatiserats efter väderexponering



Figur 15. Bild som visar mätning av relativ fuktighet för provbit A1



Figur 16. Bild som visar vägning av provbit A1

4.4.4 Planering av praktiska tester i konkalorimetern

Den större delen av arbetet fokuserade på att genomföra praktiska tester på den typen av brandimpregnerat trä som studien har som mål att undersöka. Testerna utfördes på brandimpregnerat trä som inte har exponerats för några yttre påfrestningar och material som har utsatts för väder och vind för att kunna jämföra hur beständigheten hållit över tid och om det går att påvisa en skillnad. För att skapa en större förståelse och kunna jämföra resultat utfördes även prover på endast värmebehandlat ej väderexponerat trä som en typ av grundlig referens för hur trä beter sig i förhållande till det impregnerade. Testerna för de olika materialen gjordes på tre olika strålningsnivåer. Strålningsnivåerna kommer att vara 50kW/m², 40kW/m² och 30kW/m². 50kW/m² valdes eftersom det följer standarden ISO 5660-1 som valts att följas, se avsnitt **Error! Reference source not found.**. De två lägre nivåerna valdes också att testas för att få en förståelse för hur materialet reagerade på olika nivåer av värmestrålning och om det gick att urskilja en tydlig skillnad på tid till antändning och effektutveckling vid de olika nivåerna.

Testerna genomfördes i en konkalorimeter i brandlabbet på LTH . Vid varje strålningsnivå skedde initialt tre försök.

Provbitarna benämndes med en bokstav och en siffra. Bokstaven syftade till vilken panel som biten tillhörde. Panel W var ej väderexponerat värmebehandlat trä. Panel A, B och D och E var ej väderexponerat brandimpregnerat material. Panel C, F, och G var från väderexponerat brandimpregnerat material. Siffran syftade till att numrera provbitarna från den givna panelen. Testerna skedde i enlighet med schemat nedan där även relativ fuktighet och vikt uppmättes för samtliga provbitar.

Tabell 8. Schema för tester av ej väderexponerat värmebehandlat trä

Tester för ej väderexponerat värmebehandlat trä				
Strålningsnivå (kW/m ²)	Provbit	Relativ fuktighet (%)	Vikt (g)	Datum för test
40	W1	7.3	82.5	17/10
40	W2	6.9	76.4	
40	W3	6.6	80.8	
50	W4	6.0	94.1	6/12
50	W5	6.0	93.8	
50	W6	6.0	93.6	

Tabell 9. Schema för tester av ej väderexponerat brandimpregnerat trä

Tester för ej väderexponerat brandimpregnerat trä				
Strålningsnivå (kW/m²)	Provbit	Relativ fuktighet (%)	Vikt (g)	Datum för test
57*	A1	11.8	116.2	26/9
57*	A2	14.0	115.1	
57*	A3	14.0	115.6	
57*	A4	13.3	115.9	
50	A5	12.9	124.4	27/9
50	A6	11.7	116.0	
50	A7	13.5	116.4	
40	A8	11.8	116.6	
40	A9	14.0	116.3	
40	B1	10.7	101.3	
40	B2	12.6	103.0	
30	B3	11.3	105.2	
30	B4	11.9	105.9	
30	B5	9.6	107.3	
30	B6	10.1	126.6	17/10
30	B7	6.7	102.3	
30	B8	6.7	99.6	
30	B9	6.7	99.2	
40	D1	7.2	91.1	
40	D2	13.1	95.7	
40	D3	11.4	96.1	
50	D4	12.3	89.8	
50	D5	9.1	90.5	24/10
50	E1	11.8	121.0	
50	E2	9.8	118.5	
40	E3	9.4	119.4	
40	E4	9.5	121.9	
40	D6	9.0	91.7	
40	D7	8.7	102.1	
30	D8	8.6	96.1	
30	E5	10.0	118.9	
30	E6	9.0	127.3	

* Instrumentet som användes för att kalibrera stålningen vid det första provtillfället visade inkorrekt värde och strålningsnivån kalibrerades felaktigt till 57kW/m² i stället för 50kW/m².

Tabell 10. Schema för tester av väderexponerat brandimpregnerat trä

Tester för väderexponerat brandimpregnerat trä				
Strålningsnivå (kW/m²)	Provbit	Relativ fuktighet (%)	Vikt (g)	Datum för test
50	C1	6.6	97.5	17/10
50	C2	7.8	107.4	
50	C3	6.8	93.0	
40	C4	6.6	93.5	
40	C5	6.8	101.6	
40	C6	8.9	111.6	
30	C7	7.0	95.4	
30	C8	7.1	92.8	
30	C9	8.4	92.4	
50	F1	8.5	97.7	9/11
50	F2	8.5	112.5	
50	F3	9.7	111.9	
40	F4	9.7	98.6	
40	F5	8.5	95.2	
40	F6	9.4	109.1	
30	F7	8.5	96.7	
30	F8	9.0	96.5	
30	F9	8.5	96.7	
50	G1	9.4	117.7	6/12
50	G2	10.4	96.4	
50	G3	10.6	105.3	
40	G4	9.4	102.2	
40	G5	9.7	97.8	
40	G6	10.3	96.8	
30	G7	9.9	95.0	
30	G8	10.3	97.5	
30	G9	9.5	95.3	

4.4.5 Praktiska tester med konkalorimeter

Nedan presenteras den testprocedur som följdes vid testerna som gjordes i konkalorimetern.

4.4.5.1 Konkalorimeter förberedelse

Kalibrering utfördes i början av varje testdag. Kalibreringen utfördes i enlighet med tillverkarens anvisningar. Dessa finns att ta del av i anslutning till konkalorimetern i brandlabbet på LTH och kommer inte att redogöras för på ett utförligt sätt i denna rapport.

4.4.5.2 Konkallorimeter testprocedur

Varje enskilt test gick igenom en procedur enligt nedan:

- Önskad strålningsintensitet ställdes in genom att temperaturen för konkallorimetern ställdes in.
- Provet förbereddes och placerades i en hållare med keramisk fiberull i botten och folie runt provet (exponerad del hölls fri från folie, se Figur 35).
- Lucka för strålning stängdes igen och gnisttändare placerades centrerat över provet.
- Hållaren tillsammans med provet placerades 25mm under öppningen för strålning
- Egenskaper på provet som tjocklek och massa samt miljöförhållanden såsom luftfuktighet och temperatur antecknades i mjukvaruprogrammet i datorn.
- När inställningarna var klara startades testet genom "START" som visades på skärmen.
- Innan testet kan påbörjas mäts en så kallad "Base Line". Detta innebär att i 60 sekunder så mäts omgivande faktorer för att provet ska kunna analyseras på ett korrekt sätt under själva provningen. När "Base Line" uppmätts så placerades provet i konkallorimetern och testet startades.
- När provet antände klickades "IGNITION" på datorn och drar gnisttändaren drogs undan.
- Provtiden varierade mellan 10–15 minuter för samtliga tester.
- Därefter avslutades testet och proceduren upprepades.

4.4.6 Prediktering med ConeTools

Via resultaten som hämtades från testerna i konkallorimetern skedde en prediktering med hjälp av programmet ConeTools, se avsnitt **Error! Reference source not found.** Genom att programmet sedan analyserade erhållna data för det specifika testet så kunde olika värden predikteras. Dessa resultat analyserades sedan och jämfördes med de klasser som materialen hade innan väderexponeringen.

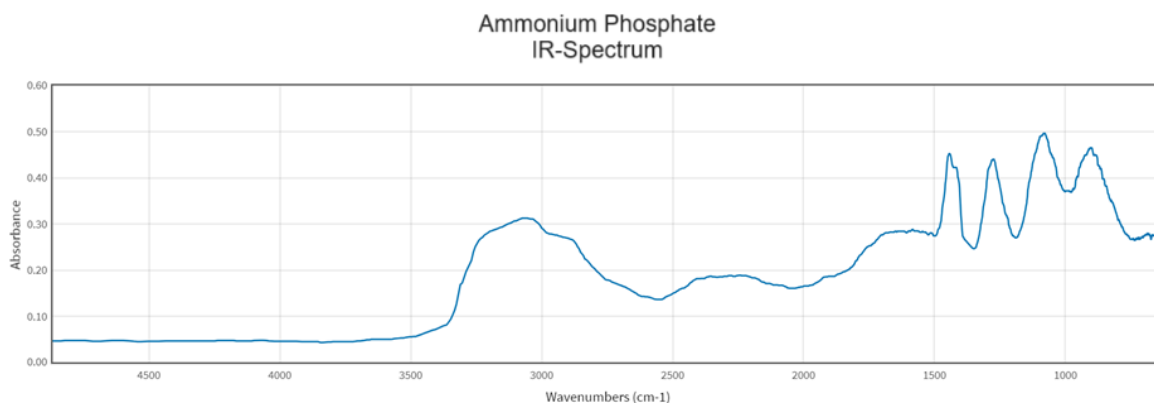
4.4.7 Praktiska tester med hjälp av FTIR

En del av arbetet syftade till att undersöka hur den kemiska uppbyggnaden i träet eventuellt förändrats efter att materialet utsatts för väderleksförhållanden. Detta gjordes med hjälp av en spektrometer där metoden FTIR (Fourier-Transform Infrared Spectroscopy) används. FTIR användes som ett komplement till de huvudsakliga testerna från konkallorimetern. Detta för att se om den kemiska uppbyggnaden som påvisas i FTIR testerna kunde ge en förklaring till resultaten från resterande tester. Dessa tester gjordes på Köpenhamns universitet.

Infraröd spektroskopi är en metod som kan användas för att avgöra ett materials kemiska fingeravtryck, alltså vad för ämnen som materialet består utav. Denna metod används ofta för att karaktärisera nya och okända prover för att få en förståelse vad de innehåller och dess kemiska sammansättningar (35). Med hjälp av denna metod går det att avläsa ett materials kemiska uppbyggnad, dess "fingeravtryck". Infraröd spektroskopi studerar interaktionen mellan materia och infraröd strålning. Infraröd strålning passerar genom provet där olika kemiska bindningar ger utslag i form av vibrationer vid olika vågnummer. Vågnummer används inom IR spektroskopi och är omvänt proportionell mot våglängden. Således innebär en kortare våglängd ett större vågnummer (36). Genom dessa mätningar kan olika kemiska substanser som finns i provet bestämmas. Tabell 11 redovisar de kemiska bindningar och dess vågnummer som är relevanta för arbetet. Dessa är kopplade till impregneringens kemiska sammansättning (ammoniumfosfat) och cellulosan i materialet. I Figur 17 presenteras även resultatet ifrån ammoniumfosfat i en spektrometer, vilket utgör en stor del av impregneringsmedlet i det brandimpregnerade träet som undersökts (37).

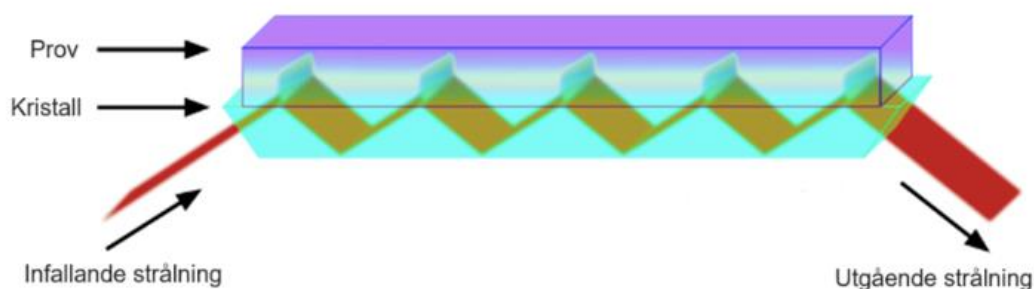
Tabell 11. Kemiska bindningar och vågnummer som valts ut baserat på det material som testats och dess innehåll (38)

Vågnummer (cm ⁻¹)	Kemisk bindning
2890	C-H stretching i metyl och metylengrupper
1030	C-O stretching (Cellulosa, Hemicellulosa och lignin)



Figur 17. Resultat på ammoniumfosfat med infrarött spektrum

Inom FTIR (Fourier-Transport Infrared Spectroscopy) så är ATR (Attenuated Total Reflectance) en metod som anses vara standard (35). Den metoden bygger på att en kristall placeras mot materialet som syftas att analysera. När infrarött ljus skickas genom kristallen så sker en total reflektion mot gränssnittet mellan kristallen och provet. Detta gör att det infraröda ljuset interagerar med materialet nära ytan av provet och den reflekterande vågen från provet innehåller information om materialets kemiska sammansättning som sedan kan analyseras med hjälp av FTIR, se Figur 18.



Figur 18. Uppbyggnad av den standardiserade metoden ATR. Bilden är hämtad från (35) men modifierad av författarna.

4.4.7.1 FTIR förberedelse

Innan testerna utfördes i spektrometern så förbereddes provbitarna. Proverna bestod av väderexponerat material, ej väderexponerat material samt endast värmebehandlat trä. Bitarna som användes för dessa tester var spillbitar från testerna i konkalorimetern. De markerades så att tre tester kunde göras per provbit. För en av bitarna av ej väderexponerat brandimpregnerat trä så slipades även ytan ner med sandpapper. Detta gjordes för att se om förändring av ytan

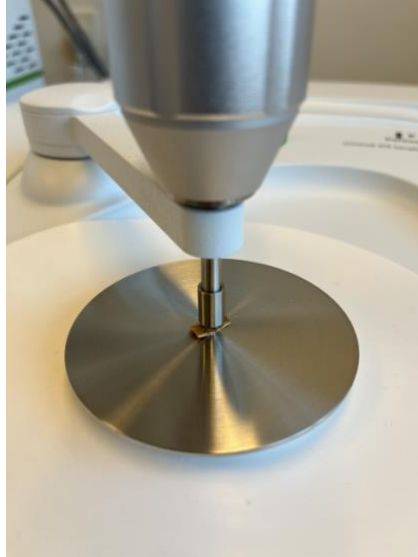
gjorde någon skillnad för resultaten i spektrometern. För att kunna separera på de olika typerna av material så namngavs proverna enligt tabellen nedan. Proverna med benämningen FRN syftar till ”Fire Retardant Non aged”, FRA syftar till ”Fire Retardant Aged”, FRN(SP) syftar till ”Fire Retardant Non aged SandPaper” och TW syftar till ”ThermoWood”, se **Error! Reference source not found.**

Tabell 12. Benämning på respektive provbit från FTIR tester.

Typ av material	Benämning	Datum för test
Ej väderexponerat värmebehandlat trä	TW1-1	8/11
	TW1-2	
	TW1-3	
Ej väderexponerat brandimpregnerat trä	FRN1-1	
	FRN1-2	
	FRN1-3	
	FRA1-1	
	FRN2-2	
	FRN2-3	
Ej väderexponerat brandimpregnerat slipat trä	FRN(SP)1-1	
	FRN(SP)1-2	
	FRN(SP)1-3	
Väderexponerat brandimpregnerat trä (6.5 veckor)	FRA1-1	
	FRA1-2	
	FRA1-3	
	FRA2-1	
	FRA2-2	
	FRA2-3	
	FRA3-1	
Väderexponerat brandimpregnerat trä (11 veckor)	FRA4-1	7/12
	FRA4-2	
	FRA4-3	
	FRA5-1	
	FRA5-2	
	FRA5-3	
Ej väderexponerat brandimpregnerat trä med impregnering på ytan	FRI1-1	
	FRI1-2	

4.4.7.2 FTIR testprocedur

Innan varje prov utfördes så rengjordes spektrometern noggrant med hjälp av etanol och servetter. Likt proceduren för konkalorimetern så mättes även en ”base-line” för förhållandet i rummet. Eftersom det finns en viss typ av kemiska sammansättningar i luften i rummet så mättes dessa för att sedan kunna tas bort från resultatet av provet som undersöks. En mindre flisa av materialet skars av från provbiten och placerades ovanför kristallen i spektrometern, som visas i **Error! Reference source not found.** Därefter så startades testet. Data samlades in och sparades i csv-filer som sedan analyserades. Därefter så rengjordes spektrometern igen och proceduren repeterades. Data samlades in och sparades i csv-filer som sedan analyserades. Resultaten sammanställdes sedan i grafer för att kunna jämföra om någon skillnad kunde påvisas mellan de olika proven.



Figur 19. Bild på provbit i spektrometer

4.4.8 Jämförelse och analys

Slutligen genomfördes en utvärdering och sammanställning av all relevant information från litteraturen, intervjuerna och de praktiska försöken. Denna sammanställning syftar till att besvara frågeställningarna och problemformuleringarna som utgjort grunden för arbetet.

5 Resultat

I följande kapitel presenteras alla resultat som erhöles från enkätstudien och den experimentella studien.

5.1 Resultat från enkätstudie

Totalt 9 personer deltog i enkätstudien som utfördes för denna rapport. Övervägande del av respondenterna bestod av brandkonsulter men även forskare deltog i studien. Nedan presenteras en sammanställning av svaren på samtliga frågor. Se bilaga B för enskilda svar ifrån respektive respondent.

Fråga 1: Vad ser du för fördelar med brandimpregnerat trä som byggnadsmaterial?

Svaren på första frågan visar på att det finns flertal fördelar med brandimpregnerat trä som byggnadsmaterial. För det första framhålls miljöaspekten, där användningen av trä med brandimpregnering bidrar till ett minskat klimatavtryck och möjliggör estetiskt tilltalande lösningar. En av respondenterna poängterar fördelen med att behandlingen sker på fabrik, vilket underlättar arbetsprocessen och ger bättre kontroll över behandlingen.

En annan fördel som flertal respondenter påpekar är att brandimpregnerat trä ger möjligheten att använda synligt trä i byggnader vilket uppskattas av de som vill integrera estetik i sina projekt. Dessutom kräver materialet lägre underhåll jämfört med branskyddsmålat trä, vilket kan resultera i osynligt brandskydd.

Slutligen framhålls den betydande fördelen för brandsäkerhet inom byggnader. Trä anses bli ett mer attraktivt byggnadsmaterial i och med de förbättrade brandskyddande egenskaperna.

Fråga 2: Vad anser du att det finns för utmaningar kopplat till brandimpregnerat trä nu och i framtiden?

Enligt respondenterna möter användningen av brandimpregnerat trä ett antal utmaningar som är viktiga att adressera. Hållbarhet över tid anses vara en central fråga, med fokus på hur brandskyddet påverkas av väder och vind samt hur det behöver underhållas och kompletteras. En av deltagarna menar att en utmaning är att hitta miljömässigt hållbara alternativ som uppfyller brandsäkerhetskrav, särskilt när det gäller att kunna övermåla materialet. Säker användning av kemikalier är en annan angelägen fråga för att undvika skadliga effekter på människor och miljön. Att säkerställa långsiktig beständighet och förhindra eventuell förlust av brandskyddande egenskaper är viktigt.

Det påpekas även att det är nödvändigt att ta itu med frågor som rör underhåll och komplettering av impregneringen i befintliga byggnader, för att undvika en falsk trygghet. Detta anses av några vara ett stort problem som kan behöva ses över lite extra.

Slutligen, påverkan av väder och kraven på hög miljöklassning utgör ytterligare utmaningar enligt några av respondenterna. Att hantera dessa utmaningar är avgörande för att säkerställa säkerhet och hållbarhet vid användningen av brandimpregnerat trä som byggnadsmaterial i nuvarande och framtida byggprojekt.

Fråga 3: Anser du att det finns tillräckligt med kunskap inom ämnet för att kunna klassificera brandimpregnerat trä som brandsäkert över en längre tid?

Det råder en allmän känsla av osäkerhet när det gäller att klassificera brandimpregnerat trä som brandsäkert över en längre tid. Respondenterna uttrycker att det saknas ett tydligt och definitivt facit i ämnet. Det finns även osäkerhet kring vad som exakt innefattas i specifika standarder och testmetoder som används för att bedöma långsiktig beständighet. De betonar

behovet av att skaffa sig mer kunskap om nedbrytningsmekanismer och metoder för att bevisa beständigheten över tid.

Även om vissa leverantörer kanske simulerar beständighet över tid i sina produkter, finns det tveksamheter angående dessa resultat, särskilt när det gäller utomhusanvändning. Generellt sett anses det finnas kunskapsluckor både bland byggaktörer och producenter/leverantörer av brandimpregnerat trä. Respondenterna menar att detta tyder på att mer forskning och information behövs för att kunna säkerställa att brandimpregnerat trä är en brandsäker lösning på lång sikt.

Fråga 4: Tycker du att kraven som ställs i LSO gällande brandskyddets beständighet är tillräckliga och tydliga?

Sammanfattningsvis anses kraven som ställs i LSO gällande brandskyddets beständighet inte vara tillräckliga eller tydliga enligt majoriteten av respondenterna. Flera av dem menar att detta inte har setts dessa krav tillämpas i praktiken. En av respondenterna föreslår att det i stället kan vara mer lämpligt att kraven på brandskyddsbehandling bör ställas av Boverket eller att det behövs tydligare riktlinjer och regler för att säkerställa brandskyddets beständighet på ett mer effektivt sätt. Sammantaget tyder svaren på att det finns utrymme för att förtydliga och förbättra kraven och regelverken kring brandskyddets beständighet enligt LSO.

Fråga 5: Vid accelererad åldring av trä försöks det efterlikna år av naturlig väderpåverkan. Träet påfrestas med perioder av bevattning för att sedan få torka och vila. Anser du att denna metod är bra jämförbar med naturlig åldring av trä?

Åsikterna varierar en del bland respondenterna om hur väl metoden med accelererad åldring av trä kan jämföras med naturlig åldring. Vissa är skeptiska och anser att metoden inte är tillräckligt representativ, särskilt med tanke på klimatvariationer. Andra anser att det är en användbar metod, men med reservationer och medvetenhet om att resultatens relation till naturlig åldring kan vara beroende av klimatet. En av respondenterna har inte fått en klar uppfattning och påpekar svårigheten med att snabbt genomföra tester som speglar långvariga processer. Bristen på specialistkunskap i ämnet är också framträdande i svaren.

Fråga 6: Om det går att påvisa att beständigheten försämrats kraftigt redan efter några år, vad anser du är en bra lösning för att underhålla fasaden och återfå dess brandskyddande egenskaper?

Respondenterna är delade i frågan om en lämplig lösning för att återfå brandskyddande egenskaper i en fasad där beständigheten har försämrats kraftigt. Många är skeptiska till att det finns en bra lösning, medan andra föreslår olika åtgärder. Målning av fasaden framstår som den mest praktiska lösningen för flera, även om utmaningen kan vara att bevara fasadens åldrade estetik samtidigt som brandskyddet återställs. Byta ut paneler eller delar av fasaden föreslås också, men att detta även kan vara ekonomiskt påfrestande. Återimpregnering är även ett förslag som tas upp, men det kan vara kostsamt och svårt att genomföra.

5.2 Experimentella resultat

Nedan presenteras resultaten från insamlad väderdata samt försöken som utfördes i konkalorimetern och med hjälp av FTIR. Det presenteras även resultat från ConeTools och beräkningar av TRP, FDI och SDI.

5.2.1 Insamlad väderdata

Med hjälp av väderdata har värden för nederbörd, medeltemperatur och UV-strålning från solen mellan de olika testerna tagits fram. Tabellen nedan visar en jämförelse i total nederbörd mellan resultaten för de olika exponeringstiderna. För mer ingående data och grafer, se appendix A.

Tabell 13. Total nederbörd för exponerade paneler

Exponeringstid (veckor)	Totalt nederbörd (mm)
4 veckor väderexponerat brandimpregnerat trä	54
6.5 veckor väderexponerat brandimpregnerat trä	141
11 veckor väderexponerat brandimpregnerat trä	202

5.2.2 Tester i konkalorimeter – Ej väderexponerat värmebehandlat trä

Tabellen nedan redovisar relevant data från tester som utförts på det trä som varken har brandimpregnerats eller exponerats för väder. Panelerna är, precis som det impregnerade träet, Thermowood av furu som har förvarats i inomhusmiljö inför testerna.

Tabell 14. Resultat från konkalorimeter vid tester av endast värmebehandlat trä

Provbit	Strålningsnivå (kW/m ²)	Avvikelser (L/M/S) ¹			tig (s)	Peak HRR (kW/m ²)	Datum för test
		K ²	I ³	S ⁴			
W1	40	-	-	-	19	176	17/10
W2	40	-	-	-	27	188	
W3	40	-	-	-	24	216	
W4	50	-	-	-	18	251	6/12
W5	50	-	-	-	14	206	
W6	50	-	-	-	12	211	

1) L = Liten avvikelse, M = Måttlig avvikelse, S = Stor avvikelse

2) Provbit innehåller kvistar som kan påverka tid till antändning.

3) Provbit innehåller impregnering på ytan som kan påverka tid till antändning.

4) Provbit innehåller sprickor/avsaknad av material som kan påverka tid till antändning.

5.2.3 Tester i konkalorimeter – Ej väderexponerat brandimpregnerat trä

Tabellen nedan redovisar relevant data från första testerna som utförts på det trä som inte har exponerats för väder. Panelerna som inte väderexponerats har i detta fall förvarats i en uppvärmd källare för att minimera påverkan på brandimpregneringen i materialet. Totalt har 32 tester genomförts på ej väderexponerat brandimpregnerat trä.

Tabell 15. Resultat från konkalorimeter vid tester av trä som ej exponerats för väder

Provbit	Strålningsnivå (kW/m ²)	Avvikelser (L/M/S) ¹			t _{ig} (s)	Peak HRR (kW/m ²)	Datum för test
		K ²	I ³	S ⁴			
A1	57	-	-	-	13	140	26/9
A2	57	-	-	-	15	82	
A3	57	-	L	-	65	74	
A4	57	-	L	-	62	75	
A5	50	M	-	-	23	81	27/9
A6	50	-	-	-	19	109	
A7	50	-	-	-	56	76	
A8	40	-	-	-	192	108	
A9	40	-	-	-	120	49	
B1	40	-	-	-	58	76	
B2	40	-	-	-	38	72	
B3	30	-	M	-	894	59	
B4	30	-	-	-	38	55	
B5	30	-	-	-	129	47	
B6	30	S	-	-	46	68	17/10
B7	30	L	-	-	34	93	
B8	30	-	-	-	37	94	
B9	30	-	-	-	42	110	
D1	40	-	-	-	16	146	24/10
D2	40	-	-	-	18	124	
D3	40	-	-	-	23	142	
D4	50	-	-	-	15	158	
E1	50	L	-	-	15	149	24/10
E2	50	-	-	-	13	152	
D5	50	-	-	-	15	144	
E3	40	-	-	-	25	90	
E4	40	-	-	-	152	56	
D6	40	-	-	-	22	124	
D7	40	M	-	-	27	137	
E5	30	-	-	-	139	74	
E6	30	M	-	-	40	110	
D8	30	-	-	-	90	105	

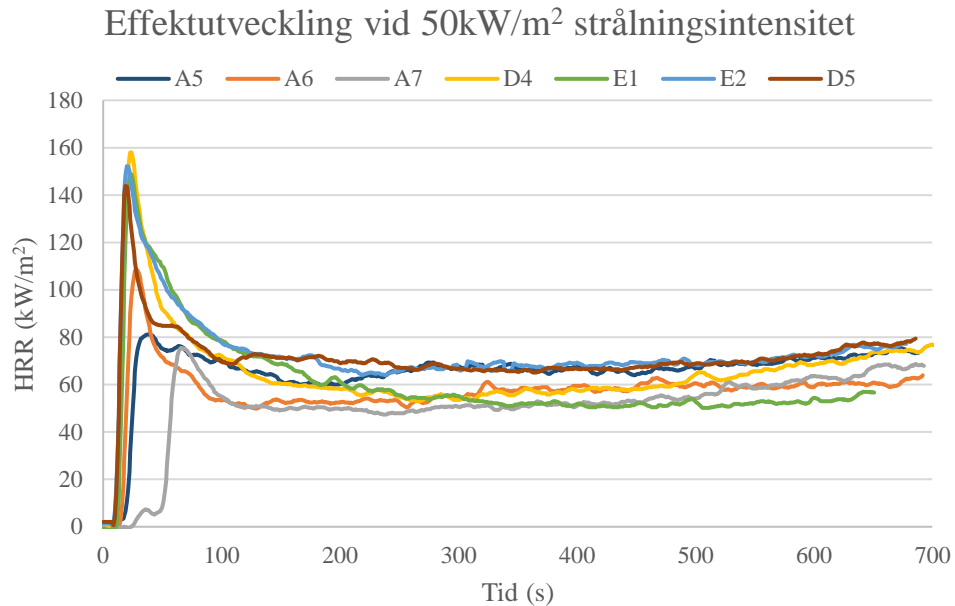
1) L = Liten avvikelse, M = Måttlig avvikelse, S = Stor avvikelse

2) Provbit innehåller kvistar som kan påverka tid till antändning.

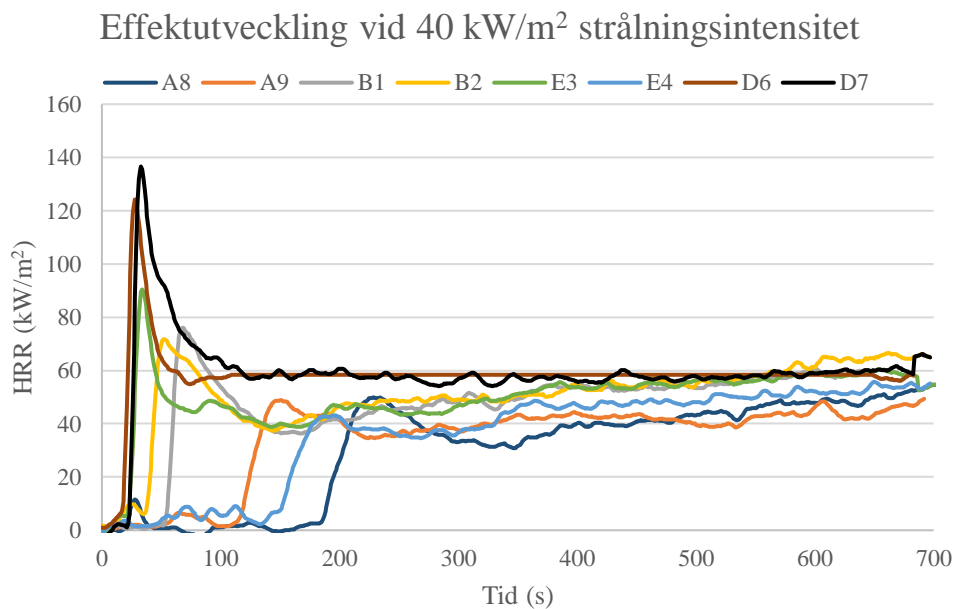
3) Provbit innehåller impregnering på ytan som kan påverka tid till antändning.

4) Provbit innehåller sprickor/avsaknad av material som kan påverka tid till antändning.

5.2.3.1 Effektutvecklingskurvor för ej väderexponerat brandimpregnerat trä
 Graferna som presenteras nedan är ett urval av de tester från konkalorimetern för de ej exponerade panelerna som testats vid 30–50 kW/m² strålning. För redovisning av enstaka paneler, se Bilaga B.

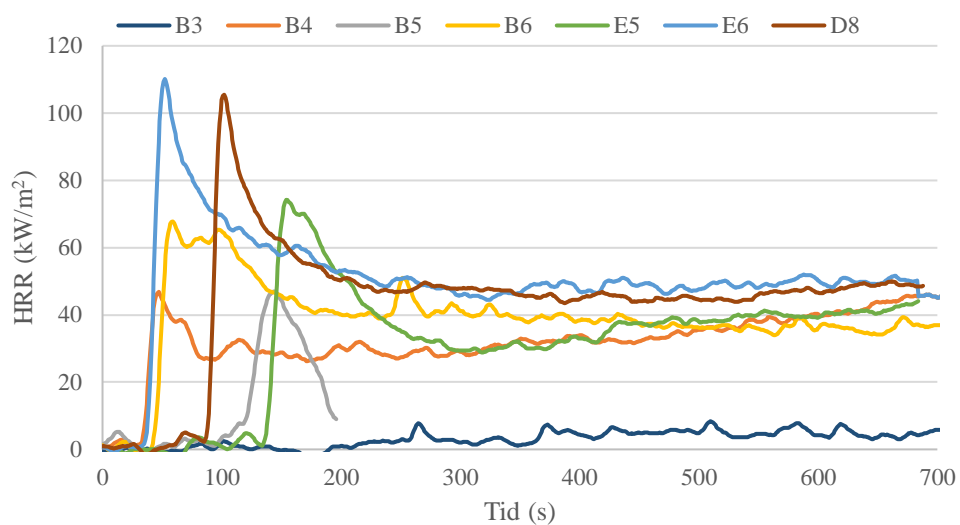


Figur 20. Effektutveckling för samtliga provbitar av ej väderexponerat brandimpregnerat trä som utsatts för en strålning på 50 kW/m²



Figur 21. Effektutveckling för samtliga provbitar av ej väderexponerat brandimpregnerat trä som utsatts för en strålning på 40 kW/m²

Effektutveckling vid 30 kW/m² strålningsintensitet



Figur 22. Effektutveckling för samtliga provbitar av ej väderexponerat brandimpregnerat trä som utsatts för en strålning på 30 kW/m²

5.2.4 Tester i konkalorimeter – Väderexponerat brandimpregnerat trä

Tabellen nedan redovisar relevant data från första testerna som utförts på det trä som har exponerats för väder. Totalt har 27 tester utförts på väderexponerat brandimpregnerat trä.

Tabell 16. Resultat från konkalorimeter vid tester av brandimpregnerat trä som exponerats för väder

Provbit	Exponeringstid (veckor)	Strålningsnivå (kW/m ²)	Avvikelser (L/M/S) ¹			t _{ig} (s)	Peak HRR (kW/m ²)	Datum för test
			K ²	I ³	S ⁴			
C1	4	50	L	-	L	15	180	17/10
C2	4	50	M	-	-	18	171	
C3	4	50	-	-	-	18	203	
C4	4	40	-	-	-	25	199	
C5	4	40	L	-	-	22	180	
C6	4	40	M	-	-	27	187	
C7	4	30	-	-	-	41	194	
C8	4	30	-	-	-	42	187	
C9	4	30	-	-	-	38	201	
F1	6.5	50	-	-	-	16	164	9/11
F2	6.5	50	M	-	-	21	167	
F3	6.5	50	M	-	-	20	163	
F4	6.5	40	-	-	L	25	163	
F5	6.5	40	-	-	-	24	154	
F6	6.5	40	M	-	-	25	153	
F7	6.5	30	-	-	-	37	129	
F8	6.5	30	-	-	-	38	145	
F9	6.5	30	-	-	L	44	152	
G1	11	50	S	-	-	21	177	6/12
G2	11	50	-	-	L	14	175	
G3	11	50	L	-	-	19	175	
G4	11	40	-	-	-	24	160	
G5	11	40	-	-	-	26	198	
G6	11	40	-	-	-	28	167	
G7	11	30	-	-	L	42	169	
G8	11	30	-	-	-	41	163	
G9	11	30	-	-	L	39	155	

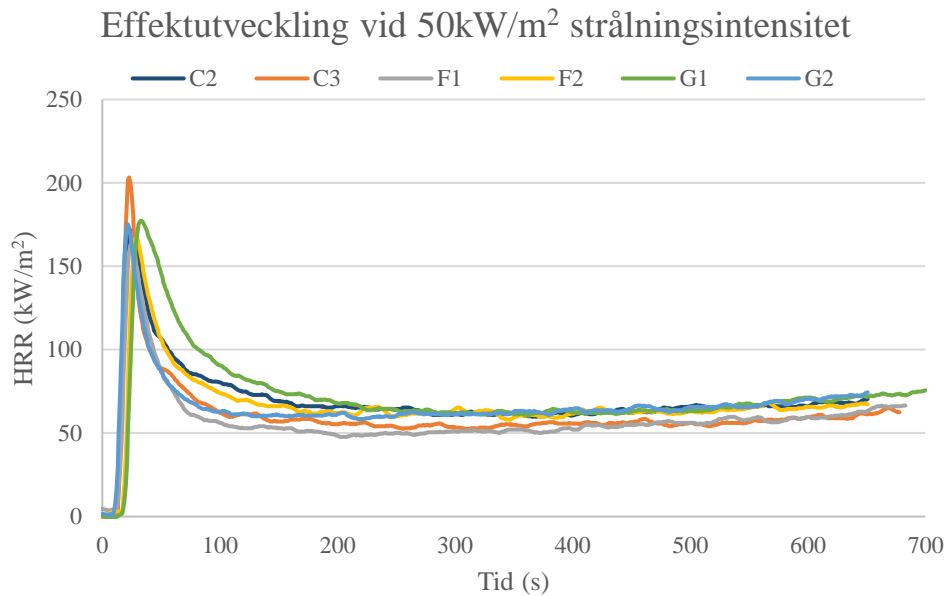
1) L = Liten avvikelse, M = Måttlig avvikelse, S = Stor avvikelse

2) Provbit innehåller kvistar som kan påverka tid till antändning.

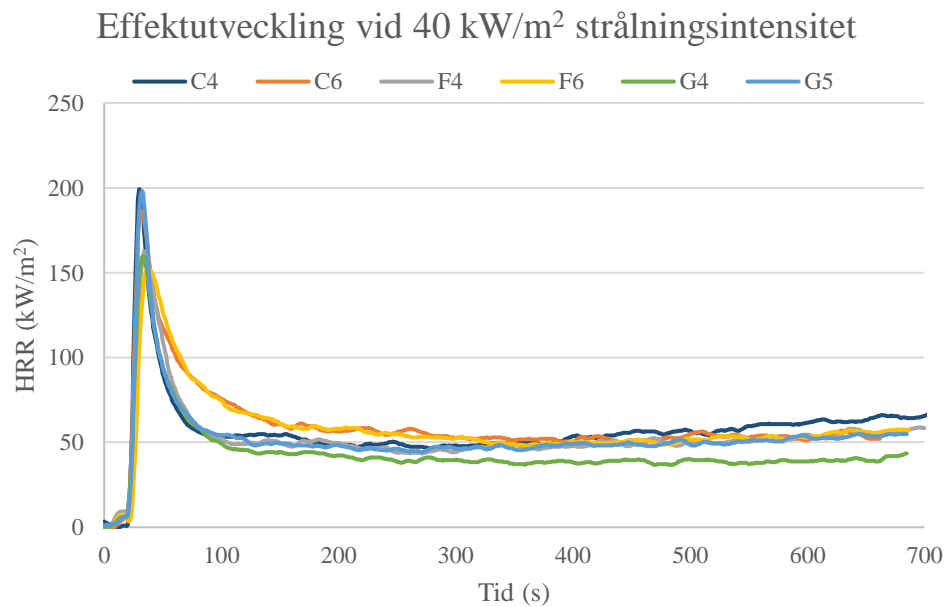
3) Provbit innehåller impregnering på ytan som kan påverka tid till antändning.

4) Provbit innehåller sprickor/avsaknad av material som kan påverka tid till antändning.

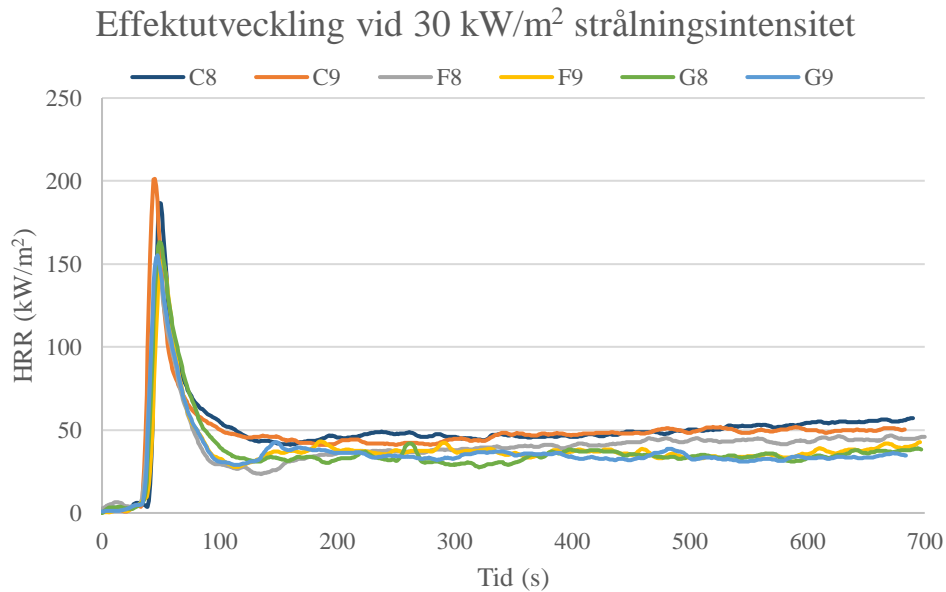
5.2.4.1 Effektutvecklingskurvor för väderexponerat brandimpregnerat trä
 Graferna som presenteras nedan är en sammanställning av samtliga tester från konkalorimetern för de väderexponerade panelerna som testats vid 30–50 kW/m² strålning. Graferna visar de två provbitarna med störst varians för varje panel och strålning. Övriga resultat presenteras i Bilaga B.



Figur 23. Effektutveckling för samtliga provbitar av väderexponerat brandimpregnerat trä som utsatts för en strålning på 50 kW/m²



Figur 24. Effektutveckling för samtliga provbitar av väderexponerat brandimpregnerat trä som utsatts för en strålning på 40 kW/m²



Figur 25. Effektutveckling för samliga provbitar av väderexponerat brandimpregnerat trä som utsatts för en strålning på 30 kW/m²

5.2.5 Resultat från ConeTools

ConeTools har använts för prediktering av FIGRA och dess resulterande brandklass. Nedan visas resultatet för ej väderexponerat värmebehandlat trä, ej väderexponerat brandimpregnerat trä och väderexponerat brandimpregnerat trä.

5.2.5.1 Ej väderexponerat värmebehandlat trä

Tabell 17. Prediktering av FIGRA och resulterande brandklass hos ej väderexponerat värmebehandlat trä genom ConeTools.

Provbit	FIGRA	Brandklass (Euroklass)
W1	835	E eller sämre
W2	385	D
W3	470	D
W4	758	E eller sämre
W5	922	E eller sämre
W6	1060	E eller sämre

5.2.5.2 Ej väderexponerat brandimpregnerat trä

Tabell 18. Prediktering av FIGRA och resulterande brandklass hos ej väderexponerat brandimpregnerat trä genom ConeTools.

Provbit	FIGRA	Brandklass (Euroklass)	Datum för test
A1	377	D	26/9
A2	232	C	
A3	43	A2/B	
A4	43	A2/B	
A5	194	C	27/9
A6	259	D	
A7	59	A2/B	
A8	18	A2/B	
A9	27	A2/B	
B1	75	C	
B2	125	C	
B3	0	A2/B	
B4	123	C	
B5	20	A2/B	
B6	169	C	17/10
B7	244	C	
B8	196	C	
B9	194	C	
D1	543	D	
D2	408	D	24/10
D3	335	D	
D4	487	D	
E1	482	D	
E2	571	D	
D5	412	D	
E3	187	C	
E4	23	A2/B	
D6	315	D	
D7	297	D	
E5	42	A2/B	
E6	266	D	
D8	93	C	

5.2.5.3 Väderexponerat brandimpregnerat trä

Tabell 19. Prediktering av FIGRA och resulterande brandklass hos väderexponerat brandimpregnerat trä genom ConeTools.

Provbit	Exponeringstid (veckor)	FIGRA	Brandklass (Euroklass)	Datum för test
C1	4	567	D	17/10
C2	4	438	D	
C3	4	420	D	
C4	4	405	D	
C5	4	487	D	
C6	4	399	D	
C7	4	335	D	
C8	4	302	D	
C9	4	396	D	
F1	6.5	445	D	9/11
F2	6.5	343	D	
F3	6.5	344	D	
F4	6.5	386	D	
F5	6.5	351	D	
F6	6.5	396	D	
F7	6.5	276	D	
F8	6.5	305	D	
F9	6.5	249	C	
G1	11	435	D	8/12
G2	11	538	D	
G3	11	399	D	
G4	11	384	D	
G5	11	383	D	
G6	11	307	D	
G7	11	314	D	
G8	11	318	D	
G9	11	311	D	

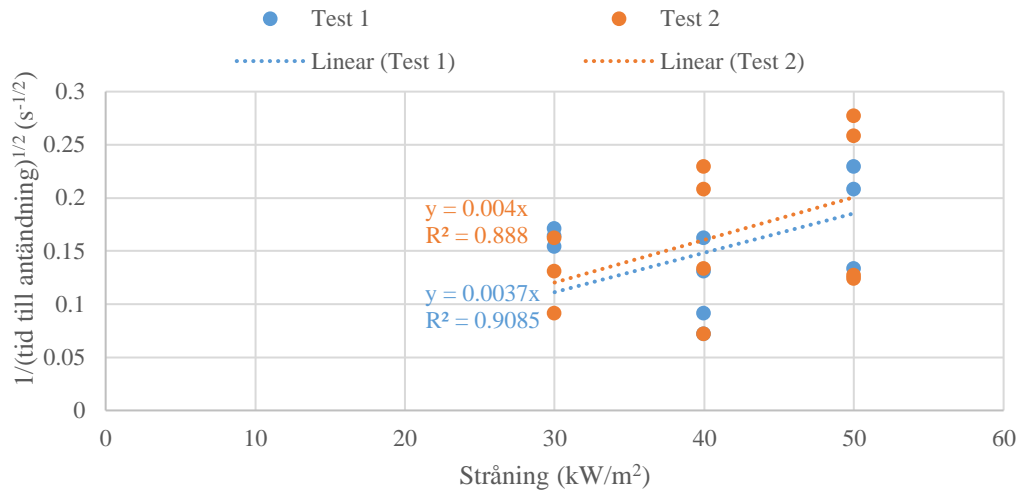
5.2.6 Resultat från ANSI/FM 4880 beräkningar

Nedan presenteras resultat från beräkningar som gjorts för TRP, FPI och SDI.

5.2.6.1 TRP

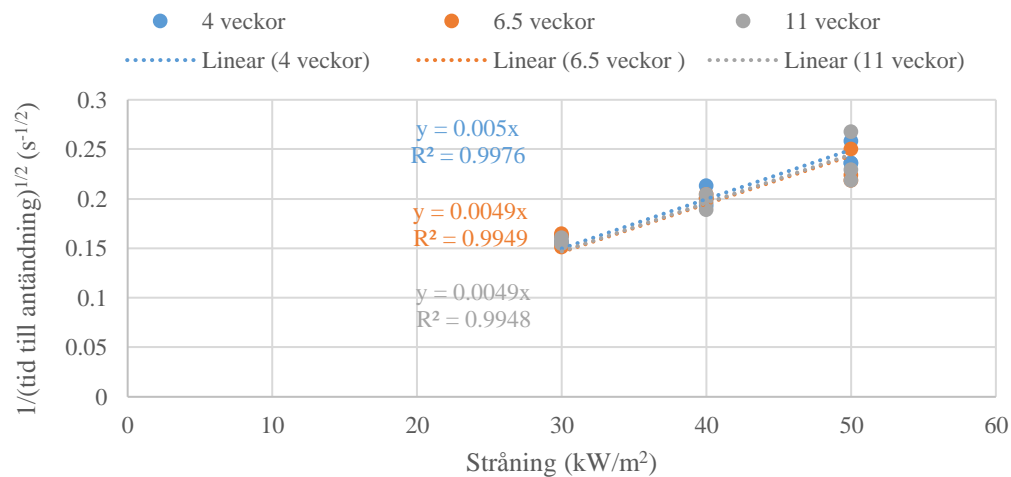
TRP beräknades genom ekvation 2. Resultatet presenteras i två grafer nedan, en för ej väderexponerat brandimpregnerat trä och en för väderexponerat brandimpregnerat trä. Figur 26 jämför TRP mellan de två testtillfällena som gjorts för de paneler som inte väderexponerats. Test 1 motsvarar TRP för panel A och B och test 2 motsvarar TRP för panel D och E. Figur 27 jämför TRP mellan de tre testtillfällena som gjorts för de paneler som har väderexponerats. 4 veckors exponering motsvarar TRP för panel C, 6.5 veckor gäller panel F och 11 veckor är för panel G.

TRP - Ej väderexponerat brandimpregnerat trä



Figur 26. Framtaget TRP för de två olika testtillfällena som utfördes på det ej väderexponerade brandimpregnerade träet.

TRP - Väderexponerat brandimpregnerat trä



Figur 27. Framtaget TRP för de tre olika testtillfällena som utfördes på det väderexponerade brandimpregnerade träet.

5.2.6.2 FPI och SDI

FPI och SDI beräknades genom ekvation 3 och 4. Resultatet presenteras för respektive provbit i Tabell 20 nedan.

Tabell 20. Beräknade FPI och SDI för samtliga provbitar som testats i konkalorimetern

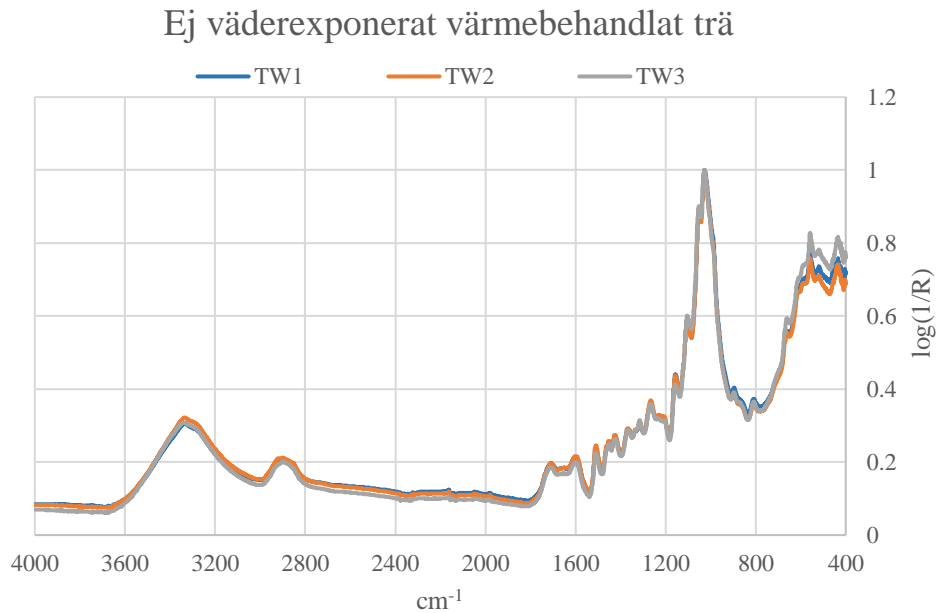
Material	Provbit	FPI	SDI*
Ej väderexponerat brandimpregnerat - test 1	A5	12.7	3.31
	A6	14.1	2.20
	A7	12.5	0.79
	A8	14.0	0.64
	A9	10.8	1.70

	B1	12.5	1.87
	B2	12.3	0.92
	B3	11.5	-
	B4	11.2	-
	B5	10.6	-
	B6	12.0	-
	B7	13.4	0.00
	B8	13.4	0.01
	B9	14.1	0.01
Ej väderexponerat brandimpregnerat - test 2	D4	17.2	0.10
	E1	16.9	0.09
	E2	17.0	0.08
	D5	16.7	0.06
	E3	14.3	0.03
	E4	12.2	0.07
	D6	15.9	0.14
	D7	16.4	0.09
	E5	13.4	0.03
E6	15.3	0.15	
D8	15.0	0.03	
Väderexponerat brandimpregnerat (4 veckor)	C1	22.5	0.11
	C2	22.1	0.18
	C3	23.4	0.04
	C4	23.2	0.09
	C5	22.5	0.10
	C6	22.8	0.08
	C7	23.1	0.03
	C8	22.8	0.02
	C9	23.3	0.01
Väderexponerat brandimpregnerat (6.5 veckor)	F1	21.4	-
	F2	21.5	-
	F3	21.3	-
	F4	21.3	-
	F5	20.9	-
	F6	20.9	-
	F7	19.7	-
	F8	20.5	-
	F9	20.8	-
Väderexponerat brandimpregnerat (11 veckor)	G1	21.9	0.23
	G2	21.8	0.02
	G3	21.8	0.06
	G4	21.2	0.01
	G5	22.7	0.01
	G6	21.5	0.01
	G7	21.6	0.01
	G8	21.3	0.02
	G9	21.0	0.02

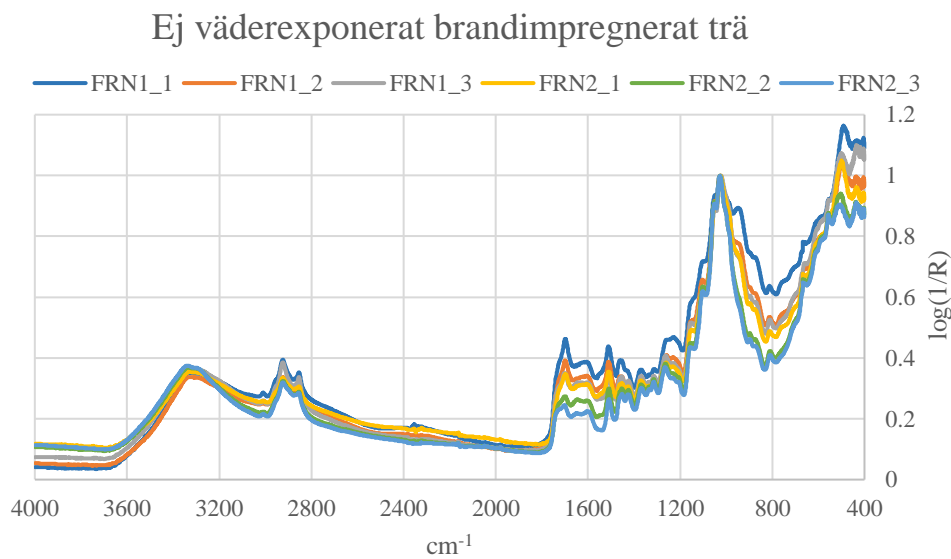
* Värderna enligt "-" har inte kunnat definieras från konkalorimeterdata

5.2.7 Resultat från FTIR tester

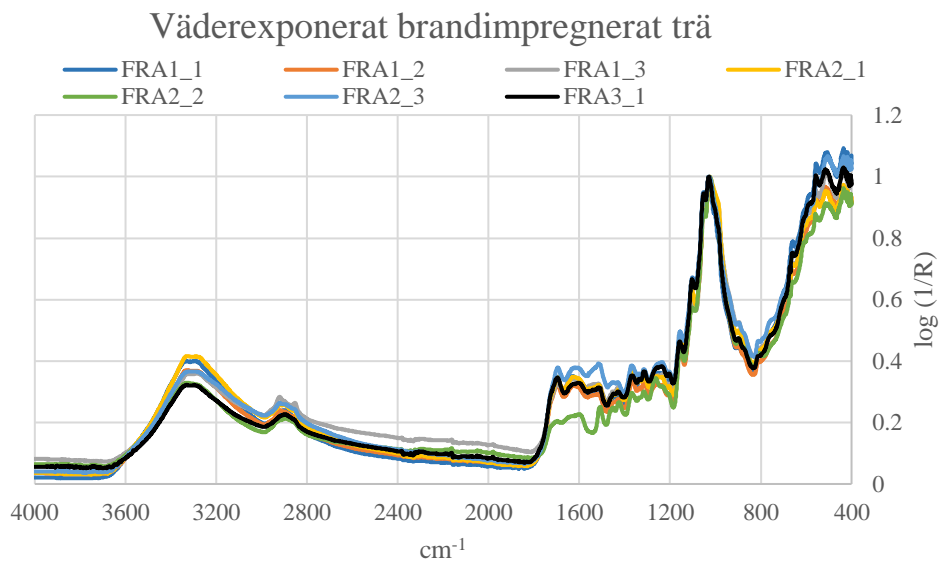
Nedan presenteras resultat från FTIR spektrometern på ej väderexponerat värmebehandlat trä, ej väderexponerat brandimpregnerat trä samt väderexponerat brandimpregnerat trä i 6.5 veckor. Samtliga grafer från FTIR tester presenteras i Bilaga C.



Figur 28. FTIR tester på ej väderexponerat värmebehandlat trä



Figur 29. FTIR tester på ej väderexponerat brandimpregnerat trä



Figur 30. FTIR tester på väderexponerat brandimpregnerat trä som exponerats i 6.5 veckor

6 Analys

I följande kapitel så kommer resultaten som presenterades i föregående kapitel att analyseras och jämföras.

6.1 Analys av väderdata

Den väderdata som tagits fram för de paneler som testats visar på en tydlig minskning av både UV-strålning från solen och daglig medeltemperatur. Dessa resultat är förväntade med tanke på att data har hämtats under perioden september-november. Vad gäller nederbörd så har panelen som väderexponerats längst totalt fått utstå ungefär 200 mm regn. Vid jämförelse med accelererad åldring som under 12 veckor ska motsvara en nederbörd på 20 000 mm regn så har dessa paneler inte påfrestats i närheten av lika mycket. Det 200 mm regn som panelerna totalt väderexponerats för motsvarar endast 1% av den vattenexponering som ges vid accelererad åldring.

6.2 Analys av resultat från konkalorimetern

Tester på de träpaneler som inte hade väderexponerats gav större varians i resultatet än de exponerade panelerna. Exponerade paneler testades vid tre tillfällen, efter 4, 6.5 och 11 veckors naturlig väderexponering. Vid dessa tester visades ett tydligare samband, dels mellan olika provbitar ifrån samma panel, dels mellan panelerna. Medelvärden och standardavvikelser togs fram för att analysera hur signifikant skillnaden var mellan de olika materialen, se Tabell 21. Variansen för tid till antändning och maximal effektutveckling var lägre än för de ej exponerade panelerna

Medelvärdet för tid till antändning är som högst för det ej exponerade materialet, samtidigt som maximal effektutveckling är lägst. Vid samtliga strålningsnivåer kan det utläsas en betydligt högre standardavvikelse för de ej väderexponerade träpanelerna, både vad gäller tid till antändning och maximal effektutveckling. Det ska poängteras att samtliga provbitar är tagna från samma tillverkningsomgång. Så det förefaller som att det kan finnas stor spridning i hur väl impregneringen fördelar sig i de olika panelerna från samma tillverkningsomgång.

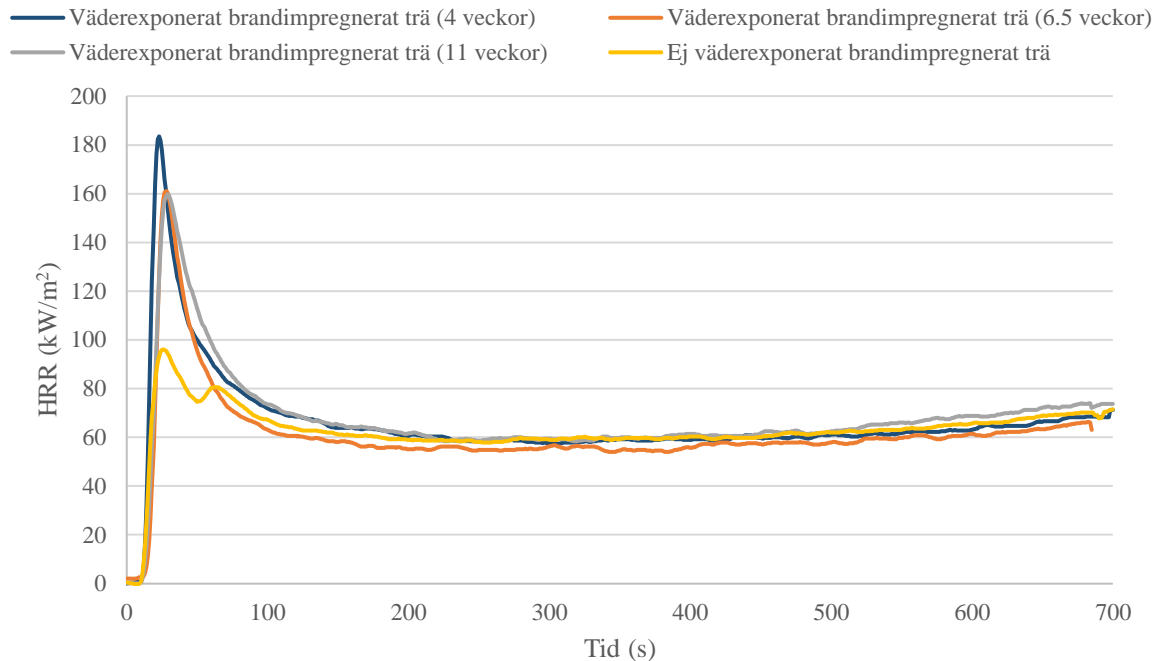
Tabell 21. Medelvärde och standardavvikelse för material med olika väderexponering vid olika strålningsnivåer.

Strålningsnivå (kW/m ²)	Material ¹	Tid till antändning (s)		Peak HRR (kW/m ²)	
		Medelv.	Stdav.	Medelv.	Stdav.
50	Ej exponerat brandimpregnerat trä	22	15	124	35
	Exponerat brandimpregnerat trä (4 veckor)	17	1.7	185	17
	Exponerat brandimpregnerat trä (6.5 veckor)	19	2.6	165	2.1
	Exponerat brandimpregnerat trä (11 veckor)	18	3.6	176	1.2
40	Ej exponerat brandimpregnerat trä	63	62	102	35
	Exponerat brandimpregnerat trä (4 veckor)	25	2.5	189	9.6
	Exponerat brandimpregnerat trä (6.5 veckor)	25	0.6	157	5.5
	Exponerat brandimpregnerat trä (11 veckor)	26	2.0	175	20
30	Ej exponerat brandimpregnerat trä	66	42	82	24
	Exponerat brandimpregnerat trä (4 veckor)	40	2.1	194	7.0
	Exponerat brandimpregnerat trä (6.5 veckor)	40	3.8	142	12
	Exponerat brandimpregnerat trä (11 veckor)	41	1.5	162	7.0

1) För beräkningarna har provbit B3 uteslutits på grund av dess långa tid till antändning (894s) och det missvisande resultat det ger kring medelvärdet och standardavvikelsen

För att tydligt illustrera skillnaderna i tid till antändning och effektutvecklingen mellan de olika materialen och strålningsintensiteterna så kompletterades Tabell 21 med Figur 31.

Medelvärde vid 50kW/m² strålning



Figur 31. Medelvärden på effektutveckling för de olika materialen testade vid 50kW/m² strålning.

Grafen visar ett medelvärde för effektutvecklingen under brandförloppet vid 50kW/m². Eftersom 50kW/m² är den strålningsintensitet som följer ISO 5660–1 så är det den nivån som används för den jämförande grafen för medelvärdena för försöken. Det väderexponerade materialet har en högre effektutveckling än det som inte väderexponerats. Något som också kan utläsas från figuren är att medelvärdet på effektutvecklingen skiljer sig som mest mellan det ej exponerade och det som exponerats i 4 veckor. Effektutvecklingen har alltså inte ökat mellan varje enskilt provtillfälle för det exponerade panelerna. Detta är också ett resultat som indikerar att impregneringen tidigt lakas ut ur materialet. För syftet med impregneringen är att fördröja tiden till antändning och att minska den totala effektutvecklingen. Det går tydligt att utläsa från tabell och graf att detta fenomen efterföljs efter exponering.

6.2.1 T-test analys av resultat från konkalorimeter

En t-test analys har utförts på resultaten från konkalorimetern enligt avsnitt **Error! Reference source not found.** Nollhypotesen innebär i detta fall att ingen signifikant skillnad kan avläsas ur resultaten för de ej exponerade och de exponerade testerna. Signifikansnivån sattes till 0.05 vilket innebär att allt under detta värde visar på en signifikant skillnad mellan de olika panelerna. Tabellen nedan visar resultaten från t-testerna baserat på effektutveckling och tid till antändning. En tydlig statistisk signifikans kan avläsas för effektutvecklingen. Tid till antändning visar däremot varierande resultat.

Tabell 22. T-test på effektutveckling och tid till antändning mellan det ej väderexponerade och det väderexponerade brandimpregnerade träet.

Strålningsnivå (kW)	Peak HRR (kW/m ²)	Tid till antändning (s)
50	0.004	0.24
40	$3.9 \cdot 10^{-5}$	0.03
30	0.0001	0.11

Ett t-test utfördes även på FIGRA värden. Panelerna med olika exponeringstid jämfördes vardera med det ej exponerade materialet för att analysera om det fanns en signifikant skillnad och hur signifikansnivån skiljer sig åt beroende på exponeringstiden. Resultaten visar på en tydlig statistisk skillnad. Däremot kan ingen slutsats dras som säger att signifikansnivån ökar med exponeringstiden, se tabellen nedan.

Tabell 23. T-test på FIGRA värden mellan det ej väderexponerade och det väderexponerade brandimpregnerade träet.

Exponeringstid (veckor)	FIGRA
4	$6.98 \cdot 10^{-6}$
6.5	0.0004
11	$7.69 \cdot 10^{-5}$

6.3 Analys av ANSI/FM 4880 beräkningar

Nedan presenteras framtaget TRP samt medelvärden för FPI och SDI för kring respektive testtillfälle.

Tabell 24 Framtagen Thermal Response Parameter (TRP) samt medelvärde på Fire propagation index (FPI) och Smoke development index (SDI) för samtliga tester

Tester	TRP	FPI _{avg}	SDI _{avg}	Datum för test
Ej väderexponerat brandimpregnerat – test 1	305	12.5	1.15	26/9–27/9
Ej väderexponerat brandimpregnerat – test 2	282	15.5	0.08	24/10
Väderexponerat brandimpregnerat (4 veckor)	226	22.8	0.07	17/10
Väderexponerat brandimpregnerat (6,5 veckor)	230	20.9	-	9/11
Väderexponerat brandimpregnerat (11 veckor)	230	21.6	0.04	6/12

Medelvärden togs sedan fram med hjälp av samtliga värden ovan och den procentuella skillnaden beräknades mellan det ej väderexponerade och det väderexponerade träet. Procentuell skillnad beräknades genom det absoluta värdet av värdeförändringen, dividerat med medelvärdet av de 2 talen, multiplicerat med 100.

Tabell 25. Medelvärde och procentuell skillnad mellan det ej väderexponerade och det exponerade brandimpregnerade träet

Material	TRP _{avg}	FPI _{avg}	SDI _{avg}
Ej väderexponerat brandimpregnerat	294	14	0.62
Väderexponerat brandimpregnerat	229	22	0.06
Procentuell skillnad	25	43	167

6.3.1 T-test analys av resultat på ANSI/FM beräkningar

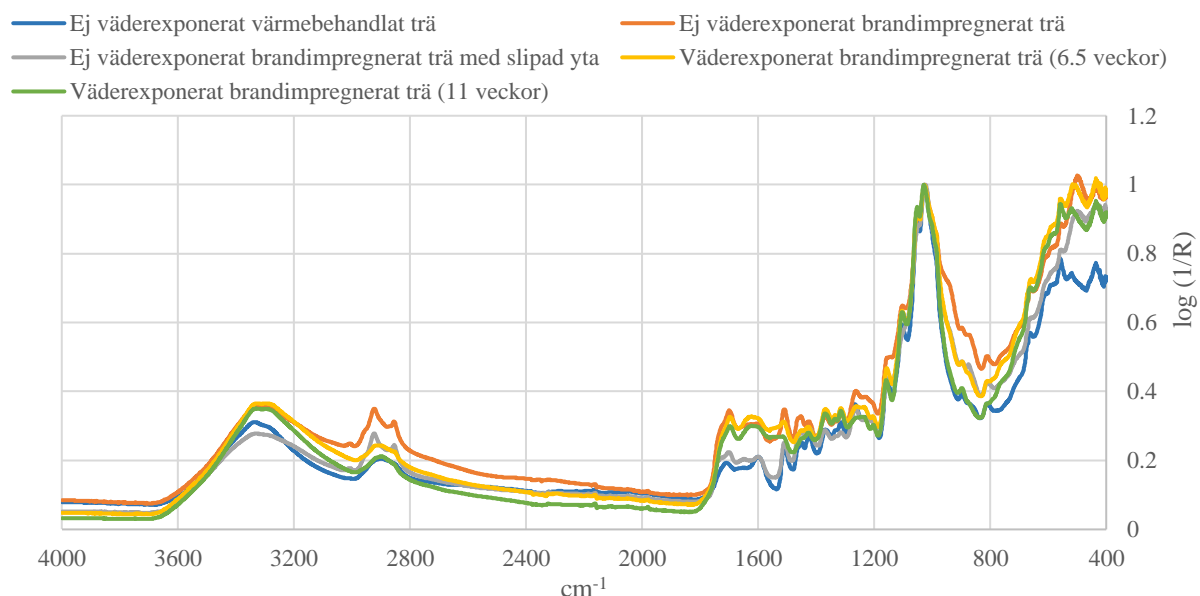
Tabell 26. T-test från medelvärden på TRP, FPI och SDI mellan det ej väderexponerade och det väderexponerade brandimpregnerade träet

TRP	FPI	SDI
0.05	0.04	0.24

6.4 Analys av resultat från spektrometern

Absorptionsvärdena på y-axeln är normaliserade kring det maxvärde som uppstår omkring 1030 cm^{-1} . Detta för att utgångspunkten i analysen är att jämföra hur de kemiska bindningarna hos brandimpregneringen i provbiten förhåller sig till de kemiska bindningarna av cellulosan i träet. Med hjälp av denna normalisering kan skillnaden mellan mängden impregnering i de olika materialen observeras. Det ej exponerade materialet visar på två toppar vid omkring 2890 cm^{-1} som är referenspunkten, se avsnitt **Error! Reference source not found.** Samma två toppar kan utläsas från det ej exponerade materialet som har slipats med sandpapper på ytan, men med en lägre absorption. Det tyder på att samma bindningar finns kvar efter att ytan har blivit slipad, fast i minskad mängd. De ej exponerade panelerna har i stället en avrundad topp som snarare efterliknar det värmebehandlade träet både i utseende och absorption. Resultatet visar att det väderexponerade materialet är mer likt det värmebehandlade träet än vad det är likt det ej exponerade materialet.

Jämförelse mellan FTIR tester



Figur 32. Jämförelse mellan FTIR tester på olika material

Det gjordes ett antal olika tester för varje material. Samtliga tester redovisas i Bilaga D. Från dessa går det att se att reproducerbarheten för proverna var god. Testerna som gjordes för dem olika materialet visade små variationer. Detta är något som gör att resultatet får högre trovärdighet.

7 Diskussion

I följande avsnitt kommer diskussion att föras gällande bland annat arbetets upplägg, resultat samt eventuella osäkerheter och begränsningar.

7.1 Metod

I följande kapitel kommer studiens metodval att diskuteras.

7.1.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie syftar till att undersöka och utvärdera den forskning som finns inom ett visst område. Detta implementeras genom en systematisk sökning efter publicerade artiklar och forskningsrapporter som är väsentliga för det ämnet som avses att undersöka.

Då följande studie har syftat till att undersöka brandimpregnerat trä och dess beständighet så har rapporten följt en experimentell metodik. Dock utfördes en grundlig litteraturstudie i början av arbetet för att skapa en förståelse över ämnet och undersöka tidigare artiklar som publicerats. Något som tidigt blev tydligt var att det inte finns alltför många vetenskapliga artiklar som publicerats som undersöker beständigheten hos brandimpregnerat trä. Det finns ett fåtal som undersökt beständigheten över en tioårs period och några arbeten som undersökt dess beständighet jämfört med vanligt värmebehandlat trä. Således fattades beslutet att genomföra en experimentell studie med egna praktiska försök.

7.1.2 Enkätstudie

För att skapa en grund och förstå hur de som arbetar med brandimpregnerat trä pratar om det på en daglig basis fokuserades en stor del av arbetet på att föra samtal med olika relevanta aktörer. Detta gav en tydligare bakgrund till ämnet som kunde byggas vidare på. Men för att kunna involvera alla tankar och åsikter från branschen genomfördes en mindre enkätstudie. Frågorna fokuserade på vilka fördelar och nackdelar som finns med materialet och hur det kan göras till ett säkrare byggmaterial i framtiden.

Studien genomfördes i form av enkäter som skickades ut via mejl. Respondenterna fick svara på frågorna en i taget och enkäten bestod av totalt sex frågor. Anledningen till att en enkätstudie valdes att genomföra var att varje respondent kunde få ta sin tid i lugn och ro och hinna tänka igenom sina svar noggrant innan frågorna besvarades. Svaren blev på så sätt mer kortfattade än om intervjun hade genomförts muntligt men troligtvis blev svaren mer kvalitativa än kvantitativa.

Något som hade gjort studien mer kvantitativ vore om enkäten skickades ut till fler personer. Kanske hade det lett till att ännu fler tankar och åsikter lyfts fram. Men då de flesta svarade likt varandra på många utav frågorna är det också rimligt att anta att fler intervjuer inte hade förändrat resultatet avsevärt mycket. Det hade dock varit intressant att höra från andra intressenter såsom tillverkare och fler forskare inom ämnet. Ett försök gjordes att nå ut till fler aktörer men svar uteblev.

7.1.3 Experimentell metod

Arbetet syftade i huvudsak till att undersöka brandimpregnerat trä och dess beständighet. När det gäller tester och experiment gällande brand och brandegenskaper hos material så är det alltid mer relevant att göra storskaliga försök. Detta eftersom det kan vara mycket stor variation i hur ett prov beter sig när det endast är en liten provbit som utsätts för strålning och hur det beter sig när det är ett större uppbyggt testförsök med flera kvadratmeter material

brinner. Då det varken fanns möjlighet eller budget till att genomföra ett större projekt såsom SP Fire 105 eller SBI (Single Burning Item) valdes i stället att utföra tester och prover i mindre skala för att sedan importera all relevant data till predikteringsprogrammet ConeTools för att korrelera mindre försök med ett storskaligt. Metoden som valdes för denna studie efterföljer ISO 5600–1. Denna testmetod utförs via ett småskaligt test i konkalorimetern som inte kräver lika mycket resurser som ett försök i större skala. En av fördelarna med denna testmetod var dock att resultaten kunde matas in i programmet ConeTools för att kunna prediktera brandklass efter det utförda försöket i konkalorimetern. Resultaten från ConeTools kan dock anses något konservativa. Då ConeTools är ett utav ytterst få program som kan göra det typen av predikteringar så fanns det inte så många andra alternativ. Däremot bedömdes ConeTools som ett trovärdigt program med tanke på att det utvecklats av RISE.

Redan i ett tidigt skede av rapporten fanns det en tanke att undersöka flera olika typer av impregnering för att kunna få ett så heltäckande resultat som möjligt. På marknaden finns det olika typer av aktörer, där den kemiska sammansättningen varierar på impregneringen. I detta arbete har endast en typ av material med en typ av impregnering undersökts. Om en mer heltäckande studie skulle genomförts så hade flera olika material med olika typer av impregnering också undersökts. Det hade även varit intressant att undersöka brandskyddsmålning. Dock gjordes en avgränsning tidigt i arbetet att denna studie inte skulle undersöka den typen av brandskydd. Denna avgränsning gjordes för att kunna fokusera helt på en typ av brandskydd och undersöka det så noga som möjligt.

Arbetets tanke från början var också att undersöka en längre exponeringstid än de elva veckor som blev maximala exponeringstiden för denna studie. Anledningen till detta var den stora utmaningen i att få tag på material. Hade material kunnat tillhandahållits i tidigt skede så hade paneler placerats ute redan innan sommaren 2023. Nu sattes panelerna i stället på plats den 13:e september 2023. Om mer tid hade funnits tillgängligt så hade panelerna fått exponerats så länge som möjligt för att verkligen kunna se hur beständigheten förändras långsiktigt.

7.2 Enkätstudie

En av de intressanta sakerna som kunde utläsas från svaren är att kunskapen gällande beständigheten hos materialet inte är så hög inom branschen, vilket är fullt förståeligt. Det förlitas fullt på klassificeringar och certifikat som sätts från högre nivå.

Vid frågan om vilka fördelar som finns med brandimpregnerat trä som byggnadsmaterial var svaren ungefär detsamma från samtliga deltagare. Det som nämndes var att trä är ett ”förnybart organiskt material” men också att det ger ett ”osynligt brandskydd”. Detta är något som nämns ofta om varför trä är ett bättre byggnadsmaterial jämfört med många material som betong och stål. Både eftersom vid tillverkning så släpps mindre växthusgaser ut och när fler träd planteras så finns det fler träd som kan binda koldioxid innan dessa tar sig ut i atmosfären.

Även vid frågan vilka utmaningar som finns kopplat till brandimpregnerat trä, både nu och i framtiden, så pratade alla deltagare om samma sak. Utmaningarna anses främst gälla beständigheten och om det går att säkerställa att erforderlig skyddsnivå bibehålls. De flesta var också överens om att det idag inte finns tillräckligt med kunskap inom området och ämnet för att kunna klassificera brandimpregnerat trä som brandsäkert över en längre tid. Det nämndes att ”det behövs mer kunskap om nedbrytningsmekanismer och sätt att bevisa beständigheten”. Vid frågan om kraven som ställs i LSO är tillräckliga och tydliga så svarade några av deltagarna ”Finns det krav på det i LSO?” och ”Osäker på vilken paragraf som avses, men jag har aldrig sett det tillämpas”.

Det ställdes även en fråga som undrade hur en lösning kan se ut gällande underhåll av en fasad alternativt få tillbaka de brandskyddande egenskaperna. Här var de flesta deltagarna osäkra på om det går att påvisa att beständigheten inte är så lång som det sägs bör materialet inte användas från första början då underhåll är väldigt kostsamt. Oavsett om det handlar om att underhålla med brandfärg, byta ut fasaden eller impregnera om fasaden så är det inget alternativt som är vidare hållbart över en längre tidsperiod.

Det som går att utläsa från dessa svar är att det inte finns en tydlig lösning som både är praktiskt hållbar och ekonomiskt försvarbar just nu. I ett bredare perspektiv så kan det diskuteras om det verkligen är mer hållbart och miljövänligt att bygga med trä och det måste underhållas efter några år och med nära mellanrum. En utav fördelarna att bygga med betong eller stål är att dessa kräver väldigt lite eller inget underhåll alls ur ett brandperspektiv. I och med att materialen är obrännbara så uppfylls alla kraven utan större underhåll. I de fallen som stål tillhör den bärande konstruktionen så finns det krav hur länge byggnaden ska vara hållfast. I dessa fall så kan brandskyddsfärg användas på konstruktionen, men dessa kräver inte underhåll i samma utsträckning som brandimpregnerat trä eftersom stålet inte påfrestas av väder och vind då det befinner sig inomhus.

7.3 Väderdata och åldring av trä

Den naturliga åldringen av det brandimpregnerade träet är en av de viktigaste faktorerna för materialets beständighet. Det var därför en viktig del av arbetet att kunna undersöka hur panelerna har påverkats av vädret under tiden de har exponerats. Väderstationen som användes för denna rapport var belägen en bit bort från själva ställningen där panelerna monterats. För att väderdatan skulle varit ännu mer exakt hade en väderstation som varit belägen närmare de exponerade panelerna använts. För just detta fall så var inte det möjligt eftersom väderstationen som är belägen vid LTH:s fastigheter inte var i funktion då denna rapport skrevs. Det är svårt att säga om den väderpåfrestning som panelerna utsattes för under exponeringstiden är representativt för hur ett praktiskt förlopp kan se ut. Exteriört fasadmaterial som är brandimpregnerat kan användas på alla typer av platser med olika typer av väderförhållanden. Detta gör att den påfrestning som panelerna som använts för detta projekt går att se som representativa för ett verkligt fall. Materialet kan behöva utstå solljus, regn eller snö i stora mängder och ska därför klara av alla typer av yttre påfrestningar.

En av frågeställningarna i rapporten syftade till att undersöka hur väl den accelererade åldringen går att jämföra med naturlig åldring av trä. Efter utförda tester så går det att ifrågasätta hur väl dessa olika åldringstyper är jämförbara. När ett material åldras på ett påskyndat sätt så är det en viktig faktor som inte tas hänsyn till. Provet utsätts för stora mängder vatten och hög mängd UV-strålning för att blöta ned och torka ut materialet. Däremot tas ingen hänsyn till tiden. Det kan finnas en skillnad att utsätta ett material för mycket påfrestning under kort tid och att succesivt under lång tid utsätta materialet för en mindre påfrestande mängd. För de accelererade testerna som utförs enligt metod A som redogjorts för i kapitel ATSM D-2898 - Accelererad åldring Detta område är fortfarande något som kräver mer forskning innan några slutsatser kan dras men efter de tester som utförts i denna studie så finns det resultat som stödjer tesen att accelererad åldring inte helt går att likställa med naturlig åldring.

7.4 Ingående data för provbitar till tester

Det finns många parametrar som gör det svårt att undersöka trä i dessa typer av studier. Eftersom trä inte är ett homogent material så kan det ske väldigt stora variationer i materialet.

Vid själva impregneringsprocessen finns det risk för att alla delar av träet inte impregneras på samma sätt. Det kan vara risk för att kvistar i materialet försvårar impregneringen och skapar svaga punkter i materialet som inte är impregnerade på samma sätt som resterande panelen. Dock så har dessa kvistar i träet högre densitet än andra delar vilket gör att antändningstiden blir längre. Så det är svårt att dra någon slutsats om de proverna som hade större kvistar är mer konservativa i sina resultatet eller motsatsen.

En annan faktor som kan ha en påverkan på resultatet är den uppmätta fuktkvoten i de olika provbitarna. Fuktkvoten uppmättes med hjälp av en fuktkvotsmätare. Att trä inte ett homogent material gör att fuktkvoten inte är densamma i hela provbiten, det beror på vart mätningen görs. Under tidpunkterna som dessa mätningar utfördes så kunde fuktkvoten variera i samma provbit mellan från 6% till 15%. Detta var något som utlästes på samtliga provbitar, oavsett om det var impregnerat, exponerat eller inte. Det valdes då att göra en mätning på varje sida av provbiten och ta ett medelvärde av de utlästa värdena.

7.5 Praktiska tester i konkalorimeter

När de praktiska testerna skulle utföras i arbetet fanns det parametrar som behövde väljas ut för att få en så vetenskaplig studie som möjligt. När testerna utfördes i konkalorimetern valdes tre olika strålningsnivåer att undersöka för det ej exponerade träet och de exponerade träet. Detta beslut togs för att undersöka två lägre strålningsintensiteter än den på 50kW/m^2 som följer standarden ISO 5660–1 för att se om variansen förändras vid olika strålningsintensiteter. Undantaget är från första provtillfället den 26:e september. Dessa tester skulle utföras på 50 kW/m^2 men visade sig efter kalibrering vara på 57 kW/m^2 . Dessa resultat har tagits med i resultatet men har inte analyserats och jämförts på samma sätt mellan de olika panelerna då inget väderexponerat trä har testats på 57kW/m^2 .

Det första anmärkningsbara som kunde konstateras efter bara några veckors exponering var visuella nyanskillnader i träet som väderexponerats och det som endast legat i källaren var stor. Det brandimpregnerade träet som exponerats för väder och vind hade en mycket ljusare ton än det som låg kvar i källaren, se Figur 33.

En annan detalj som observerades tidigt var att de provbitar som hade längre antändningstid hade alla fläckar på sig av det som antogs vara urlakad impregnering, se Figur 34. Vid själva provningen av dessa bitar gick det även att se att dessa fläckar reagerade genom en svällande reaktion vid påverkan av värmen från konkalorimetern.



Figur 33. Bild som visar nyansskillnad mellan ej väderexponerat brandimpregnerat trä (vänster) och 11 veckors exponerat brandimpregnerat trä (höger)



Figur 34. Bild som visar fläck på provbit

En annan egenskap som observerades redan innan första testerna i konkalorimetern var att vissa provbitar hade stora kvistar som påverkade dess vikt. Figur 35 visar ett exempel på hur vikten kunde variera på grund av dessa kvistar, där G1 vägde ca 20% mer än G2. Detta är en egenskap hos träet som kan ha påverkat dess förmåga att suga åt sig impregnering, vilket i sin tur kan ha påverkat både tid till antändning och effektutvecklingen. Mellan just provbit G1 och G2 så gav detta olika resultat i konkalorimetern. G1 hade en antändning på 21s medan G2 antände vid 14s. Detta skillnad kunde även påvisas mellan en del andra provbitar men det fanns även resultat som visade på motsatsen. Då ett inte tillräckligt stort antal provbitar och paneler har hunnit testas i detta arbete kan dock inga slutsatser dras kring detta.



Figur 35. Jämförelse mellan provbit G1 (vänster) och G2 (höger)

Som tidigare påvisats så gav de första testerna på ej väderexponerat trä väldigt varierande resultat mellan provbitarna hos panel A och B. Detta gäller både tid till antändning och maximal effektutveckling. En möjlig förklaring till detta skulle kunna vara att innan materialet har exponerats för väder och vind så ligger impregneringen ojämnt i träet. Olika paneler kan ta upp olika mängd impregnering på grund av densitet och andra ojämnheter i träet. Eftersom trä inte är homogent så går det aldrig att garantera att samma mängd impregnering finns i alla paneler eller ens lika i varje panel. Det kan vara så att impregneringen börjar laka ur redan efter någon vecka och att impregneringen då lägger sig jämnare i materialet. Det som gör detta resultat särskilt intressant är dock att provbitarna som

visar på så stor skillnad i resultat är tagna från samma panel och varierar i vissa fall mellan intilliggande provbitar. Viktigt att påpeka är dock att variansen mellan provbitarna på panel A och B minskar om de provbitar som haft fläckar på ytan inte beaktas.

Det finns en del slutsatser som kan dras från alla tester som gjorts på exponerat trä i jämförelse med det ej exponerade. En skillnad som kunde avläsas var den maximala effektutvecklingen. Det ej exponerade träet visar på en betydligt lägre maximal effektutveckling vid alla tre testade strålningsnivåer. Tester på det ej exponerade materialet ger ett medelvärden hos effektutvecklingen på 124 kW/m², 102 kW/m² och 82 kW/m². För de exponerade panelerna varierade medelvärdet lite mer där lägsta medelvärde låg på 142 kW/m² och det högsta på 194 kW/m². Detta innebär att av de tre paneler som testats efter exponering i 4, 6.5 och 11 veckor så hade den panelen med lägst effektutveckling fortfarande 40% högre värde än för det högsta värdet på det ej exponerade panelerna. En ytterligare viktig detalj är att standardavvikelsen var som högst för de ej exponerade panelerna vid jämförelse med övriga material på samtliga strålningsnivåer. Det innebär att även osäkerheten i resultaten är högre för de panelerna som inte har exponerats än för de som har exponerats. Efter att ha utfört en t-test analys på effektutvecklingen kunde det även konstateras att det fanns en signifikant skillnad mellan de ej väderexponerade och de exponerade brandimpregnerade panelerna.

Även tid till antändning skiljde sig mycket mellan de olika materialen. De ej exponerade panelerna hade både högre medelvärden och standardavvikelser vid samtliga strålningsnivåer. Den minsta skillnaden mellan materialen var vid 50 kW/m² strålning. Där var medelvärdet för ej exponerat material 22s varpå material som exponerats i 6.5 veckor hade ett medelvärde på 19s. Standardavvikelsen var 15s respektive 2.6s. Högsta skillnaden kunde avläsas på 40 kW/m², mellan exponerat och ej exponerat. Där var medelvärdet för tid till antändning 63s med en standardavvikelse på 62s, respektive 25s med en standardavvikelse på 0.6s. Även här kan det alltså konstateras att variansen är betydligt högre för de paneler som inte har exponerats. Efter utförd t-test analys av tid till antändning observeras en signifikant skillnad på 40 kW/m² strålning mellan de ej väderexponerade och det väderexponerade brandimpregnerade panelerna. Ingen signifikant skillnad kunde däremot konstateras vid 50 kW/m² och 30 kW/m² strålning.

7.6 ConeTools

För samtliga utförda tester i konkalorimetern så utfördes även en simulering i predikteringsprogrammet ConeTools för att kunna prediktera vilken Euroklass som materialet hade klassificerats som. Det är viktigt att ha i åtanke att resultaten från ConeTools är konservativa värden som inte helt ligger till grunden för hur ett material klassas men det är ett verktyg som kan sammankoppla småskaliga försök med storskaliga för att få en bild av hur materialet eventuellt hade betett sig.

För de testerna som utfördes på ej exponerat material så var resultaten i ConeTools väldigt varierande. Allt ifrån klass A2/B till klass D. Detta betyder att för vissa av provbitarna så uppfylls det kriteriet som är satt och för vissa provbitar gjordes det inte det. Viktigt att poängtera är dock att övervägande del av provbitarna hade lägre brandklass än A2/B. Det är svårt att veta vad detta predikteringsvärde hade motsvarat enligt SBI men en slutsats som går att dra är att samtliga provbitar definitivt inte uppnår de krav som ställs på brandklassen i SBI enligt ConeTools predikteringsmodell. Även då ConeTools är ett konservativt predikteringsprogram så ligger många av provbitarna långt ifrån det FIGRA värde som förväntas hos EXT-klassat trä.

Något som var förvånande var att det kunde skilja väldigt mycket i resultatet från provbitar som var tagna från samma panel, utsatta för samma strålningsintensitet. Detta gäller främst för det ej exponerade materialet. Det exponerade materialet och det trä som endast är värmebehandlat har visat på en mycket lägre varians i dess FIGRA värden och resulterande brandklass. Det kan, som tidigare nämnt, ha att göra med att mängden impregnering varierar en del mellan provbitarna. Dock var resultaten från provtillfälle två anmärkningsvärt. Detta var tester som utfördes på provbitar som tillhörde paneler som exponerats utomhus i fyra veckor. Samtliga provbitar hade en predikterad klass på D vilket generiskt brukar ansättas för obehandlade träprodukter. Det var alltså ingen provbit som hade ett predikterat värde att klara de standarder och kriterier som sätts på brandimpregnerat trä.

7.7 Beräkningar enligt ANSI/FM 4880

Beräkningarna enligt ANSI/FM 4880 utfördes som ett komplement till konkalorimetertesterna för att se om det finns en korrelation mellan dessa. Lägre TRP kunde påvisas för samtliga tester som utfördes på det väderexponerade materialet. Detta antyder på att det väderexponerade brandimpregnerade träet har en minskad förmågan att motstå och hantera ökande temperaturer jämfört med det ej väderexponerade träet. FPI visade i sin tur ett ökat värde för det väderexponerade materialet, vilket indikerar att materialet har en ökad benägenhet att brinna utanför sin antändningszon.

Medelvärden togs fram i analysen för de tre parametrarna TRP, FPI och SDI. Medelvärdet kring TRP och FPI påvisade procentuell skillnad på 25% respektive 43% mellan de ej väderexponerade panelerna och de som hade väderexponerats. SDI värdet hade en procentuell skillnad på 167% mellan de olika panelerna.

Ett t-test utfördes även här, där en signifikant skillnad kunde påvisas för TRP och FPI. Däremot kunde ingen signifikant skillnad påvisas för SDI. En förklaring till detta kan vara att mätningarna kring rökproduktionen varierade mycket mellan testerna i konkalorimetern. Vissa tester gav inga utslag alls kring rökproduktionen medan andra gav väldigt höga värden.

7.8 Praktiska tester i spektrometer

Efter de utförda testerna i konkalorimetern gick det att påvisa en viss skillnad i de brandskyddande egenskaperna för det värmebehandlade, väderexponerade och ej väderexponerade materialet. För att tydligare kunna avgöra vad anledningen till skillnaden mellan materialen så valdes det att undersöka den kemiska uppbyggnaden i en spektrometer med hjälp av FTIR, se avsnitt **Error! Reference source not found.**

Efter de utförda testerna gick det att se en tydlig skillnad mellan det ej väderexponerade materialet och det väderexponerade materialet. Detta är något som tyder på att impregneringen tidigt lakas ut ur materialet. Det i sin tur kan vara en faktor till den tydliga skillnaden i tid till antändning och effektutveckling som kunde utläsas ur resultaten från testen i konkalorimetern.

För att kunna stärka detta argument ytterligare skulle det ha varit passande att göra ännu fler tester i spektrometern med mer material som har väderexponerats under längre period för att på så sätt kunna validera resultatet ännu mer. Dock var inte detta en möjlighet då tiden blev en begränsande faktor. Utrustningen som användes för dessa mätningar finns på Köpenhamns universitet och detta gjorde att möjligheten att använda utrustningen var begränsad. Det är

även relevant att personer med högre utbildning inom detta område utvärderar dessa resultat då det finns mycket väsentlig data att analysera från dessa tester.

7.9 Byggnadsregler och krav

En stor del av arbetet har syftat till att undersöka hur länge en fasad i brandimpregnerat trä faktiskt behåller sina brandskyddande egenskaper. En utav frågeställningarna som tidigt dök upp i arbetet gällde vilka krav och lagar som reglerar beständigheten. Det är Boverkets byggregler (BBR) som styr lagar och krav vid själva byggskedet, vilka ytskiktsskrav som gäller för byggnadsklasser och liknande. Här finns det alltså krav på vilka fasadmaterial som får användas i en byggnad som ska uppföras eller renoveras. För byggnadsklass Br1 ska fasadmaterialet uppfylla minst ytskiktssklass B-s1,d0 eller uppfylla testet SP Fire 105. Men dessa kriterier ska endast uppfyllas när byggnaden uppförs. Så det är alltså inte BBR som reglerar beständigheten för materialet. När byggnaden väl har fått tas i bruk så är det i stället LSO (Lagen om Skydd mot Olyckor) som reglerar hur en byggnads underhållsarbete ska skötas för att anses vara i brukligt skick. Det är här som tydligheten gällande beständighet blir lite oklar. Enligt LSO ska en byggnad ha ett ”skäligt” brandskydd. Men vad är ett skäligt brandskydd? En rimlig bedömning är att brandskyddet inte avsevärt ska försämrans under byggnadens livstid. Det går att argumentera för att brandskyddet gällande fasaden är skäligt i och med att materialet som används är klassat att användas utomhus och enligt denna klassificering ska klara av flera år av yttre påverkan av väder och vind. Men den forskning som gjorts av bland andra Birgit Östman och Lazaros Tsantaridis visar tydligt att den accelererande åldringen inte går att likställas med naturlig åldring av trä. Studien som Birgit och Lazaros utförde 2016 (49) kunde konstatera att brandskyddet inte längre skulle vara skäligt efter 10 år av bruk utomhus. Behövs hela fasaden bytas ut och ersättas med nya paneler? Eller bör panelerna i stället brandmålas med jämnare mellanrum? Är detta en kostnadseffektiv lösning? För en utav anledningarna till att trä har blivit ett populärt material att bygga med är just den positiva miljöpåverkan. Men om fasaden eventuellt måste bytas ut efter bara några år eller kontinuerligt brandmåla paneler är det då så miljövänligt och kostnadseffektivt egentligen? Det finns krav att tillverkare ska tillhandahålla en underhållsplan för materialet men denna plan innehåller oftast bara rekommendationer på hur panelerna ska hållas rena och att de ska hållas hela och intakta. Ingenting gällande underhåll för brandimpregnering och beständigheten gällande denna. Vilket, i vår mening, bör vara ett krav.

Utifrån testerna som har utförts i denna studie så förändras beständigheten redan efter några veckor av påverkan från väder och vind. Tillsammans med tidigare studier skulle det kunna dras någon typ av slutsats att brandimpregneringen tappar hela sin motståndskraft mot brand redan efter några år. Är det då relevant att tillsätta en utredning i Sverige för att se över hur många större byggnader som använt brandimpregnerat trä i fasaden och undersöka panelerna som finns i mindre tester. Går det att dra slutsatsen att materialet inte håller en den sagda brandklassen längre så finns det ett större arbete att uträtta i Sverige på träfasader.

Med tanke på den oklarhet som finns så bör, utan beaktande av detta arbetes experimentella resultat, ett tydligare regelverk kring beständighet utvecklas. Det bör även undersökas vidare hur väl metoderna för accelererad åldring går att likställa med naturlig åldring.

7.10 Osäkerheter och begränsningar

Oavsett noggrannheten i en studie så finns det alltid osäkerheter och begränsningar som gör att resultaten inte blir lika pålitliga och på så sätt gör att ett arbete kan ifrågasättas.

En faktor som kan ha påverkat de testade panelerna är att de exponerats av väder på både fram och baksida. När ställningarna skapades och panelerna monterades upp så gjordes detta med en lutning på 10° med en öppen baksida. I ett korrekt fall så byggs en fasad vidare med eventuell luftspalt och isolering. För detta projekt fanns det varken ekonomisk möjlighet eller tillräckligt med tid till att efterlikna detta, varav en enklare ställning byggdes. En liknande typ av uppställning har dock även använts i en tidigare studie gjord av Östman (49), där brandimpregnerade paneler monterades på liknande sätt. Med tanke på att panelerna har blivit exponerade för väder från båda hållen så kan urlakningen eventuellt ha skett snabbare.

En annan osäkerhet som är värd att nämna är att det inte går att säga utan tvivel att panelerna som använts till denna studie inte tillhör en dålig tillverkningsomgång. När ett material godkänns efter test enligt metoden SP Fire 105 så är det hela systemet som godkänns. Vissa paneler kan ha tagit upp mer eller mindre mängd impregnering men hela fasaden är fortfarande godkänd för att brukas. Det finns dock tidigare forskning som drar liknande slutsatser som denna studie vilket gör att detta anses vara en mindre osäkerhet.

Mätfel och slumpmässiga fel är en konstant utmaning inom experimentell forskning och kan vara svåra att utesluta helt. Mätfel uppstår när de använda instrumenten eller mätmetoderna inte exakt återspeglar den egenskap som avses att mätas. Detta kan vara resultatet av tekniska begränsningar, kalibreringsproblem eller variationer i mätningarna över tid. Slumpmässiga fel refererar till variationen som naturligt förekommer vid upprepade mätningar på samma enhet under liknande förhållanden. Dessa fel är inte systematiska och kan vara svåra att förutse. Det är svårt att helt utesluta mät- och slumpmässiga fel eftersom de ibland kan vara resultat av okända faktorer. I detta arbete har det däremot strävats efter att minimera dessa fel genom noggranna kalibreringar av konkalorimeter, användning av tillförlitliga mätinstrument och upprepade mätningar för att fånga upp och reducera variationer. Även ett flertal olika metoder såsom litteraturstudie, enkätstudie, konkalorimeter och FTIR tester har använts för att kunna stärka resultaten. Trots dessa ansträngningar är det sällan möjligt att helt eliminera mätfel och slumpmässiga fel. Det är därför viktigt att vara medveten om deras potentiella påverkan och inkludera osäkerheter i tolkningen av resultaten.

8 Förslag till framtida studier

Detta är ett område som kräver mycket mer forskning och tydligare krav för att kunna fastställa att materialet är säkert att använda över lång tid. Därför har det sammanställts en lista nedan med rekommendationer till framtida studier.

- Det bör göras en tydlig utredning på nationell nivå som tydligt kartlägger vart det finns byggnader med höga skydds krav där brandimpregnerat material används i fasad. Det hade även varit av värde att undersöka vilken typ av nivå de brandskyddande egenskaperna håller för att i större skala kunna se hur materialet har påverkats till följd av naturlig åldring.
- Med hänsyn till punkten ovan behövs det göras flera studier som jämför metoden för accelererad åldring med naturlig åldring. Är det ett pålitligt system eller bör beständigheten klassificeras på något annat sätt?
- Fler tester bör även göras på material som suttit ute på riktiga byggnader och inte bara placerats ut för forskningssyfte. Det gäller både för olika träslag och impregneringsmedel som används i dagens byggande.
- Tydligare lagar och krav behövs ställas på nationell nivå som reglerar beständigheten hos brandimpregnerat trä. Alternativt behövs det ställas tydligare krav på leverantör att tillhandahålla underhållsplaner så att materialet håller det ytskiktetskravet som krävs under hela byggnadens livslängd.

9 Slutsats

Syftet med rapporten har varit att besvara de frågeställningarna som fastställdes i början av rapporten. Dessa redovisas nedan.

- Hur förändras beständigheten gällande brandimpregnerat trä över tiden då materialet utsätts för olika väderpåfrestningar?
- Vilka är de mest påtagliga förändringarna hos träet vid brandtester i konkalorimeter och hur påverkar dessa förändringar materialets hållbarhet och brandskyddande förmåga?
- Hur väl går det likställa testmetoden för accelererad åldring med naturlig åldring för fasadmaterial i trä avsett till exteriört bruk?

Efter utförd studie så går det att påvisa en skillnad på brandegenskaperna för brandimpregnerat trä som exponerats för olika väderförhållanden och brandimpregnerat trä som inte har exponerats. Resultaten från testerna som utfördes i konkalorimetern visade en tydlig skillnad i tid till antändning samt maximal effektutveckling. Eftersom impregneringen har som funktion att fördröja tiden till antändning samt minska den maximala effektutvecklingen. Den slutsats som går att dra från dessa resultat är att en del av impregneringen möjligen har lakats ur i ett tidigt skede av exponeringstiden. Detta påstående styrks även efter de resultat som erhöles efter testerna i spektrometern. Svaren från dessa tester ger en bild av materialets ”fingeravtryck”. Där var det tydligt att mängden impregnering var mindre hos det väderexponerade materialet och den värmebehandlade träet än hos det ej exponerade materialet. Via den data som erhöles från väderstationen har det gått att se att materialet har utsatts för en större mängd regn under exponeringstiden. Det går att anta att detta är anledningen till att en mängd av impregneringen lakats ur. Detta går emot vad de accelererande testerna visar enligt EXT-klassificeringen som gäller för dessa paneler. De testerna som görs innan denna klassificering erhöles visar att panelerna ska klara av flera år av nederbörd och uttorkning. Men efter utförd studie kan det påvisas att urlakning och en skillnad i brandegenskaper sker efter redan några veckor av väderexponering.

Efter avslutad studie kan det konstateras att det förekommer viss skillnad i brandskyddsegenskaperna hos brandimpregnerat trä efter endast några veckors exteriör användning. De paneler som exponerats för väderförhållanden uppvisar en något kortare tid till antändning samt en signifikant skillnad i maximal effektutveckling. Det kan även argumenteras för att de accelererade proverna som genomförs inte nödvändigtvis kan likställas med den naturliga åldringen av trä, då det finns många faktorer som påverkar materialets naturliga åldrandeprocess. Ämnet kräver dock ytterligare forskning för att kunna fastställa och dra en klar och entydig slutsats.

10 Litteraturförteckning

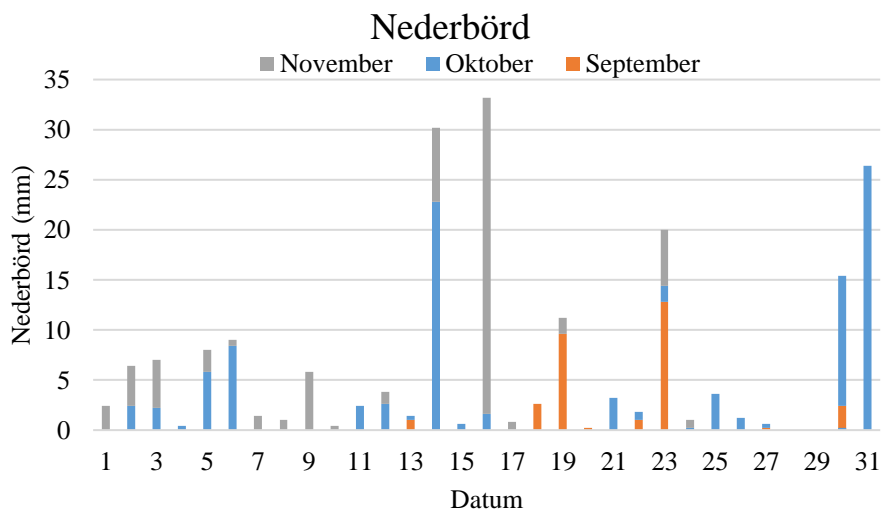
1. Trä är framtidens byggmaterial [Internet]. [citerad 26 september 2023]. Tillgänglig vid: <https://www.sodra.com/sv/se/innovation/tra/tra-som-byggmaterial/>
2. Nilsson M. En jämförelse mellan trästomme och betongstomme med klimatanpassad betong i utsläpp av koldioxidekvivalenter.
3. Trä och brand - TräGuiden [Internet]. [citerad 22 september 2023]. Tillgänglig vid: <https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/kl-tra-och-brand/7.1-tra-och-brand/tra-och-brand/>
4. RISE [Internet]. 2015 [citerad 26 september 2023]. Höga Hus i trä - konceptstudier. Tillgänglig vid: <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/projekt/hoga-hus-i-tra-konceptstudier>
5. Single Burning Item (SBI) - Fire Testing Technology [Internet]. [citerad 22 september 2023]. Tillgänglig vid: <https://www.fire-testing.com/single-burning-item-sbi/>
6. RISE [Internet]. [citerad 22 september 2023]. SP FIRE 105 – Brandprovning av fasad. Tillgänglig vid: <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/tjanster/sp-fire-105-brandprovning-av-fasad>
7. firefree. The 3 Best Ways To Make Wood More Fire Resistant – Firefree Coatings, Inc. [Internet]. [citerad 22 september 2023]. Tillgänglig vid: <https://www.firefree.com/blog/the-3-best-ways-to-make-wood-more-fire-resistant/>
8. RISE [Internet]. [citerad 26 september 2023]. EN 16755 - Bruksklasser för brandskyddets beständighet. Tillgänglig vid: <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/tjanster/ar-ditt-tra-aldersbestandigt>
9. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Östman B. Brandsäkra Trähus. Stockholm; (SP rapport; 2012:18; vol. 2012).
10. Brandsäkerhet - TräGuiden [Internet]. [citerad 10 december 2023]. Tillgänglig vid: <https://www.traguiden.se/om-tra/brandsakerhet/>
11. thermowood-webb.pdf [Internet]. [citerad 09 oktober 2023]. Tillgänglig vid: <https://www.norratimber.se/-/media/norra-skog/files/produktblad-timber/thermowood-webb.pdf>
12. Boverket [Internet]. 2023 [citerad 22 september 2023]. Fasad och yttervägg. Tillgänglig vid: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/brandskydd/fasader/>
13. Trä och fukt - TräGuiden [Internet]. [citerad 30 oktober 2023]. Tillgänglig vid: <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/traets-egenskaper-och-kvalitet/fuktegenskaper1/tra-och-fukt/>
14. Svenskt Trä [Internet]. [citerad 23 oktober 2023]. Hantering och lagring. Tillgänglig vid: <https://www.svensktra.se/bygg-med-tra/byggande/hantering-och-lagring/>
15. Woodsafe - Hållbart Brandskyddat Trä [Internet]. [citerad 09 oktober 2023]. Tillgänglig vid: <https://www.woodsafec.com/hem>
16. Lindén J. HÅLLBART OCH BRANDSÄKERT BYGGANDE I TRÄ.
17. Exterior Fire-X® Treatment Process - Koppers Fire Retardant Timber | Koppers Performance Chemicals Europe [Internet]. [citerad 11 oktober 2023]. Tillgänglig vid: <https://www.kopperspc.eu/fire-x/treatment-process.html>
18. Fundamental Aspects of Kiln Drying Lumber - Oklahoma State University [Internet]. 2017 [citerad 18 december 2023]. Tillgänglig vid: <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/fundamental-aspects-of-kiln-drying-lumber.html>
19. Improving fire properties of wood [Internet]. [citerad 29 november 2023]. Tillgänglig vid: <http://virtual.vtt.fi/virtual/innofirewood/stateoftheart/database/improving/improving.html>
20. Nussbaum R, Östman B. Brandskyddsmedel för träkonstruktioner Kunskapsöversikt 1986.
21. EN 13501 - Europeisk brandklassning av byggprodukter | RISE [Internet]. [citerad 10 december 2023]. Tillgänglig vid: <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/expertiser/europeisk-brandklassning-byggprodukter>
22. L_2011088SV.01000501.xml [Internet]. [citerad 26 september 2023]. Tillgänglig vid: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A32011R0305>
23. 80011843.pdf [Internet]. [citerad 22 september 2023]. Tillgänglig vid: <https://www.sis.se/api/document/get/80011843>

24. Euroklassystemet [Internet]. [citerad 20 november 2023]. Tillgänglig vid: <https://www.woodsafes.com/euroklassystemet>
25. Brandklasser för material och konstruktioner - TräGuiden [Internet]. [citerad 22 september 2023]. Tillgänglig vid: <https://www.traguiden.se/om-tra/brandsakerhet/brandklasser-for-material-och-konstruktioner/>
26. Lag (2003:778) om skydd mot olyckor (LSO) | Lagen.nu [Internet]. [citerad 11 oktober 2023]. Tillgänglig vid: <https://lagen.nu/2003:778>
27. RISE [Internet]. [citerad 22 september 2023]. Brandprovning enligt EN ISO 11925-2. Tillgänglig vid: <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/tjanster/brandprovning-enligt-en-iso-11925-2>
28. 80020668.pdf [Internet]. [citerad 13 december 2023]. Tillgänglig vid: <https://www.sis.se/api/document/get/80020668>
29. 80022136.pdf [Internet]. [citerad 22 september 2023]. Tillgänglig vid: <https://www.sis.se/api/document/get/80022136>
30. 8029216.pdf [Internet]. [citerad 22 september 2023]. Tillgänglig vid: <https://www.sis.se/api/document/get/8029216>
31. Dec05_FireTests_WWPI.pdf [Internet]. [citerad 22 september 2023]. Tillgänglig vid: https://preservedwood.org/portals/0/documents/archive/Dec05_FireTests_WWPI.pdf
32. Agarwal G, Wang Y, Dorofeev S. Fire performance evaluation of cladding wall assemblies using the 16-ft high parallel panel test method of ANSI/FM 4880. *Fire Mater.* 2021;45(5):609–23.
33. 80015309.pdf [Internet]. [citerad 13 oktober 2023]. Tillgänglig vid: <https://www.sis.se/api/document/get/80015309>
34. Dewaghe C, Lew CY, Claes M, Belgium SA, Dubois P. Fire-retardant applications of polymer-carbon nanotubes composites: improved barrier effect and synergism. I: *Polymer-Carbon Nanotube Composites* [Internet]. Elsevier; 2011 [citerad 22 september 2023]. s. 718–45. Tillgänglig vid: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B978184569761750023X>
35. FTIR Analysis | RTI Laboratories [Internet]. admin; 2016 [citerad 13 december 2023]. Tillgänglig vid: <https://rtilab.com/techniques/ftir-analysis/>
36. Analysis & Separations from Technology Networks [Internet]. [citerad 18 december 2023]. IR Spectroscopy and FTIR Spectroscopy: How an FTIR Spectrometer Works and FTIR Analysis. Tillgänglig vid: <http://www.technologynetworks.com/analysis/articles/ir-spectroscopy-and-ftir-spectroscopy-how-an-ftir-spectrometer-works-and-ftir-analysis-363938>
37. Informatics NO of D and. Ammonium phosphate, monobasic [Internet]. National Institute of Standards and Technology; [citerad 12 december 2023]. Tillgänglig vid: <https://webbook.nist.gov/cgi/inchi?ID=C7722761&Units=SI&Type=IR-SPEC&Index=0#>
38. Chen F, Li Q, Gao X, Han G, Cheng W. Impulse-cyclone Drying Treatment of Poplar Wood Fibers and its Effect on Composite Material's Properties. *BioResources.* 14 april 2017;12(2):3948–64.
39. Report on the research investigation of combustibility of plastics used for semi-conductor tools. 28 januari 2000;56.
40. Quintiere JG. The Application of Flame Spread Theory to Predict Material Performance. *J Res Natl Bur Stand.* 1988;93(1):61–70.
41. Babrauskas V, Mulholland G. Smoke and Soot Data Determinations in the Cone Calorimeter. I: Mehaffey J, redaktör. *Mathematical Modeling of Fires* [Internet]. 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959: ASTM International; 1988 [citerad 12 december 2023]. s. 83-83–22. Tillgänglig vid: <http://www.astm.org/doiLink.cgi?STP26219S>
42. DELICHATSIOS MA. Flame Heights in Turbulent Wall Fires with Significant Flame Radiation. *Combust Sci Technol.* augusti 1984;39(1–6):195–214.
43. ConeTools - Development tool for Euroclasses according to EN 13501-1 | RISE [Internet]. [citerad 10 december 2023]. Tillgänglig vid: <https://www.ri.se/en/what-we-do/services/conetools-development-tool-for-euroclasses-according-to-en-13501-1>
44. RISE [Internet]. [citerad 22 september 2023]. ConeTools - Development tool for Euroclasses according to EN 13501-1. Tillgänglig vid: <https://www.ri.se/en/what-we-do/services/conetools-development-tool-for-euroclasses-according-to-en-13501-1>

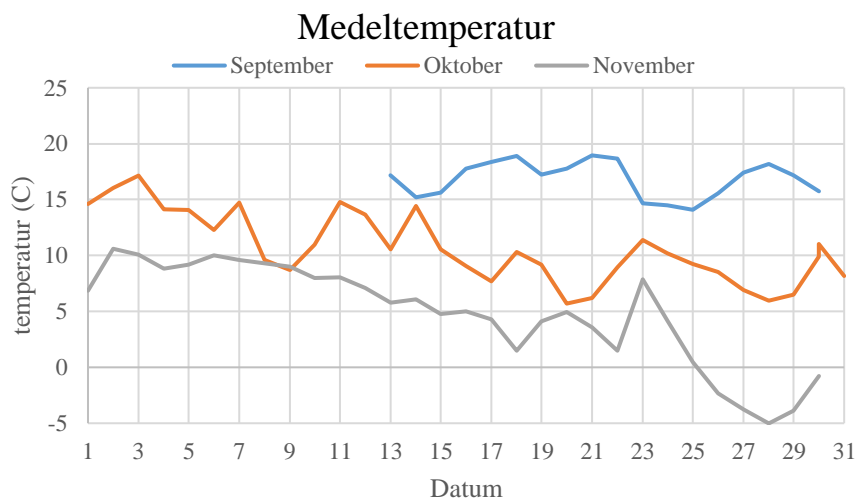
45. Wickstrom U, Goransson U. Full-scale/bench-scale correlations of wall and ceiling linings. Boras, Sweden: Swedish National Testing and Research Institute; 1992.
46. Höst M, Regnell B, Runesson P. Att genomföra examensarbete. 1:a uppl. Vol. 2006. Studentlitteratur AB; 153 s.
47. FULLTEXT01.pdf [Internet]. [citerad 26 september 2023]. Tillgänglig vid: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:9282/FULLTEXT01.pdf>
48. Tsantaridis L. Reaction to fire performance of wood and other building products: cone calorimeter results and analysis. 2003.
49. Östman B, Tsantaridis L. Durability of the reaction to fire performance for fire retardant treated (FRT) wood products in exterior applications – a ten years report. Vallerent S, redaktör. MATEC Web Conf. 2016;46:05005.
50. Östman B, Tsantaridis L. Fire retardant treated wood products – Properties and uses. Proc Int Res Group Annu Meet 2016. 01 januari 2016;

Bilaga A – Resultat från Väderdata

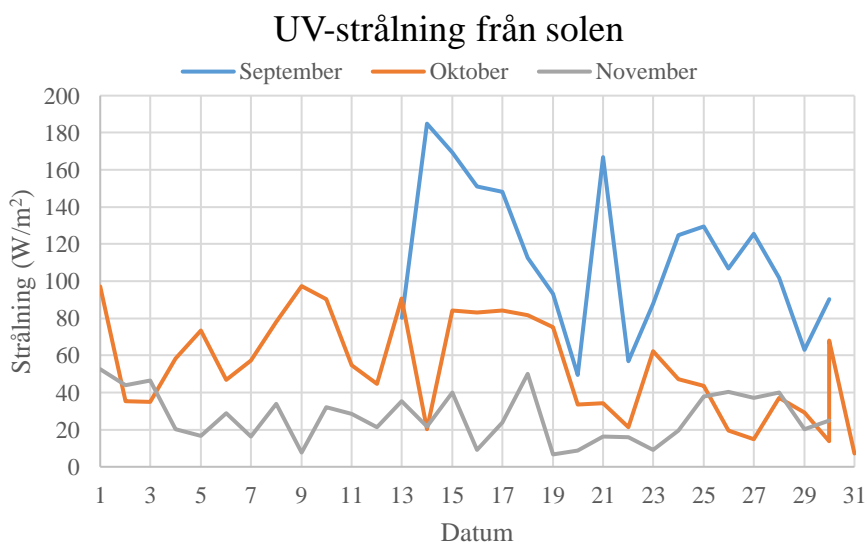
Nederbörd:



Medeltemperatur:



Strålning från solen:

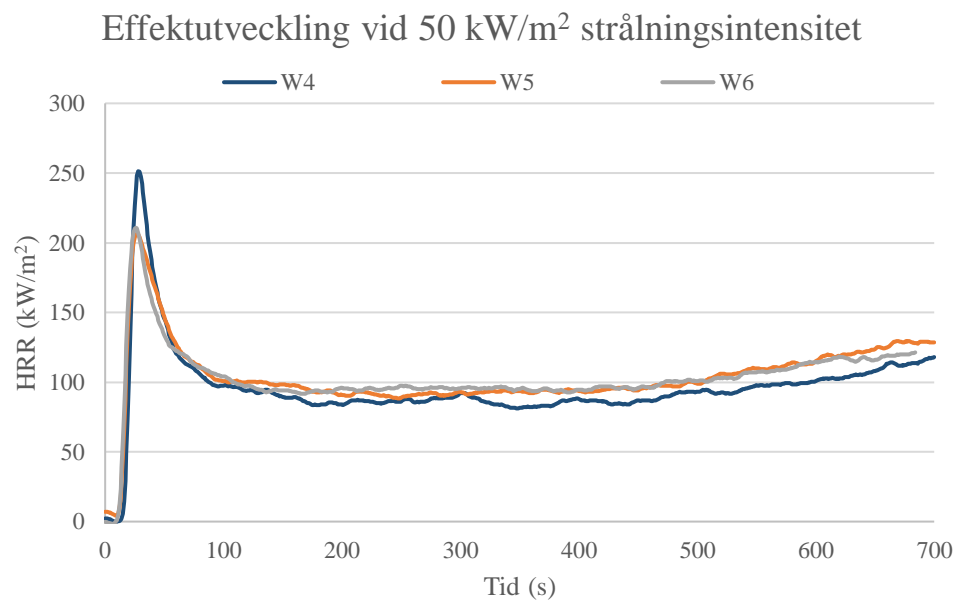
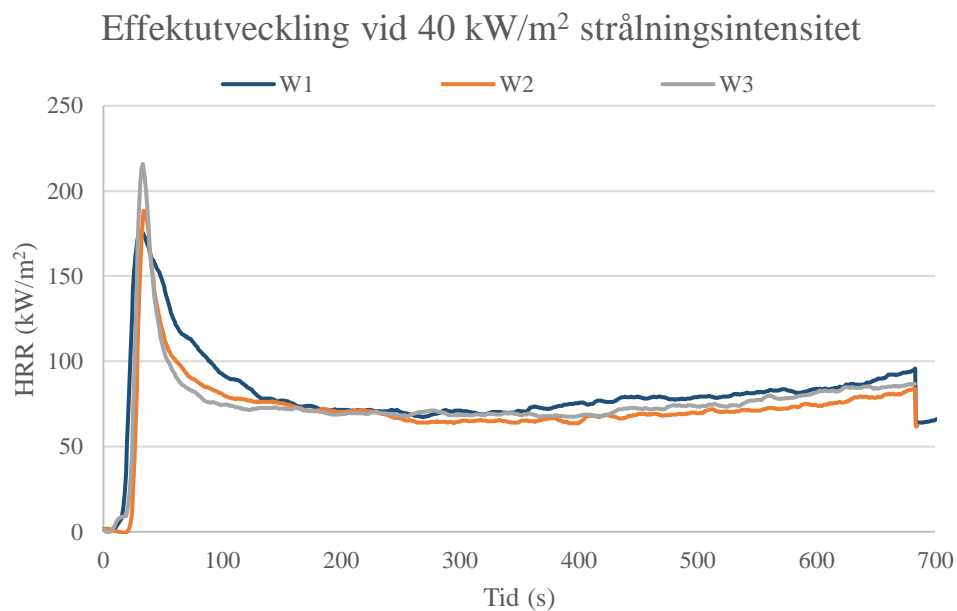


Bilaga B – Resultat från konkalorimeter

B:1 – Kurvor för HRR

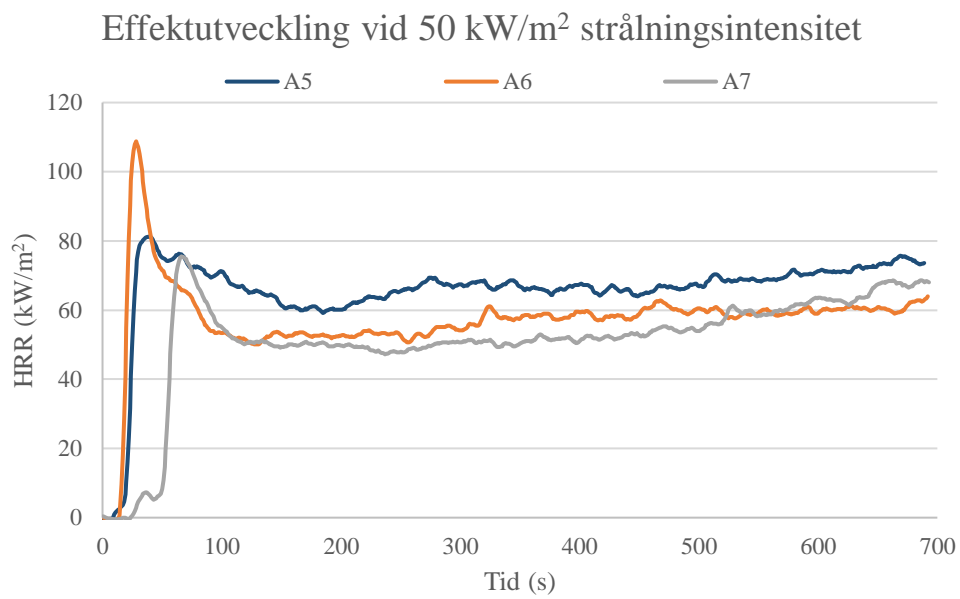
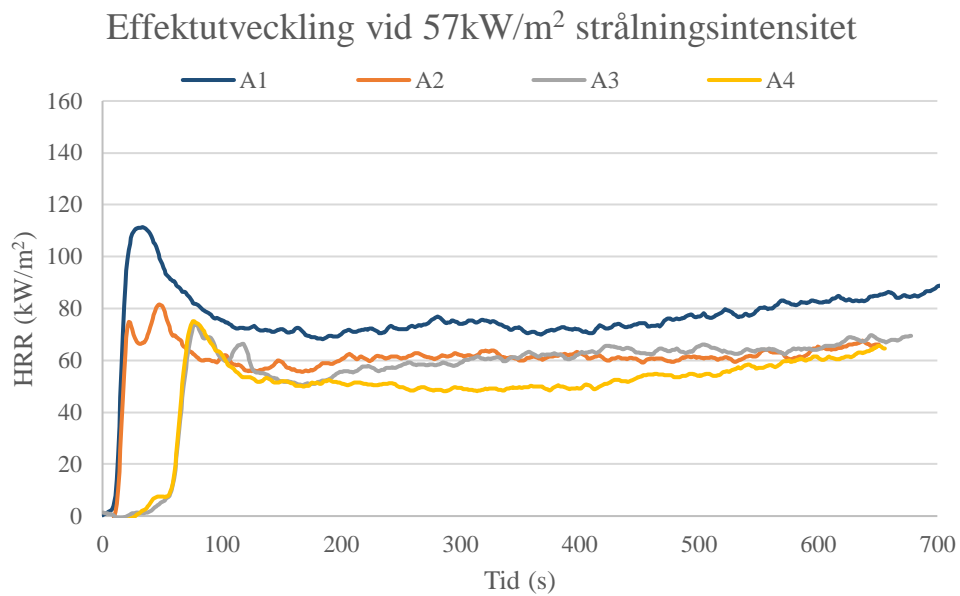
B: 1:1 – Ej väderexponerat värmebehandlat trä

Panel W:

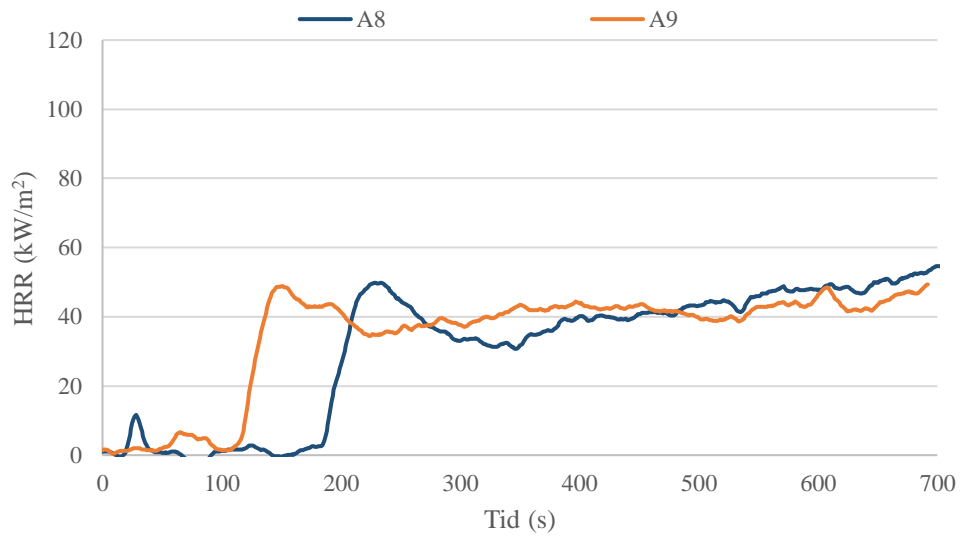


B: 1:2 – Ej väderexponerat brandimpregnerat trä

Panel A:

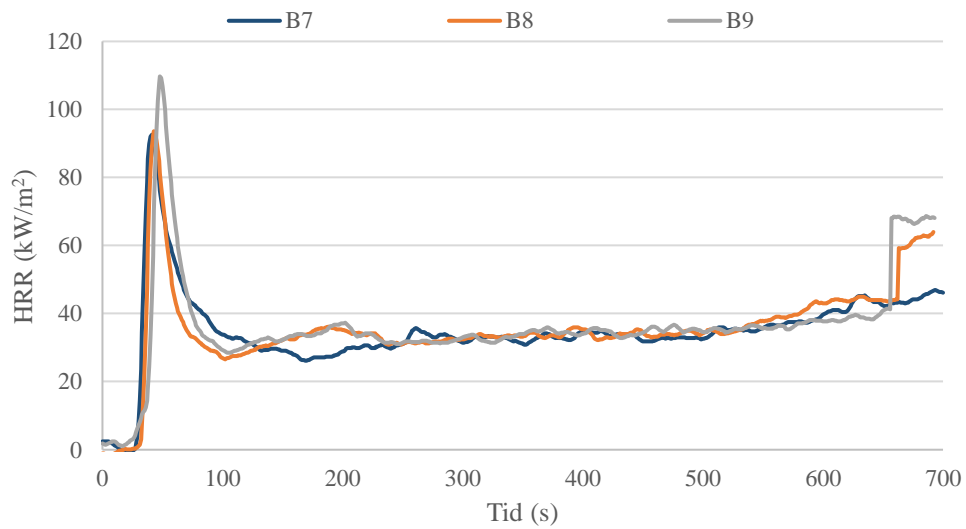


Effektutveckling vid 40 kW/m² strålningsintensitet

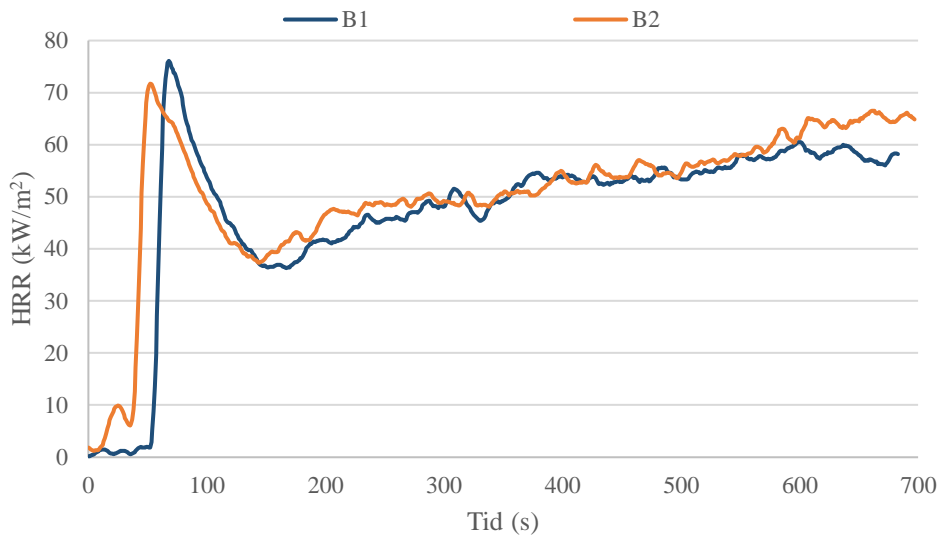


Panel B:

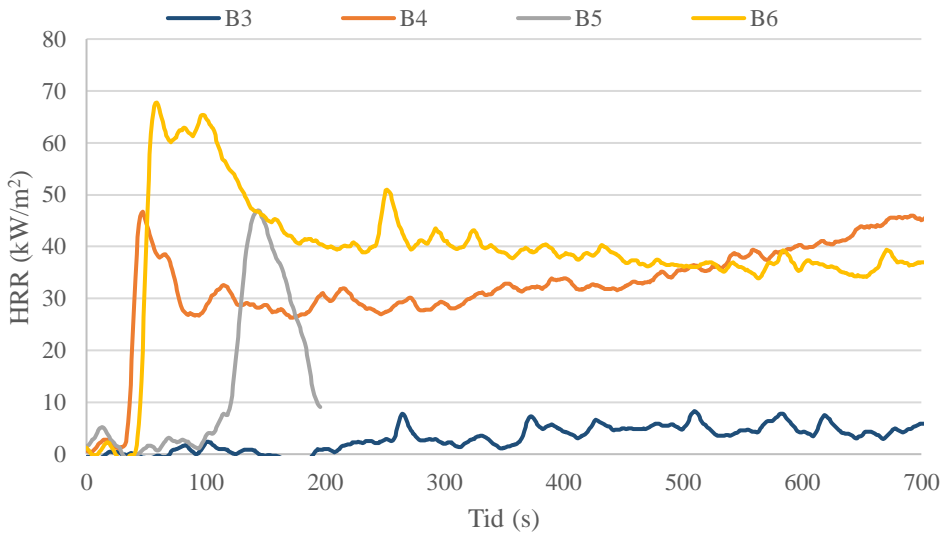
Effektutveckling vid 50 kW/m² strålningsintensitet



Effektutveckling vid 40 kW/m² strålningsintensitet

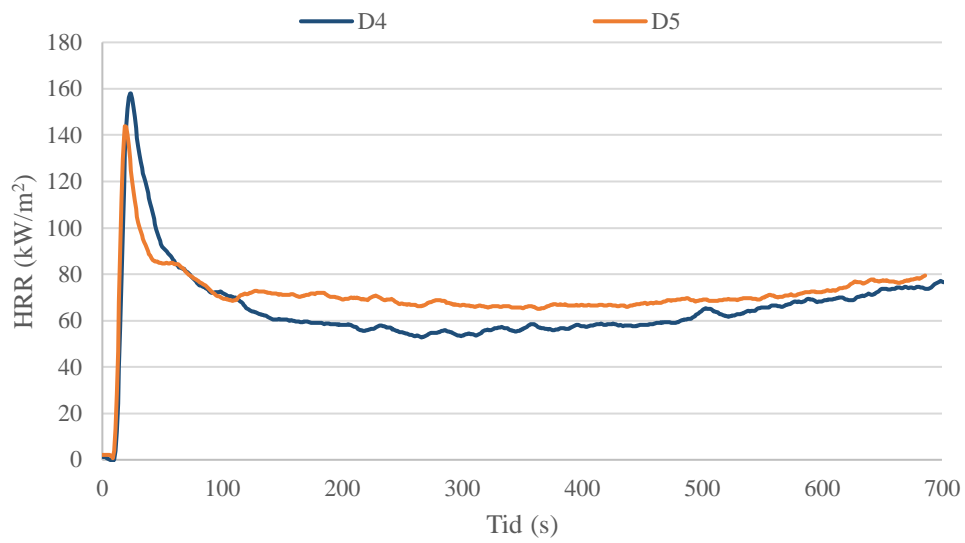


Effektutveckling vid 30 kW/m² strålningsintensitet

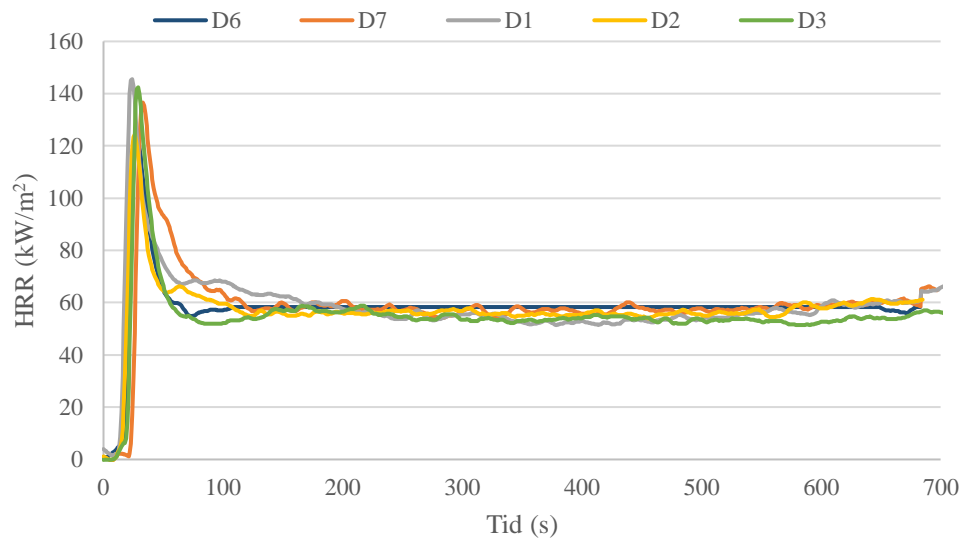


Panel D:

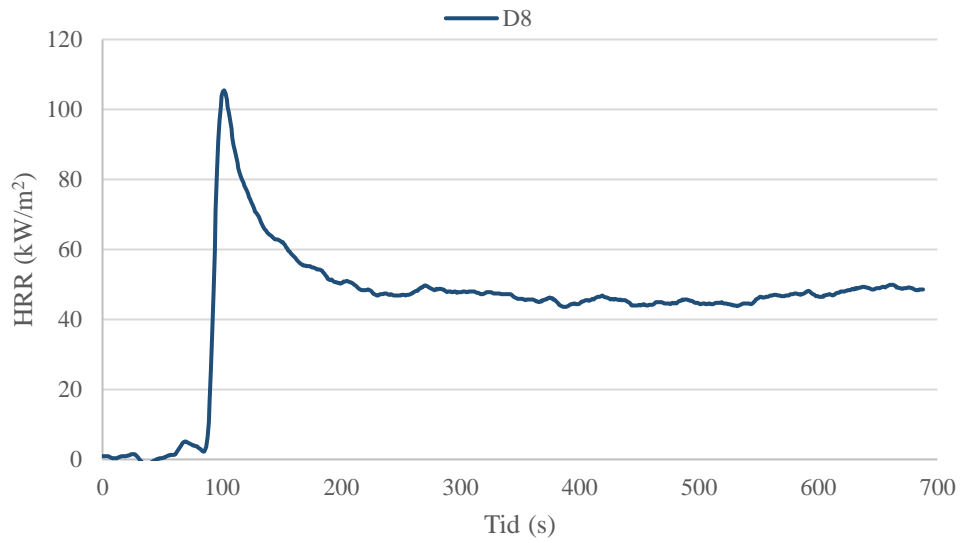
Effektutveckling vid 50kW/m² strålningsintensitet



Effektutveckling vid 40 kW/m² strålningsintensitet

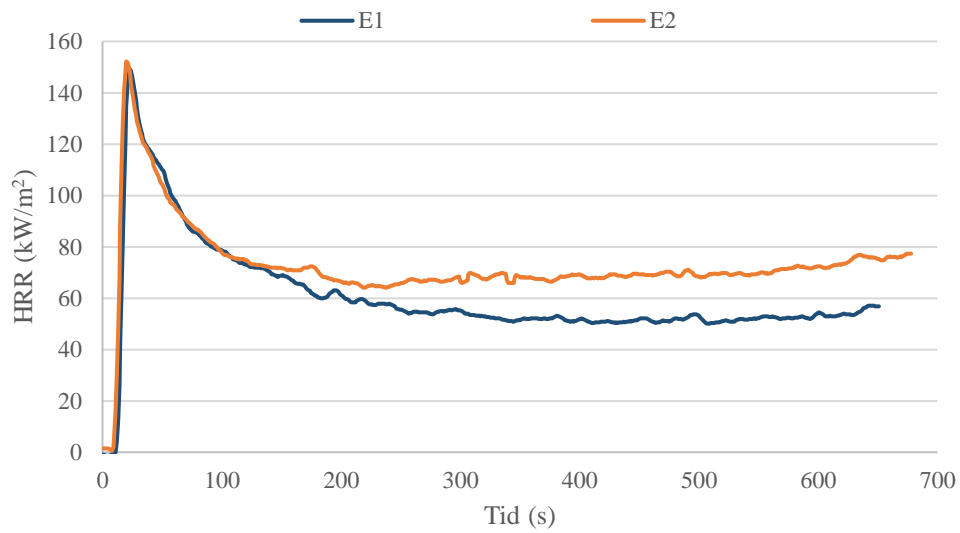


Effektutveckling vid 30 kW/m² strålningsintensitet

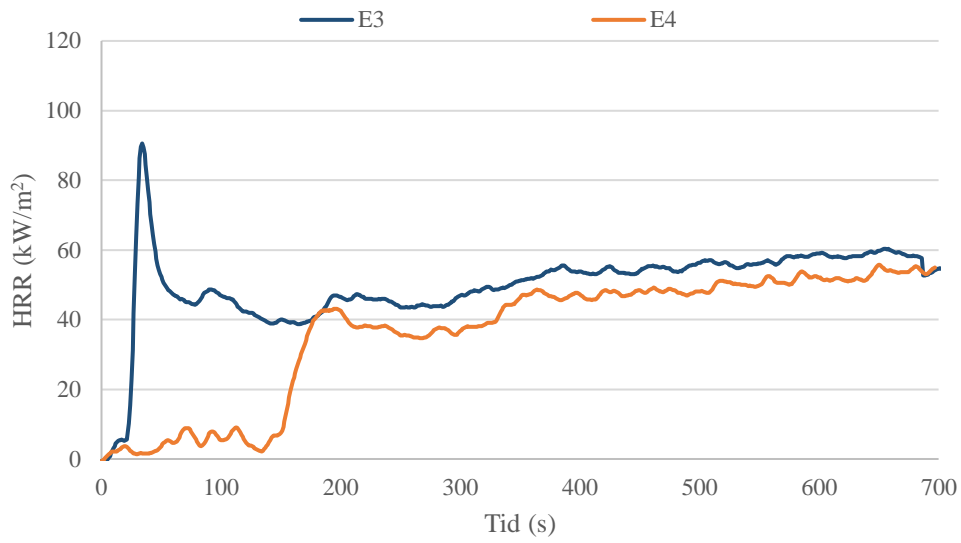


Panel E:

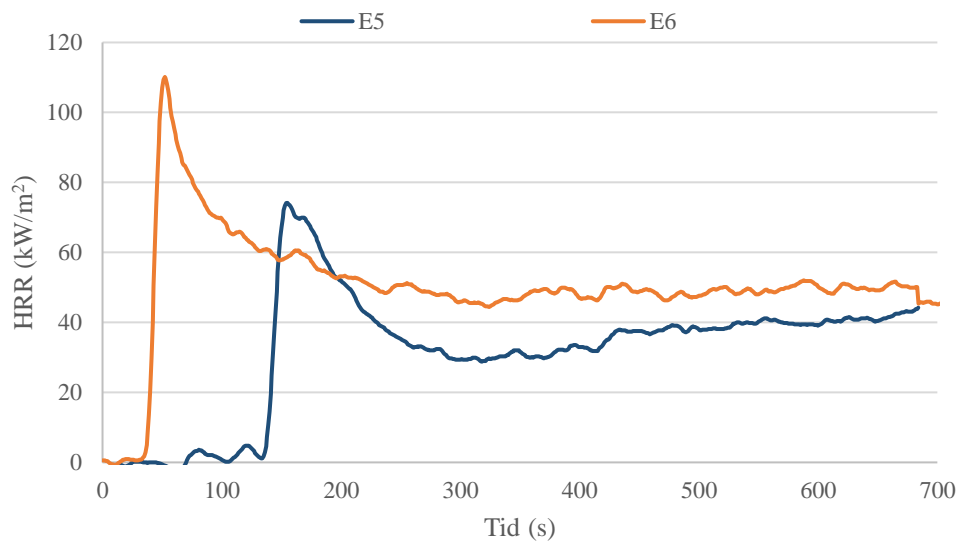
Effektutveckling vid 50kW/m² strålningsintensitet



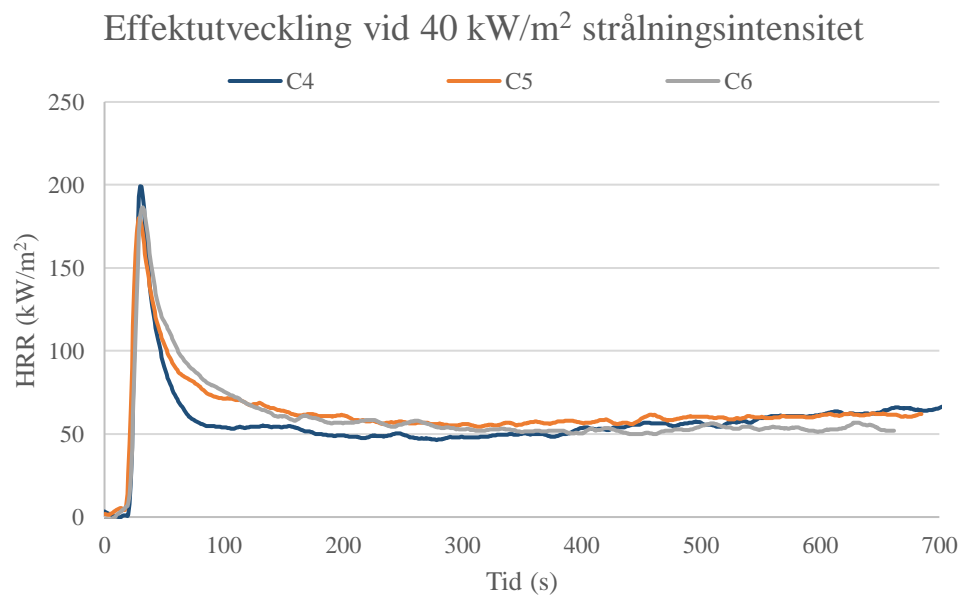
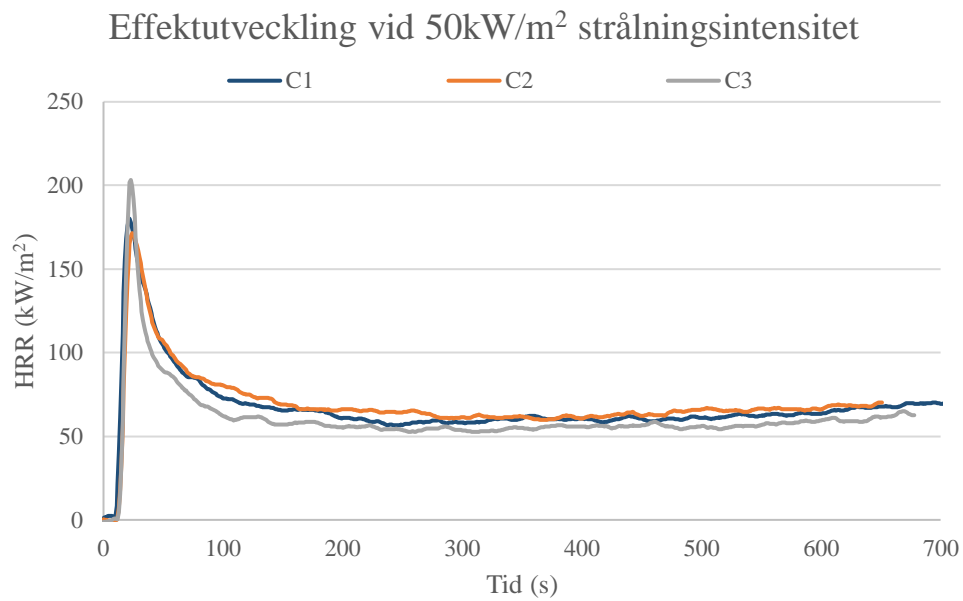
Effektutveckling vid 40 kW/m² strålningsintensitet



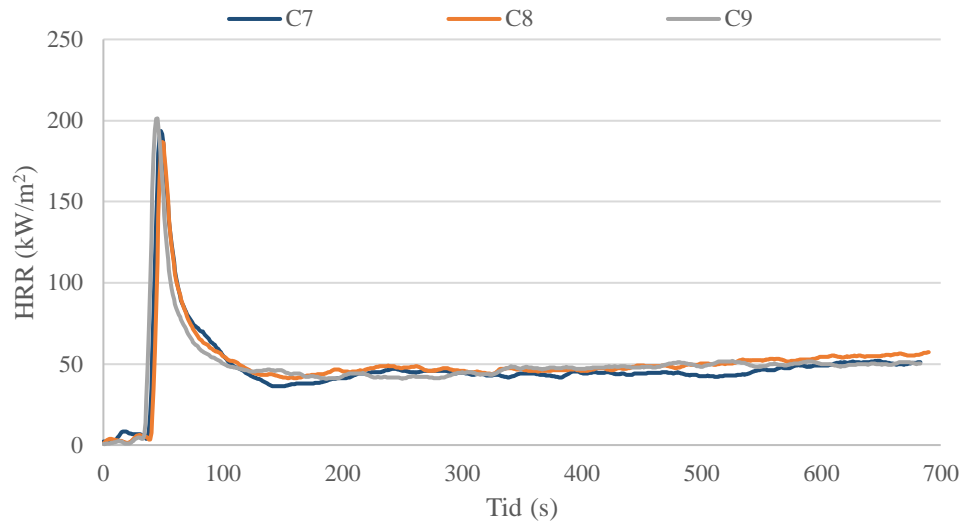
Effektutveckling vid 30 kW/m² strålningsintensitet



B: 1:3 – Väderexponerat brandimpregnerat trä
Panel C:

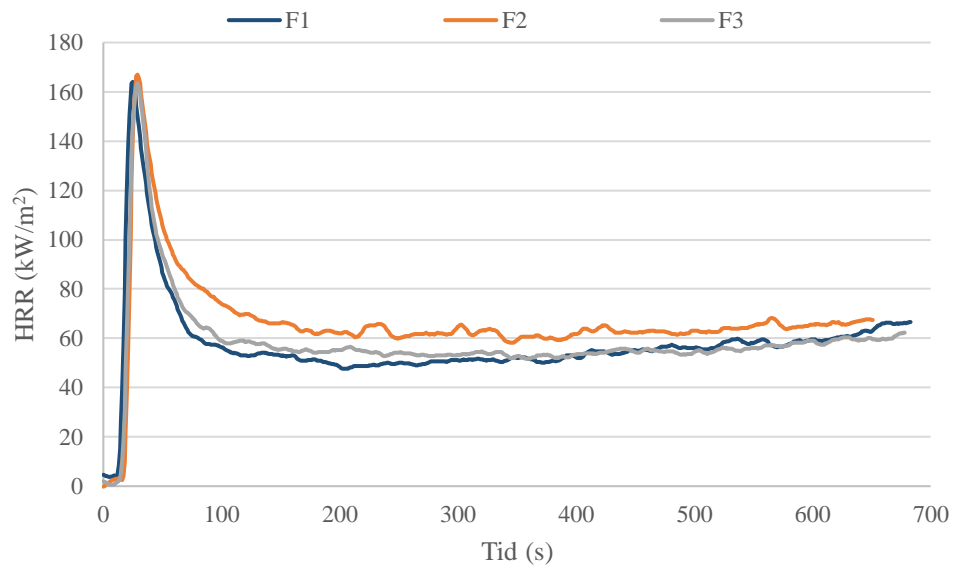


Effektutveckling vid 30 kW/m² strålningsintensitet

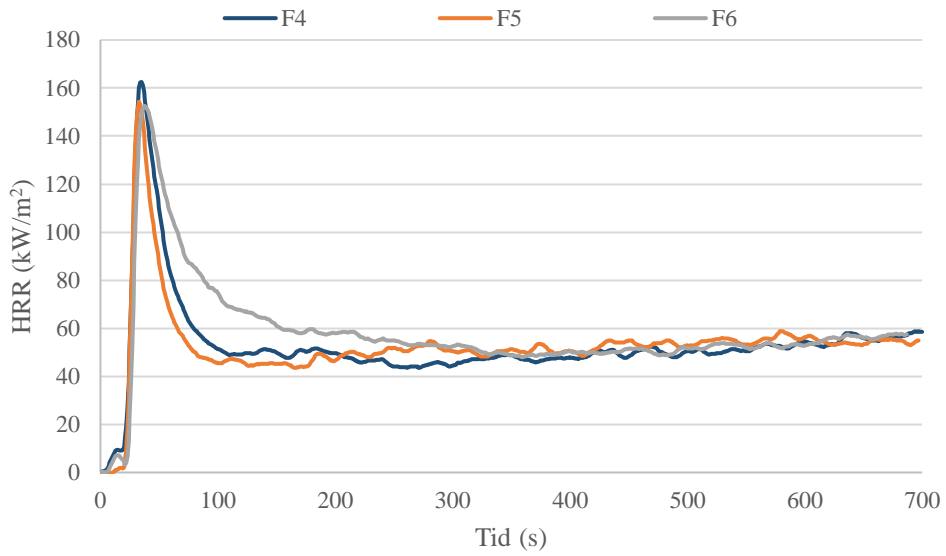


Panel F:

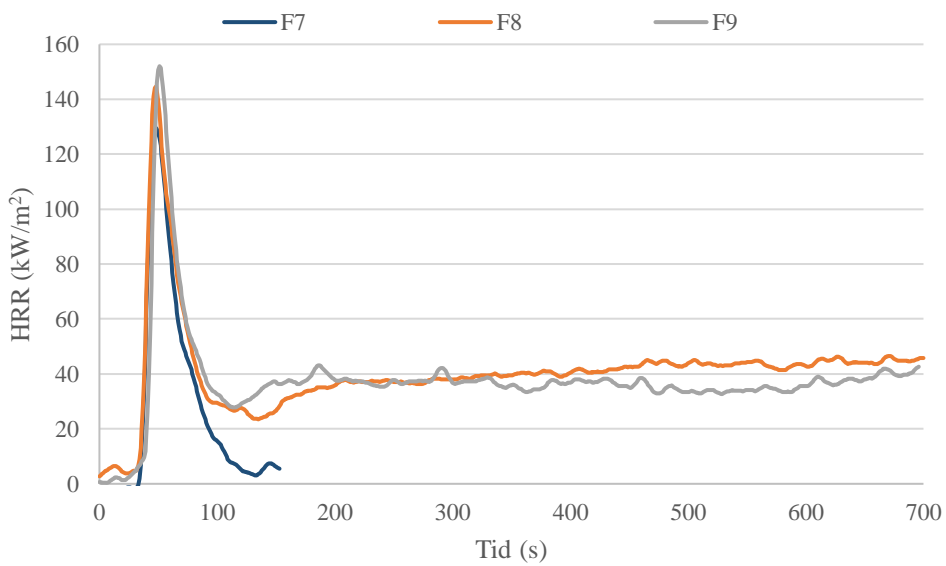
Effektutveckling vid 50kW/m² strålningsintensitet



Effektutveckling vid 40 kW/m² strålningsintensitet

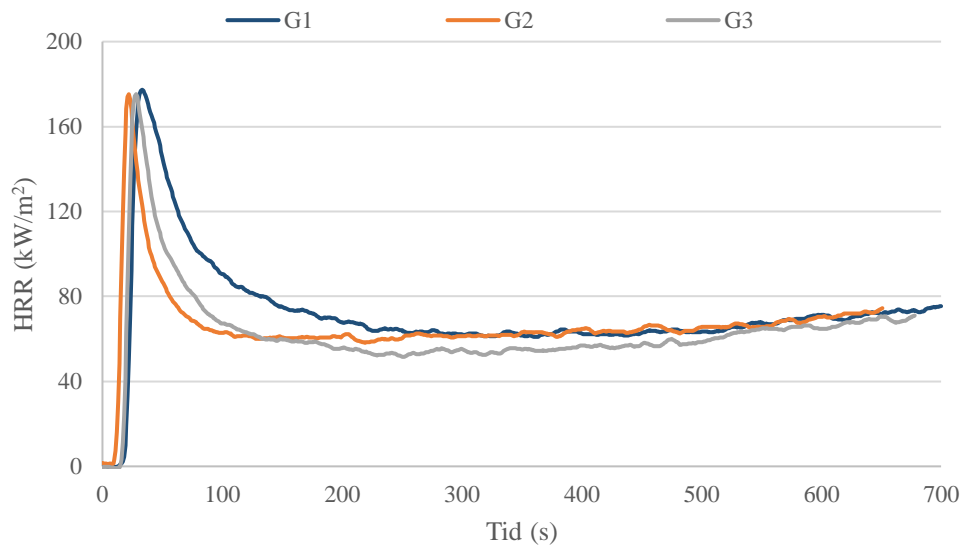


Effektutveckling vid 30 kW/m² strålningsintensitet

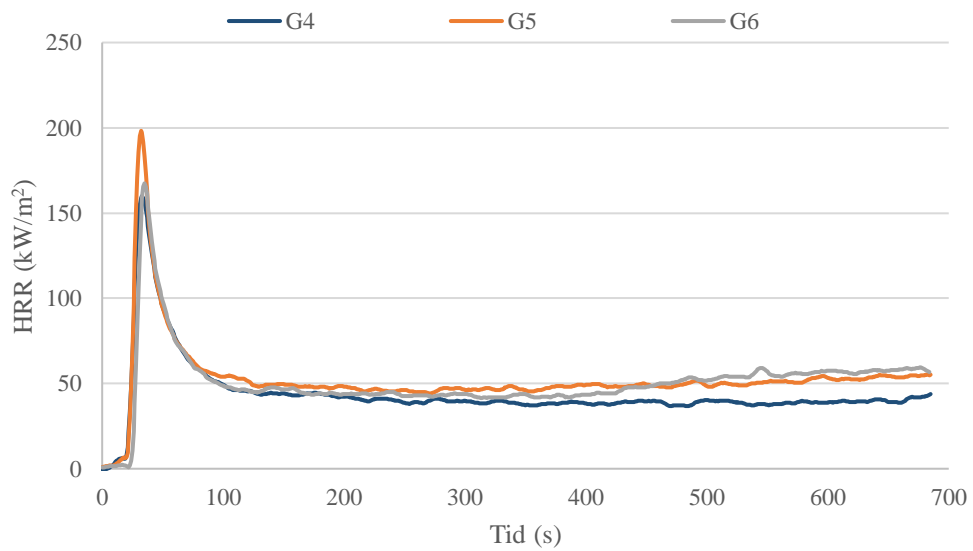


Panel G:

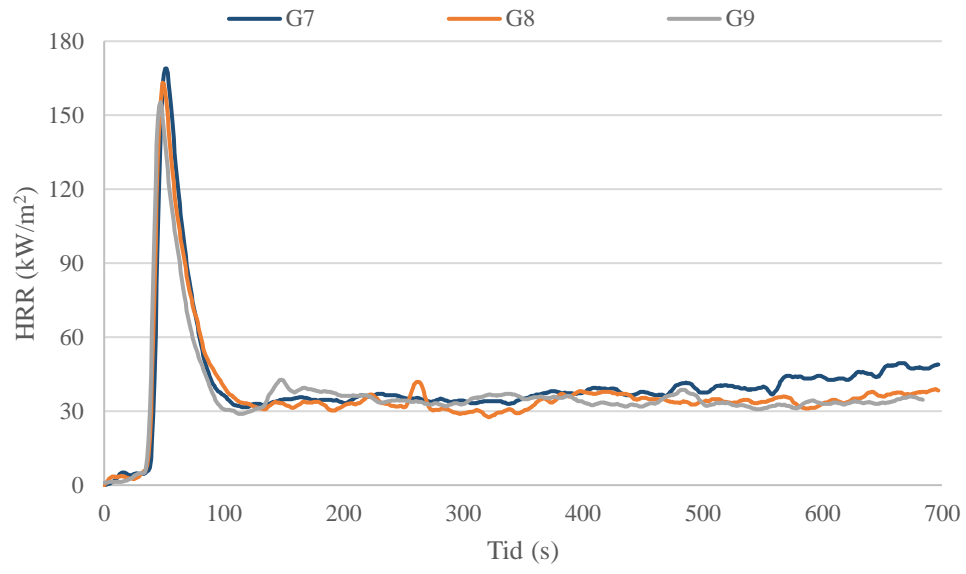
Effektutveckling vid 50kW/m² strålningsintensitet



Effektutveckling vid 40 kW/m² strålningsintensitet

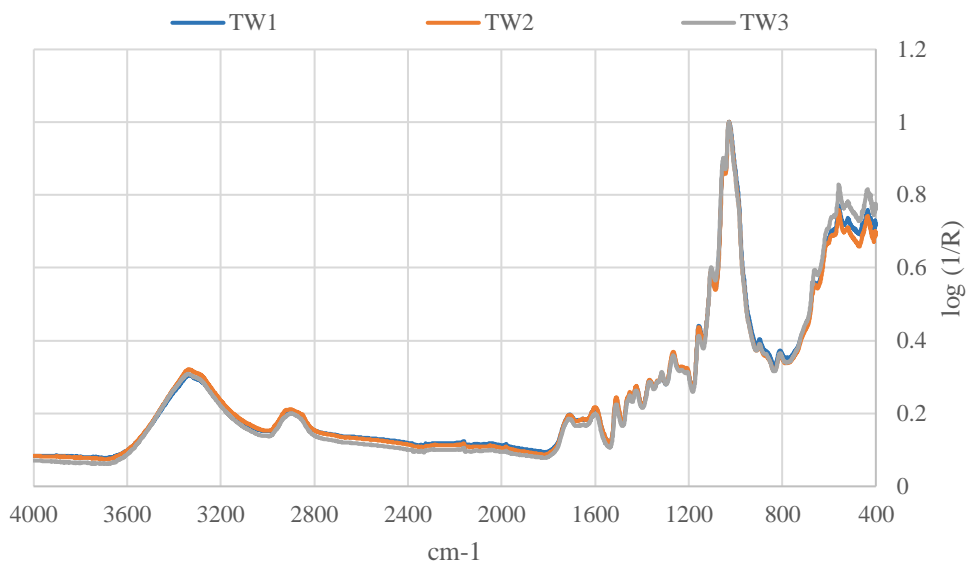


Effektutveckling vid 30 kW/m² strålningsintensitet

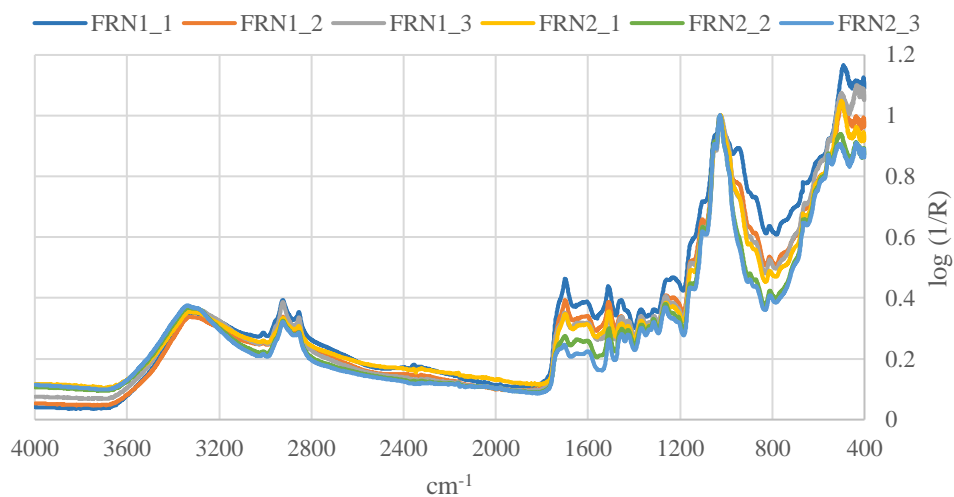


Bilaga C – Resultat från FTIR tester

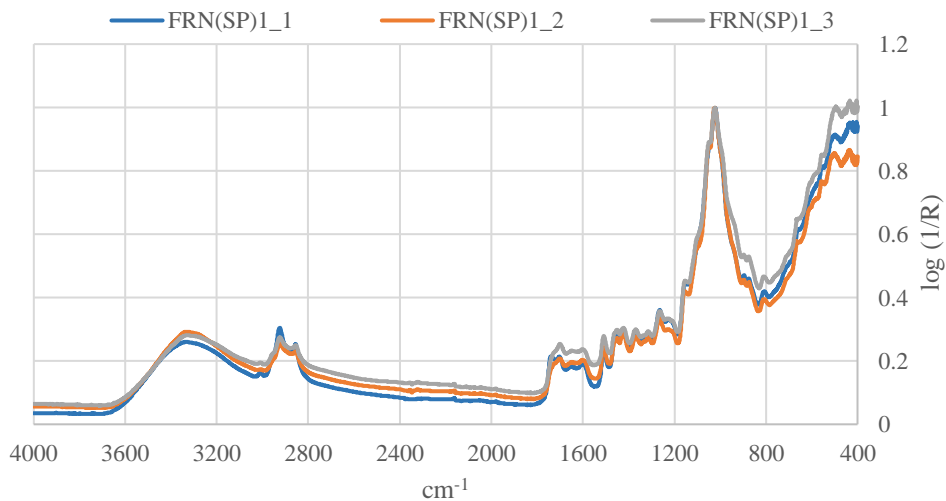
Ej väderexponerat värmebehandlat trä



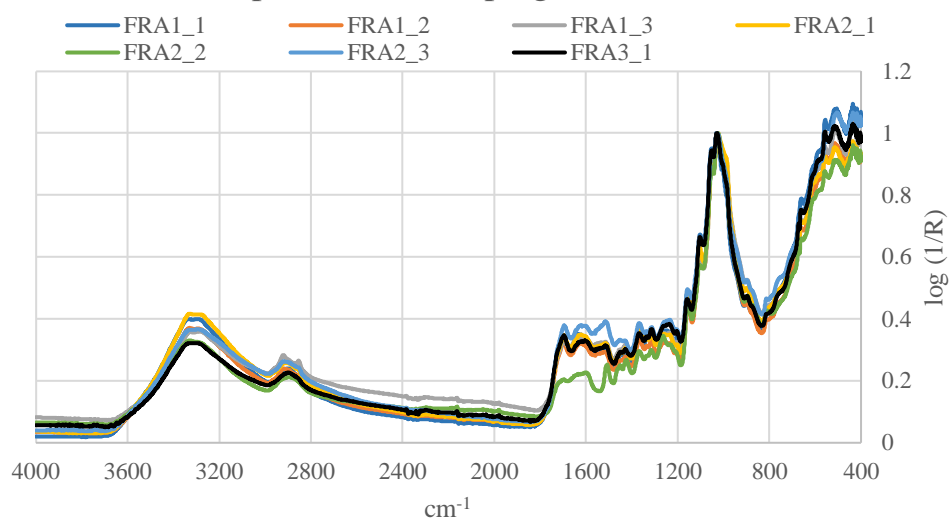
Ej väderexponerat brandimpregnerat trä



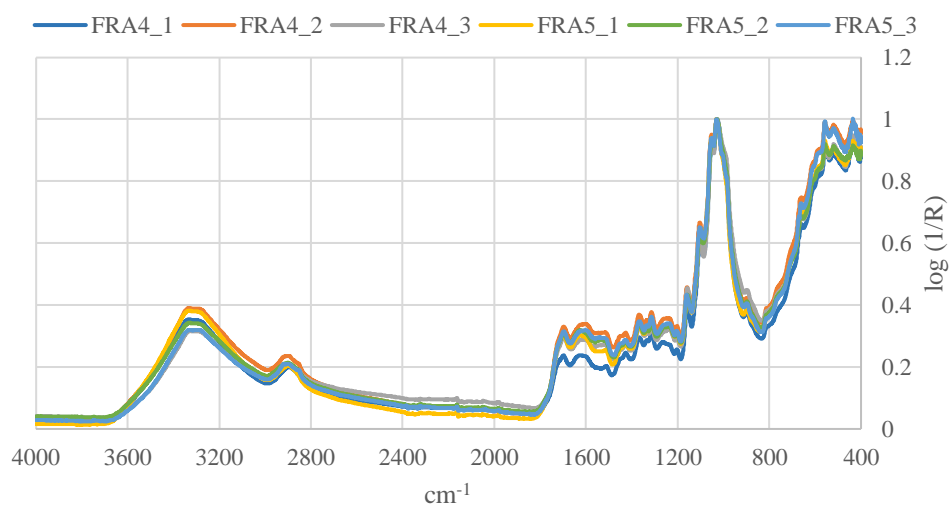
Ej väderexponerat brandimpregnerat (slipad yta)



Väderexponerat brandimpregnerad trä (6.5 veckor)



Väderexponerat brandimpregnerad trä (11 veckor)



Bilaga D – Resultat från enkätstudie

Respondent 1

FRÅGA	SVAR
FRÅGA 1: VAD SER DU FÖR FÖRDELAR MED BRANDIMPREGNERAT TRÄ SOM BYGGNADSMATERIAL?	Miljöaspekten, att kunna använda ett byggmaterial i en högre utsträckning, som ger ett lägre klimatavtryck. Arkitektoniska fördelar att kunna framhäva estetiken med trä. Hållbarheten i materialet över tid.
FRÅGA 2: VAD ANSER DU ATT DET FINNS FÖR UTMANINGAR KOPPLAT TILL BRANDIMPREGNERAT TRÄ NU OCH I FRAMTIDEN?	Emissioner i inomhusmiljö. Finns risken att vi i en framtid kommer fram till att impregnerat trä inomhus kan ge upphov till en skadlig inomhusmiljö? Slitage i utomhusmiljö. Hur bra är en utvändig impregnering efter att ha blivit utsatt av väder och vind i flera år? Vilket skydd uppnås? Om skyddet visar sig vara dåligt, åtgärd?
FRÅGA 3: ANSER DU ATT DET FINNS TILLRÄCKLIGT MED KUNSKAP INOM ÄMNET FÖR ATT KUNNA KLASSIFICERA BRANDIMPREGNERAT TRÄ SOM BRANDSÄKERT ÖVER EN LÄNGRE TID?	Nej, det finns ju inget bra facit ännu.
FRÅGA 4: TYCKER DU ATT KRAVEN SOM STÄLLS I LSO GÄLLANDE BRANDSKYDDETS BESTÄNDIGHET ÄR TILLRÄCKLIGA OCH TYDLIGA?	Nej.
FRÅGA 5: VID ACCELERERAD ÅLDNING AV TRÄ FÖRSÖKS DET EFTERLIKNA ÅR AV NATURLIG VÄDERPÅVERKAN. TRÄET PÅFRESTAS MED PERIODER AV BEVATTNING FÖR ATT SEDAN FÅ TORKA OCH VILA. ANSER DU ATT DENNA METOD ÄR BRA JÄMFÖRBAR MED NATURLIG ÅLDNING AV TRÄ?	Nej, och definitivt inte i vårt klimat med både värme och kyla.
FRÅGA 6: OM DET GÅR ATT PÅVISA ATT BESTÄNDIGHETEN FÖRSÄMRATS KRAFTIGT REDAN EFTER NÅGRA ÅR, VAD ANSER DU ÄR EN BRA LÖSNING FÖR ATT UNDERHÅLLA FASADEN OCH ÅTERFÅ DESS BRANDSKYDDANDE EGENSKAPER?	Tveksam till att det finns en bra lösning för detta idag överhuvudtaget.

Respondent 2

FRÅGA

SVAR

**FRÅGA 1: VAD SER DU FÖR FÖRDELAR MED BRANDIMPREGNERAT TRÄ SOM BYGGNADSMATERIAL?
FRÅGA 2: VAD ANSER DU ATT DET FINNS FÖR UTMANINGAR KOPPLAT TILL BRANDIMPREGNERAT TRÄ NU OCH I FRAMTIDEN?**

Funktion och estetik i ett.

Hållbarhet i form av beständighet över tid. Hur kommer brandskyddet påverkas i utsatta miljöer (väder) eller vid övermålning t ex.

Oklart.

FRÅGA 3: ANSER DU ATT DET FINNS TILLRÄCKLIGT MED KUNSKAP INOM ÄMNET FÖR ATT KUNNA KLASSIFICERA BRANDIMPREGNERAT TRÄ SOM BRANDSÄKERT ÖVER EN LÄNGRE TID?

FRÅGA 4: TYCKER DU ATT KRAVEN SOM STÄLLS I LSO GÄLLANDE BRANDSKYDDETS BESTÄNDIGHET ÄR TILLRÄCKLIGA OCH TYDLIGA?

Nej.

FRÅGA 5: VID ACCELERERAD ÅLDNING AV TRÄ FÖRSÖKS DET EFTERLIKNA ÅR AV NATURLIG VÄDERPÅVERKAN. TRÄET PÅFRESTATS MED PERIODER AV BEVATTNING FÖR ATT SEDAN FÅ TORKA OCH VILA. ANSER DU ATT DENNA METOD ÄR BRA JÄMFÖRBAR MED NATURLIG ÅLDNING AV TRÄ?

Ja.

FRÅGA 6: OM DET GÅR ATT PÅVISA ATT BESTÄNDIGHETEN FÖRSÄMRATS KRAFTIGT REDAN EFTER NÅGRA ÅR, VAD ANSER DU ÄR EN BRA LÖSNING FÖR ATT UNDERHÅLLA FASADEN OCH ÅTERFÅ DESS BRANDSKYDDANDE EGENSKAPER?

Vet ej. Skulle avråda att använda materialet för beställare och beskriva riskerna.

Respondent 3

FRÅGA

SVAR

FRÅGA 1: VAD SER DU FÖR FÖRDELAR MED BRANDIMPREGNERAT TRÄ SOM BYGGNADSMATERIAL?

Görs på fabrik så lättare på arbetsplatsen, bättre kontroller vid fabriksstillverkning, kommer djupare in i träet och bör därför kunna hålla bättre.

FRÅGA 2: VAD ANSER DU ATT DET FINNS FÖR UTMANINGAR KOPPLAT TILL BRANDIMPREGNERAT TRÄ NU OCH I FRAMTIDEN?

Hitta miljömässigt bra alternativ som håller över tid, klarar de brandkrav som ställs och kan hanteras som arkitekten önskar (t.ex. övermålas).

FRÅGA 3: ANSER DU ATT DET FINNS TILLRÄCKLIGT MED KUNSKAP INOM ÄMNET FÖR ATT KUNNA KLASSIFICERA BRANDIMPREGNERAT TRÄ SOM BRANDSÄKERT ÖVER EN LÄNGRE TID?

Nej, men är osäker på vad som innefattas i CEN/TS 15912 EXT/EN 16755 EXT (beständighet i utomhusklimat), som vi ibland hänvisar till. Oavsett tror jag inte vi har sett alla effekter i försämrat brandskydd på grund av väderpåverkan i kombination med dåligt underhåll.

FRÅGA 4: TYCKER DU ATT KRAVEN SOM STÄLLS I LSO GÄLLANDE BRANDSKYDDETS BESTÄNDIGHET ÄR TILLRÄCKLIGA OCH TYDLIGA?

Osäker på vilken paragraf som avses, men jag har aldrig sett det tillämpas.

FRÅGA 5: VID ACCELERERAD ÅLDNING AV TRÄ FÖRSÖKS DET EFTERLIKNA ÅR AV NATURLIG VÄDERPÅVERKAN. TRÄET PÅFRESTATS MED PERIODER AV BEVATTNING FÖR ATT SEDAN FÅ TORKA OCH VILA. ANSER DU ATT DENNA METOD ÄR BRA JÄMFÖRBAR MED NATURLIG ÅLDNING AV TRÄ?

Ingen uppfattning, men i allmänhet brukar det vara svårt att göra tester som ska gå snabbt att genomföra och samtidigt visar vad som händer under en längre tid i ett verkligt fall.

FRÅGA 6: OM DET GÅR ATT PÅVISA ATT BESTÄNDIGHETEN FÖRSÄMRATS KRAFTIGT REDAN EFTER NÅGRA ÅR, VAD ANSER DU ÄR EN BRA LÖSNING FÖR ATT UNDERHÅLLA FASADEN OCH ÅTERFÅ DESS BRANDSKYDDANDE EGENSKAPER?

Behöver såklart kunna ske på plats, så målning är den enda lösning jag ser. Ser ett problem med att man ofta vill att träet ska se åldrat ut, vilket minskar incitamentet för fastighetsägaren att underhålla (det är ju snyggt). Brandskyddet blir då lidande och störst risk är det med fastighetsägare som inte är så nogräknade. Vi ser hela tiden hur brandskyddskontroller missköts och ingen läser i en brandskyddsdokumentation, om den ens finns att tillgå.

Respondent 4

FRÅGA	SVAR
FRÅGA 1: VAD SER DU FÖR FÖRDELAR MED BRANDIMPREGNERAT TRÄ SOM BYGGNADSMATERIAL?	Ger möjligheter att använda synligt trä i byggnader.
FRÅGA 2: VAD ANSER DU ATT DET FINNS FÖR UTMANINGAR KOPPLAT TILL BRANDIMPREGNERAT TRÄ NU OCH I FRAMTIDEN?	De största utmaningarna är att kunna visa långtidsbeständigheten och att det är ofarligt att använda kemikalier för människor och miljö.
FRÅGA 3: ANSER DU ATT DET FINNS TILLRÄCKLIGT MED KUNSKAP INOM ÄMNET FÖR ATT KUNNA KLASSIFICERA BRANDIMPREGNERAT TRÄ SOM BRANDSÄKERT ÖVER EN LÄNGRE TID?	Nej, det behövs mer kunskap om nedbrytningsmekanismer och sätt att bevisa beständigheten.
FRÅGA 4: TYCKER DU ATT KRAVEN SOM STÄLLS I LSO GÄLLANDE BRANDSKYDDETS BESTÄNDIGHET ÄR TILLRÄCKLIGA OCH TYDLIGA?	Tror inte att kraven i LSO är tillämpliga för brandskyddsbehandling, kraven bör snarare ställas av Boverket.
FRÅGA 5: VID ACCELERERAD ÅLDNING AV TRÄ FÖRSÖKS DET EFTERLIKNA ÅR AV NATURLIG VÄDERPÅVERKAN. TRÄET PÅFRETTAS MED PERIODER AV BEVATTNING FÖR ATT SEDAN FÅ TORKA OCH VILA. ANSER DU ATT DENNA METOD ÄR BRA JÄMFÖRBAR MED NATURLIG ÅLDNING AV TRÄ?	Ja, den ger en möjlighet att få en bedömning på relativt kort tid, men relationen mellan accelererad och naturlig åldring är inte känd, den beror bland annat på i vilket klimat som den naturliga åldringen sker.
FRÅGA 6: OM DET GÅR ATT PÅVISA ATT BESTÄNDIGHETEN FÖRSÄMRATS KRAFTIGT REDAN EFTER NÅGRA ÅR, VAD ANSER DU ÄR EN BRA LÖSNING FÖR ATT UNDERHÅLLA FASADEN OCH ÅTERFÅ DESS BRANDSKYDDANDE EGENSKAPER?	I så fall är det en olämplig brandskyddsbehandling, som inte bör användas för det ändamålet.

Respondent 5

FRÅGA

SVAR

FRÅGA 1: VAD SER DU FÖR FÖRDELAR MED BRANDIMPREGNERAT TRÄ SOM BYGGNADSMATERIAL?

Lägre underhåll än brandskyddsmålat trä. Ett "osynligt" brandskydd.

FRÅGA 2: VAD ANSER DU ATT DET FINNS FÖR UTMANINGAR KOPPLAT TILL BRANDIMPREGNERAT TRÄ NU OCH I FRAMTIDEN?

Säkerställa beständiga egenskaper över tid. Säkerställa att det över tid koms ihåg att träet är brandskyddsbehandlat.

FRÅGA 3: ANSER DU ATT DET FINNS TILLRÄCKLIGT MED KUNSKAP INOM ÄMNET FÖR ATT KUNNA KLASSIFICERA BRANDIMPREGNERAT TRÄ SOM BRANDSÄKERT ÖVER EN LÄNGRE TID?

Då produkttypen är förhållandevis ny förutsätter jag att beständighet över tid från leverantörer är simulerad sådan och då känns det som att det trots allt kan finnas ett visst frågetecken gällande detta. Gäller väl då främst utomhus. Finns det krav på det i LSO?

FRÅGA 4: TYCKER DU ATT KRAVEN SOM STÄLLS I LSO GÄLLANDE BRANDSKYDDETS BESTÄNDIGHET ÄR TILLRÄCKLIGA OCH TYDLIGA?

FRÅGA 5: VID ACCELERERAD ÅLDNING AV TRÄ FÖRSÖKS DET EFTERLIKNA ÅR AV NATURLIG VÄDERPÅVERKAN. TRÄET PÅFRESTAS MED PERIODER AV BEVATTNING FÖR ATT SEDAN FÅ TORKA OCH VILA. ANSER DU ATT DENNA METOD ÄR BRA JÄMFÖRBAR MED NATURLIG ÅLDNING AV TRÄ?

För dålig kunskap i frågan.

FRÅGA 6: OM DET GÅR ATT PÅVISA ATT BESTÄNDIGHETEN FÖRSÄMRATS KRAFTIGT REDAN EFTER NÅGRA ÅR, VAD ANSER DU ÄR EN BRA LÖSNING FÖR ATT UNDERHÅLLA FASADEN OCH ÅTERFÅ DESS BRANDSKYDDANDE EGENSKAPER?

För dålig kunskap i frågan. Som utgångspunkt så bör väl då materialet bytas ut?

Respondent 6

FRÅGA	SVAR
FRÅGA 1: VAD SER DU FÖR FÖRDELAR MED BRANDIMPREGNERAT TRÄ SOM BYGGNADSMATERIAL?	Förnybart organiskt material. Estetiskt tilltalande.
FRÅGA 2: VAD ANSER DU ATT DET FINNS FÖR UTMANINGAR KOPPLAT TILL BRANDIMPREGNERAT TRÄ NU OCH I FRAMTIDEN?	Beständighet - hur länge håller erforderlig skyddsnivå och hur ska man komplettera impregneringen i efterhand i befintliga byggnader. Falsk trygghet? Vet man hur impregneringen påverkas av långvarig väderpåverkan?
FRÅGA 3: ANSER DU ATT DET FINNS TILLRÄCKLIGT MED KUNSKAP INOM ÄMNET FÖR ATT KUNNA KLASSIFICERA BRANDIMPREGNERAT TRÄ SOM BRANDSÄKERT ÖVER EN LÄNGRE TID?	Nej.
FRÅGA 4: TYCKER DU ATT KRAVEN SOM STÄLLS I LSO GÄLLANDE BRANDSKYDDETS BESTÄNDIGHET ÄR TILLRÄCKLIGA OCH TYDLIGA?	Känner inte till några krav i LSO som är direkt kopplade till detta. Syftar ni på 2kap2§ så nej den kan bli svår att nyttja som underlag för att kräva utredning och komplettering om det inte är uppenbart. Tex efter en brand. svårt att säga. Det är sannolikt en grov förenkling.
FRÅGA 5: VID ACCELERERAD ÅLDNING AV TRÄ FÖRSÖKS DET EFTERLIKNA ÅR AV NATURLIG VÄDERPÅVERKAN. TRÄET PÅFRESTATS MED PERIODER AV BEVATTNING FÖR ATT SEDAN FÅ TORKA OCH VILA. ANSER DU ATT DENNA METOD ÄR BRA JÄMFÖRBAR MED NATURLIG ÅLDNING AV TRÄ?	
FRÅGA 6: OM DET GÅR ATT PÅVISA ATT BESTÄNDIGHETEN FÖRSÄMRATS KRAFTIGT REDAN EFTER NÅGRA ÅR, VAD ANSER DU ÄR EN BRA LÖSNING FÖR ATT UNDERHÅLLA FASADEN OCH ÅTERFÅ DESS BRANDSKYDDANDE EGENSKAPER?	Det blir ekonomiskt ohållbart att byta ut panelen men det är nog tyvärr enda sättet att återfå egenskaperna. Att brandskyddsmåla blir nog inte lika bra och är nog också svårt att motivera rent ekonomiskt i den frekvens enligt ovan.

Respondent 7

FRÅGA

SVAR

FRÅGA 1: VAD SER DU FÖR FÖRDELAR MED BRANDIMPREGNERAT TRÄ SOM BYGGNADSMATERIAL?

Stora fördelar gällande brandspridning inom byggnad, framför allt gällande utformning av fasader men även som invändiga ytskikt där byggherren önskar större mängder synligt trä.

FRÅGA 2: VAD ANSER DU ATT DET FINNS FÖR UTMANINGAR KOPPLAT TILL BRANDIMPREGNERAT TRÄ NU OCH I FRAMTIDEN?

Då det är ett organiskt material blir beständigheten viktig. Vid utomhusmontering blir påverkan av väder och vind stor. Även hårdare krav på miljöklassning kan vara en utmaning vid impregnering.

FRÅGA 3: ANSER DU ATT DET FINNS TILLRÄCKLIGT MED KUNSKAP INOM ÄMNET FÖR ATT KUNNA KLASSIFICERA BRANDIMPREGNERAT TRÄ SOM BRANDSÄKERT ÖVER EN LÄNGRE TID?

Generellt sett nej. Information avseende testmetoder och kriterier finns såklart att hämta för den som är intresserad. Dock anser jag att det finns kunskapsluckor både hos byggaktörer och hos producenter/leverantörer av denna typ av produkt.

FRÅGA 4: TYCKER DU ATT KRAVEN SOM STÄLLS I LSO GÄLLANDE BRANDSKYDDETS BESTÄNDIGHET ÄR TILLRÄCKLIGA OCH TYDLIGA?

Nej.

FRÅGA 5: VID ACCELERERAD ÅLDNING AV TRÄ FÖRSÖKS DET EFTERLIKNA ÅR AV NATURLIG VÄDERPÅVERKAN. TRÄET PÅFRESTAS MED PERIODER AV BEVATTNING FÖR ATT SEDAN FÅ TORKA OCH VILA. ANSER DU ATT DENNA METOD ÄR BRA JÄMFÖRBAR MED NATURLIG ÅLDNING AV TRÄ?

Svårt att säga, det behöver nästan någon med specialistkompetens inom trä och materialegenskaper besvara. Samtidigt förstår man behovet av att snabba på testerna, finns inte möjlighet för leverantörer att testa en produkt i 10–20 år innan den kan börja säljas.

FRÅGA 6: OM DET GÅR ATT PÅVISA ATT BESTÄNDIGHETEN FÖRSÄMRATS KRAFTIGT REDAN EFTER NÅGRA ÅR, VAD ANSER DU ÄR EN BRA LÖSNING FÖR ATT UNDERHÅLLA FASADEN OCH ÅTERFÅ DESS BRANDSKYDDANDE EGENSKAPER?

Byta ut de impregnerade delar som tappat sin förmåga. Om möjligt, återimpregnera delarna, troligen är det dyrare än att köpa nytt.

Sammantaget tror jag inte det finns något bra sätt utan man måste tänka på beständigheten från början.