



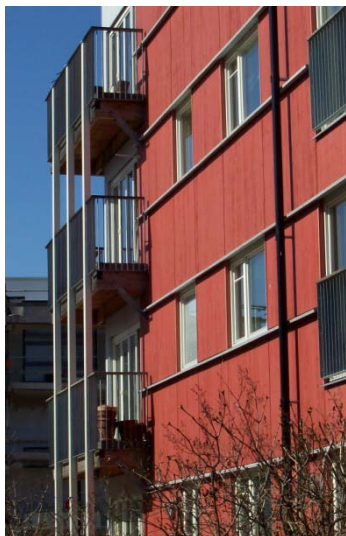
Fasader i trä för flervåningsbyggnader Jämförelse mellan material och behandlingsmetoder

Slutrapport

Karin Sandberg, Anna Pousette,
Olov Karlsson, Bror Sundqvist

Fasader i trä för flervåningsbyggnader Jämförelse mellan material och behandlingsmetoder

Karin Sandberg, Anna Pousette,
Olov Karlsson, Bror Sundqvist



Fasader i trä för flervåningsbyggnader Jämförelse mellan material och behandlingsmetoder

Karin Sandberg, Anna Pousette,
Olov Karlsson, Bror Sundqvist

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 Borås

© 2013 SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

SP Rapport 2013:21 (april 2013, reviderad november 2013)
ISSN 0284-5172
ISBN: 978-91-87461-06-4

Abstract

Wooden facades on multi-storey buildings

Comparison of materials and treatments

Wood is easy to work with, easy to use and can contribute to the aesthetic design of facades. Traditionally, wooden facades have been frequently used on low-rise buildings with 1-2 stories but now wooden facades are also used on multi-storey buildings. Multi-storey buildings with wooden facades have only been built in the last 10-15 years and there is not yet much experience of the durability of the facades. Also new wooden materials, paints, fasteners, material combinations etc. are introduced on the market with little experience on the long-term performance. To build correctly from the start to get long life and durability is important as it is expensive to repair and maintain high facades.

The goal of this work was to compile information about wood products and wood treatments and to give an overview of how well different materials and treatments work to achieve long maintenance intervals and low maintenance costs. For wood on façades higher than two stories also fire protection should be taken into account. Calculations were made of LCC (life cycle costs) for various wood facades and compared to facades of fiber cement boards, plaster or bricks. Some of the new wood products have been on the market only a short time and therefore, estimates for the LCC are based largely on experience from "real cases" and not on scientific articles.

From an environmental and LCC perspective the wooden facade is a good option for multi-storey buildings. Cost of sprinklers may apply, but then also the great benefits of sprinklers must be evaluated. By installing sprinklers in the building the safety of the residents is raised and thus a better building is obtained. A wooden facade has low investment cost. Repainting of the facade costs in the long run and longer maintenance intervals are required to reduce LCC. An advantage is that because of the low weight the wooden facade can be prefabricated and industrially manufactured on wall elements or house volume units. Untreated wood with minimal maintenance is an inexpensive wooden facade whose appearance may vary. Wood can be left untreated, but will then become grayish to black and can get uneven color changes depending on the species and location in the façade. Paint attaches poorly on wood that has been unpainted and the wood is therefore inappropriate to paint on.

New wood preservation methods are being developed and introduced to facades to make them durable (against rot) without costly maintenance and /or to meet fire requirements without sprinklers. Tests will take a long time and for many of the described materials and treatments there are still references missing and no test results to verify functionality over time. The costs of the new products are currently relatively high and with uncertainty in the improvement of the properties it can be difficult to improve the LCC. This may change in the future if increased production results in lower prices and especially if verified long-term performance results in lower maintenance costs.

Key words: wooden facade, cladding, LCC, maintenance, modified wood, wood treatments

Förord

Den här rapporten är finansierad av TCN (TräCentrum Norr) och CBBT (Centrum för byggande och boende med trä). TCN är en centrumbildning vid Luleå Tekniska universitet campus Skellefteå, www.ltu.se/centres/TraCentrum-Norr-TCN, och CBBT är en stiftelse i Växjö, www.cbbt.se/website3/1.0.3.0/2/1/index.php.

Syftet med denna projektrapport var att sammanställa information om trämaterial, träskyddsbehandlingar och ytbehandlingar för trä som underlag för framtida fasadsystem i trä för framförallt flervåningshus. Rapporten är sammanställd på uppdrag av träindustrin som ville ha svar på sina frågor om vilka material och behandlingar som i dagsläget finns för att få fram bra produkter till träfasader. Det pågår mycket utveckling och det fanns behov av en genomgång av den information som för närvarande finns tillgänglig, för att därigenom underlätta för industrin/köparen/byggherren etc. vid valet av material till träfasader. Rapporten är en översiktsrapport och innehåller inte alla referenser inom respektive område.

För flera relativt nya metoder och produkter för träskyddsbehandling och ytbehandling är den långsiktiga prestandan fortfarande osäker. Forskning och provningar pågår där resultaten inte är offentliga än. Rapporten innehåller en del hänvisningar till uttalanden om olika produkter från tillverkarna, men författarna tar inte ansvar för dessa uttalanden.

Projektets vision är att långsiktigt behålla och öka användningen av träfasader till husbyggnader genom att utveckla fasadsystem i trä som kan användas för framförallt flervåningshus i Sverige och på exportmarknader.

Tack till Consultec som tillhandahållit kalkylprogrammet BidCon för LCC-beräkningarna. Tack också till Jöran Jermer som bidragit med synpunkter på rapporten och tack till alla andra som bidragit med information till projektet. Deltagare i projektgruppen har varit: Anders Gustafsson SP Trä, Skellefteå; Anders Persson Midroc; Anna Pousette SP Trä, Skellefteå; Birgit Östman SP Trä, Stockholm; Bror Sundqvist SP Trä, Skellefteå; Elias Brag Derome; Erland Hedlund, Martinsons Kroksjön, Skellefteå; Greger Lindgren/Robert Andersson, Martinsons, Bygdsiljum; Gösta Gustavsson BAC Såg & Hyvleri AB, Luleå; Helena Johnsson, Lindbäcks Bygg, Piteå; Johan Blixt Södra/CBBT, Växjö; Karin Sandberg SP Trä, Skellefteå; Lennart Wilhelmsson, SCA, Sundsvall; Lars Lundström Succedo Verksamhetsutveckling, Skellefteå; Lars-Erik Pettersson BAC Såg & Hyvleri AB, Luleå; Olov Karlsson LTU Skellefteå; Thomas Lundmark TCN Skellefteå; Ulf Haglind Plusshus/Setra, Skellefteå.

Sammanfattning

Trä har fördelen att det är lätt att bearbeta, enkelt att använda och kan bidra till estetisk utformning av fasaden. Traditionellt har träfasader varit vanliga på byggnader med 1-2 våningar, men idag används träfasader på såväl småhus som flervåningshus. Flervåningshus med träfasader började byggas i början av 2000-talet och därför finns ännu inte så lång erfarenhet av hur träfasader klarar sig på höga hus. Det kommer också nya produkter, trämaterial, färger, skruvar, skivmaterial m.m. på marknaden. Flera material kombineras och sätts samman på nya sätt. Träfasader på högre hus ställer ökade krav på hållbarhet eftersom det är dyrbart att reparera och underhålla på hög höjd. Det medför att det för alla fasadmateriäl är viktigt att det blir rätt från början och att materialens livslängd har stor betydelse.

Vad ska man tänka på när man väljer trä till ett flervåningshus? Avsikten med detta arbete var att sammanställa information om trämaterial, träskyddsbehandlingar och ytbehandlingar för trä och att ge en överblick över hur olika material och behandlingar fungerar för att uppnå låga underhållskostnader t.ex. genom långa ommålningsintervall. Hållbarheten påverkas av en mängd faktorer. I och med att trämaterial ska sitta på fasader högre än två våningar måste även brandskyddet beaktas. Beräkningar har också gjorts av LCC (livscykelkostnader) för olika träfasadalternativ som jämförts med fasader med fibercementskiva, puts och tegel. Underhållsintervall har baserats på erfarenheter, och för vanliga fasadmateriäl som använts under lång tid finns det mycket information. En del nya träprodukter har bara funnits på marknaden ett kort tag och långtidsprovningar saknas. Därför är uppskattningarna av LCC mer osäkra för dessa och baseras till stor del på "verkliga fall" och inte på vetenskapliga artiklar.

Träfasaden är sett ur miljö- och LCC-perspektiv ett bra alternativ för flervåningshus. Genom att installera sprinkler i byggnaden kan man använda träfasad utan begränsningar upp till åtta våningar. Kostnader för sprinkler kan tillkomma, men då ska man också värdera sprinklernas stora fördelar. Med sprinkler höjer man säkerheten för de boende och får därmed på köpet en bättre byggnad. Sverige har nyligen infört krav på sprinkler i nybyggda särskilda vårdboenden. En träfasad har låg investeringskostnad. Ommålning av fasaden är det som kostar i det långa loppet och för att minska LCC erfordras långa underhållsintervall. För att möjliggöra detta krävs att man har en bra grundfärg och toppfärg i tillräckligt tjockt skikt från början. En fördel med den målade träfasaden är att den går att måla om, och då går det att byta kulör. En annan fördel med träfasaden är att den på grund av den låga vikten kan prefabriceras på industriellt tillverkade plana väggelement eller på färdiga husvolymmer. Den låga vikten gör den också enkel att montera vid om- och tillbyggnader.

Väljs obehandlat trä med minimalt underhåll är träfasaden ett mycket billigt alternativ, men som utseendemässigt kan variera. Trä kan lämnas obehandlat men kommer då att bli gråaktigt till svart och kan få ojämna färgskiftningar beroende på träslag och läge i fasaden. Färg fäster dåligt på trä som stått omålat och det är därför olämpligt att måla på.

Nya träskyddsmetoder håller på att utvecklas och introduceras för träpanel som ska vara beständig (mot röta) utan kostsamt underhåll och/eller för att klara brandkrav utan sprinkler. Erfarenhet efter många års exponering saknas eftersom det tar lång tid och för flera av de beskrivna materialen och behandlingarna saknas fortfarande referenser med provningsresultat för att verifiera funktionen över tid. Rapporten innehåller hänvisningar till uttalanden om olika produkter från tillverkare, men författarna tar inte ansvar för dessa uttalanden. Kostnaderna för de nya produkterna är i dagsläget relativt höga och med osäkerheten i förbättring av egenskaperna kan det vara svårt att räkna hem LCC. Det kan ändras i framtiden om ökad produktion ger lägre pris och framförallt om verifierad långtidsfunktion ger lägre underhållskostnader.

Innehåll

1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND.....	1
1.2 BRAND.....	2
1.3 TRÄFASADERS UTFORMNING	2
1.4 MONTAGE.....	3
1.5 MILJÖ	4
1.6 SYFTE OCH MÅL.....	4
2. FUNKTIONSKRAV OCH PROVNINGSMETODER.....	6
2.1 FUNKTION OCH BEDÖMNING AV FUNKTIONSDUGLIGHET	6
2.2 BIOLOGISK BESTÄNDIGHET.....	7
2.3 FORM- OCH DIMENSIONSSTABILITET OCH SPRICKBENÄGENHET	8
2.4 ESTETIK	9
2.5 BRANDSÄKERHET	9
2.6 MILJÖASPEKTER	11
3. BESKRIVNING AV MATERIAL OCH BEHANDLINGAR.....	12
3.1 TRÄMATERIAL	12
3.2 TRÄSKYDDSBEHANDLINGAR MOT BIOLOGISK PÅVÄXT	14
3.3 TRÄSKYDDSBEHANDLINGAR MOT RÖTA	14
3.3.1 Impregnering NTR.....	14
3.3.2 Impregnering med vattenlösliga silikater	15
3.3.3 Impregnering med hjälp av superkritisk koldioxid	16
3.3.4 Behandling med linolja	17
3.4 TRÄMODIFIERANDE PROCESSER MOT RÖTA	17
3.4.1 Acetylering	18
3.4.2 Furfurylering.....	18
3.4.3 Värmebehandling (termisk modifiering)	18
3.4.4 DMDHEU.....	19
3.5 BRANDSKYDDSBEHANDLINGAR.....	19
3.5.1 Brandskyddsfärg.....	20
3.5.2 Brandskyddsimpregnering.....	20
3.6 YTBEHANDLINGAR	21
3.7 KOSTNADER	23
4. UNDERHÅLL OCH KOSTNADER.....	24
4.1 GARANTIER FÖR FÄRG	25
5. JÄMFÖRELSE MELLAN MATERIAL OCH BEHANDLINGAR	26
5.1 KOSTNADER	26
5.2 LCC (LIVSCYKELKOSTNADER).....	26
5.2.1 Träfasader jämfört med fasader av andra fasadmaterial.....	27
5.2.2 Några referenser med jämförelser mellan olika fasadmaterial.....	31
5.2.3 Träfasader med olika trämaterial och behandlingar	32
6. SLUTSATSER.....	34
7. REFERENSER.....	37
BILAGA 1. LCC-BERÄKNINGAR.....	44

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Traditionellt har granpanel använts till fasader i Sverige, och i svenskt klimat fungerar en granpanel mycket bra under de flesta förhållanden. Man vet av erfarenhet att det är möjligt att uppnå en lång livslängd, 50 år eller mer. Det förutsätter att man väljer bra material och dessutom ett bra färgsystem, korrekt utförd profilering samt montage och underhåll. Fördelen med trä är att det ofta är enkelt att byta ut skadade delar och måla om fasaden, vilket kan behövas om panelen skadas eller vandaliseras. Allt fler flervåningshus i trä byggs med träfasader. Traditionellt har fasader av trä varit vanligast på lägre byggnader med 1-2 våningar och därför finns inte så mycket erfarenhet av hur en träfasad klarar sig på högre byggnader. I och med att panelen ska sitta på fasader högre än två våningar måste även brandskyddet beaktas. Byggherrar och förvaltare önskar låga underhållskostnader och bra beständighet.

Beständighet innebär att konstruktionen behåller sina avsedda egenskaper och funktioner som bärförmåga, styvhet och form under inverkan av utomhusklimat (temperatur, fukt, frost, UV-strålning, mekanisknötning). Materialens förmåga att motstå klimatets påverkan är avgörande, men även konstruktion och utformning, t.ex. infästningar och avslutningar, är viktiga (Englund 2010a). Byggssektorn efterfrågar alltmer standardisering och modeller för livslängdsbedömning och livslängdsplanering. Inom ett pågående projekt WoodBuild arbetar man med att försöka ta fram tillförlitliga data för materialegenskaperna (Englund 2010b) samt metoder för beräkning av livslängd (Thelandersson et al 2011).

Fasaden påverkas av den omgivande miljön och utsätts för luftfuktighet, UV-strålning och föroreningar etc. Träytan bryts ner biologiskt (röta) eller genom vittring på grund av fysikaliska och kemiska förändringar och dessa kan förekomma enskilt eller tillsammans (Zabel & Morrell 1992). En grånad timmerlada är ett exempel på en vittrad yta där nedbrytning skett p g a väder och vind. Fysikalisk nedbrytning är en långsam process och det kan ta ett decennium att nöta bort några millimeter från träytan medan röta kan förstöra trä inom några år om förhållandena är de rätta för rötsvamparna. Mer om biologisk beständighet finns i kapitel 2.2.

För att förbättra den biologiska beständigheten kan man modifiera eller behandla trä på olika sätt vilket beskrivs i kapitel 3. Traditionellt sett har inte impregnerat eller modifierat trä använts i någon större omfattning i fasadpaneler i Sverige. Målning av en träfasad görs för att höja det estetiska värdet genom olika kulörer och för att minska de fuktrelaterade rörelserna i träet. Det går att lämna fasaden omålade men den kommer med tiden att bli silvergrå och i vissa fall brun-grå eller grå-svart beroende på träslag, och färgen kan variera mellan olika sidor av huset. I en omålade panel kan sprickor uppstå, framförallt på södersidan på grund av stora skillnader i temperatur och fukt som ger rörelser i träet. Det blir en så kallad fysikalisk nedbrytning men träet behåller sig oftast friskt från biologisk nedbrytning.

Vatten har stor inverkan på beständigheten och har flera funktioner i nedbrytningsprocessen. Nedbrytning på grund av väder och vind kräver inte vatten, men tillsammans med vatten accelereras processen genom att träet sönderdelas och spricker snabbare. Vatten är ett lösningsmedel som förorsakar svällning och ett medium för transport av näringsämnen och nedbrytningsprodukter (Rowell 2005, Zabel & Morrell 1992). Tillgång till fritt vatten i cellerna är en förutsättning för röt- och

blånadssvampar och därmed för den biologiska nedbrytningen. Att begränsa tillgången till vatten och att träet kan torka ut mellan uppfuktningar är den viktigaste faktorn för träets beständigt. Konstruktionen bör därför utformas så att träet skyddas mot fuktrelaterade skador och ges möjlighet till uttorkning, dimensionsförändringar och rörelser (Pousette & Sandberg 2007). Ett exempel är att fasaden ska avslutas ca 300 mm ovanför markytan för att undvika markkontakt och vattenstänk. Om fasaden avslutas närmare marken beaktas behov av utbytbarhet, träskyddsbehandling eller mer underhåll. Ett takutsprång med stort överhäng på ett lågt hus skyddar fasaden effektivt mot vatten och UV-strålning från solen och utgör hinder för nedbrytningen. På ett flervåningshus är det betydligt svårare att uppnå detta skydd från takutsprång.

Röta uppkommer normalt inte i en ventilerad träfasad eftersom det finns möjlighet för träet att torka ut. Röta i en fasad beror på felaktig konstruktion eller ytbehandling/färgsystem, som medför att vatten hamnar på fel ställe och inte kan torka ut.

1.2 Brandskydd

På byggnader i mer än två våningar tillåts inte 100 % träfasader enligt Boverkets byggregler, om inte särskilda brandskyddsåtgärder vidtas. Däremot kan delar av fasaden vara i trä, t ex kan ca 20 % trä utan brandskyddsbehandling användas om huset inte har sprinkler. Trämaterialet ska då kombineras med t.ex. puts eller tegel dvs. material som inte är brännbara. Trä kan användas mellan fönster i sidled, men inte direkt ovan fönster etc. se kapitel 2.5.

Med sprinkler i lägenheterna kan träfasader användas upp till 8 våningar (Boverket 2011, Östman et al 2012). När en byggnad förses med boendesprinkler som ökar brandskyddet kan så kallade tekniska byten utföras. Det innebär att kraven på någon annan del av det byggnadstekniska brandskyddet kan minskas, exempelvis kan vanlig träpanel användas i fasaden (Östman et al 2002a, Östman et al 2002b, Nystedt & Östman 2012).

Brandklassade fönster kan också vara ett alternativ för att kunna använda mer trä i fasaden. Det har använts i kontorshus, men fönstren måste vara låsta och det är inte så lämpligt för bostäder där man vill kunna öppna fönster och vädra. Ett annat alternativ är att ha en flamskärm ovanför fönster, $\geq 0,8$ m, som leder flammorna längre bort från fasaden.

Brandskyddsbehandling av fasaden är ett annat alternativ, antingen som impregnering eller ytbehandling. Behandlingarna kan urlakas vid användning utomhus och det impregnerade träet ska därför användas tillsammans med ytbehandling, se kapitel 3.5. Det finns en standard med bruksklasser för utomhusbeständigheten hos brandskyddat trä (SIS-CEN/TS 15912:2012, Östman & Tsantaridis 2012). Det finns klasser och godkända produkter för inomhus- respektive utomhusanvändning (www.brandskyddattra.info).

1.3 Träfasaders utformning

Ett fasadsystem är ett system av fasadprodukter och deras montage. Träbaserade fasadmaterial kan innefatta obehandlat trä, träskyddsbehandlat trä, ytbehandlat trä, eller en kombination av alla dessa. En träfasad består vanligen av panel som är stående eller liggande och som fästs till träläkt med spik eller skruv. Fasadpanel tillverkas med dimensioner och profiler enligt standard SS 23 28 13 och SS 23 28 12. Fördelen är att det finns många kombinationsmöjligheter och många estetiska uttryck i både form och färg.

Panel ska vara CE-märkt enligt SS-EN 14915. Kvalitetskontrollerade fasadpaneler var tidigare Kauna-panel som godkändes enligt Svensk kvalitetsträ ekonomisk förening (som numera är nedlagd). Idag finns P-märkning av kvalitetssäkrade träpaneler där SP certifierar enligt P-märkningsregler (Månsson 2012), vilket innebär att trävara, ytbehandling m.m. kontrolleras. Kvalitetskontrollerad fasadpanel beskrivs i kontentan ”P-märkt grundmålad fasadpanel” (Pousette et al 2011). Certifierade företag finns på SPs webbplats, www.sp.se/sv/index/services/certprod/certprodprofil/bygg/Sidor/default.aspx.

Breda limmade panelbräder tillverkas av limträ i längder upp till 12 m (www.martinsons.se). Den synliga sidan är finsågad. Limträpanel finns med bredderna 200 mm och 300 mm för stående respektive liggande montering.

Träbaserade skivor kan också användas på fasader (Norén et al 2006). Det finns flera typer såsom flerskiktsskiva från Dold Puidutööstus AS (www.dold-estonia.com), och plywood från UPM (<http://w3.upm-kymmene.com>). Men även för dessa material måste dimensions- och formförändringar samt sprickbildning beaktas. Speciellt kantförsegling är viktig för att förhindra fuktupptagning. Skivorna kan träskyddsbehandlas och ytbehandlas på olika sätt.

Exempel på andra skivsystem är Knauf Danogips P-märkta fasadsystem (Månsson, 2009) med ventilerad cementbaserad skiva med puts (www.byggsystem.knaufdanogips.se), cementbaserade skivor (fibercementskivor) som kan vara genomfärgade och lackade t.ex. Cembrit (www.cembrit.se) och Frontline fibercement (www.ivarssonsverige.se).

Det är viktigt att ändträ på panelbräder skyddas med t.ex. oljning och/eller målning. Konstruktionsteknisk utformning och montage påverkar det slutliga resultatet vilket inte beskrivs i denna rapport. Det finns en handbok om träfasader (Pousette et al 2007, Pousette et al 2012) samt en guide om träfasader (Pousette & Sandberg, 2008). Dessutom har det under senare tid även kommit en avhandling om arkitektur och teknik för träfasader (Nilsson, 2011) samt en rapport om utvändiga träfasader av gran och furu och deras beständighet (Sandberg, 2011). I TräGuiden på Svenskt Träs hemsida (www.traguiden.se) beskrivs flera typer av fasadmaterial, fasadsystem samt fasadlösningar av trä.

Trä-plast-kompositer (WPC) är material som får sina fysikaliska egenskaper från samverkande plastmassa och träfiber. Forskning pågår för att ta fram miljövänliga och beständiga trä-plast-kompositer för nya användningsområden, se www.ecobuild.se. WPC-produkter används framförallt i USA till trall, som är dyrare än tryckimpregnerat trä.

1.4 Montage

Träpaneler och skivor ska monteras med ventilerad luftspalt bakom. Traditionellt har träpaneler spikats på träläkt på väggen. Det förekommer även att man skruvar. Spikar/skruvar ska vara så långa att de ger tillräcklig utdragshållfasthet men inte skadar bakomliggande vindskydd, se AMA Hus. Även träskivor skruvas vanligtvis fast i träläkt. Dimensionering görs enligt eurokoder och infästningar dimensioneras enligt Eurokod 5, SS-EN 1995-1-1.

Spikar, skruvar, brickor och beslag ska vara korrosionsbeständiga, t.ex. av varmförzinkat, rostfritt eller syrafast stål. Korrosionsskyddet anpassas till trämaterial och korrosivitetsklass (omgivande miljöns aggressivitet) enligt SS-EN ISO 12944-2. Lärk, ek, värmebehandlat virke och vissa tropiska träslag kräver fästdon av syrafast stål för att få lång livslängd och undvika rostränder. Även andra

rostskyddsbeläggningar förekommer på skruvar, t.ex. polyuretanbeläggningar som ska vara provade och klassificerade till att klara aktuell korrosionsklass.

Vid träslag med densitet över 500 kg/m³ eller spröda trämaterial (t.ex. värmebehandlat och furfurylerat trä) bör man förborra eller använda borrande skruv för att undvika sprickor. Paneländar ska spikas med ett avstånd på minst 100-150 mm från änden för att undvika sprickbildning i ändträ (Pousette et al 2007).

Beslag kan användas för dolt montage av paneler men framförallt för skivor. Ett system beskrivs i den österrikiska boken Holzfassaden (Brandstätter et al 2004). Beslagen fästs på baksidan av fasadbeklädnaden vilket ger en opåverkad framsida utan spik- eller skruvhål. I Sverige är det inte så vanligt förekommande, ett exempel är Trähus 2001 på Bo01-området i Malmö, som syns längst upp till vänster på den här rapportens framsida.

1.5 Miljö

Trä är en förnybar råvara. Virket bör helst komma från skog som är certifierad av ett oberoende certifierande organ t.ex. FSC eller PEFC. FSC (Forest Stewardship Council), se www.fsc.org, är ett internationellt skogscertifieringssystem som verkar för att världens skogar brukas på ett sätt som är acceptabelt ur miljömässigt, socialt och ekonomiskt perspektiv. FSC har särskilda spårbarhetsregler som ska följas. PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes), se www.pefc.org, är också ett internationellt system för certifiering av skogsbruk och virkeshandel. PEFC innebär certifiering och spårning av virke från skogsbruk vidare i förädlingskedjan, och består av skogscertifiering, entreprenörcertifiering och spårbarhetscertifiering. En stor del av den svenska skogen är certifierad enligt det ena eller båda systemen. Vid användning av tropiska träslag bör man alltid kontrollera att de är certifierade. Import av utländska träslag innebär också en miljöpåverkan från transporten till Sverige.

Tryckimpregnerat virke som har tjänat ut ska hanteras enligt anvisningar från kommunens miljökontor och får bara förbrännas på godkända anläggningar.

Till målning används numera mest vattenbaserade färger som är mer miljövänliga än lösningsmedelsbaserade. Färgerna innehåller många olika ämnen, bl.a. fungicider och konserveringsmedel. Inom projektet EcoBuild, se www.ecobuild.se, arbetar man med biobaserade ytbehandlingar, vilket omfattar nya ytbehandlingssystem för träprodukter i utomhusbruk och för produkter av modifierat trä. Färg- och lackskikt, gränsskikt och fuktprofiler i materialen studeras och med bl.a. spektroskopiska metoder. Laboratorieanalyserna stöds av accelererad åldring och fältstudier.

Inom EcoBuild, se www.ecobuild.se arbetar man även med biobaserade bindemedel, såväl härdande som termoplastiska. De härdande bindemedlen är avsedda som bindemedel i skivmaterial (spånskivor, plywood, etc.) och i andra limmade produkter. De termoplastiska bindemedlen ska framförallt användas till trä-plast-kompositer.

1.6 Syfte och mål

Syftet med denna projektrapport var att sammanställa information om trämaterial, träskyddsbehandlingar och ytbehandlingar för trä som underlag för framtida fasadsystem i trä för framförallt flervåningshus.

Ett första delmål var en inventering av befintliga fasadsystem samt ingående material och metoder för framtida fasadsystem. Det andra delmålet var att ta fram underlag till kommande arbete och en ny ansökan baserad på de uppgifter som framkommit i första delen.

Vid projektstarten genomfördes en enkät bland projektdeltagarna och resultatet blev att projektet inriktades mot träbaserade fasadmaterial och behandlingsmetoder. Inventeringen skulle omfatta i första hand Sverige och Skandinavien. Vanligt förekommande material i fasadsystem i Sverige skulle ingå i jämförelser baserade på LCC (livscykelkostnader). Beständighet, brandsäkerhet och funktionsduglighet för träfasader ansågs viktigast att utreda. Rapporten sammanställer information om trämaterial, träskyddsbehandlingar och ytbehandlingar för trä och ger en överblick över hur olika material och behandlingar fungerar. projektrapporten är en översiktsrapport och innehåller inte alla referenser inom respektive område.

2. Funktionskrav och provningsmetoder

2.1 Funktion och bedömning av funktionsduglighet

Definitionen av beständighet är att konstruktionen behåller sina avsedda egenskaper och funktioner som bärförmåga, styvhet och form under inverkan av utomhusklimat (temperatur, fukt, frost, UV-strålning, mekanisk nötning). Vad som är funktionsdugligt kan variera och vara subjektivt.

En fasadpanels huvudsakliga funktion är att skydda den bakomliggande bärande konstruktionen från väder och vind så att den är intakt. För att fasaden ska uppfylla sin funktion, dvs. skydda bakomvarande konstruktionen, krävs det att den är tät och/eller tillåter att fukt kan transporteras bort. För att den ska vara tät krävs att panelen är dimensionsstabil och inte spricker. I värsta fall kan röta uppstå och därmed reduceras hållfastheten drastiskt. Röta på fasader har normalt sett ett långsamt förlopp och beror vanligen på brister i den konstruktiva utformningen, se även kapitel 1.1.

Fasaden har också en viktig estetisk funktion och en träfasad kan ge många olika uttryck eftersom den går att variera på många sätt. Trä målas framförallt av estiska skäl, dels för att ge en kulör åt fasaden och hindra trä från att bli grått och dels för att minska fuktrörelser och därmed sprickbildning. Trämateriäl kan vara korrosiva och fästdon utan rotskydd kan korrodera, vilket leder till fula "rinnmärken" på fasaden eller i värsta fall till att fästdonen rostar sönder och panelen lossnar. Rörelser i träet kan medföra att tätheten mellan bräderna försämras genom att spikar dras ut.

Att bedöma funktionsdugligheten ur ett estetiskt perspektiv är svårt. Det är subjektivt och i många fall upplevs de estetiska parametrarna som mycket viktiga, exempelvis smuts, "mögel"-prickar, påväxt av alger, minskad glans på ytbehandlingen, avflagnig av färg och sprickor påverkar utseendet, men påverkar inte fasadens primära funktion att skydda den bakomliggande bärande konstruktionen eller reducerar hållfastheten. I många fall kan man förbättra de estetiska parametrarna genom att underhålla fasaden med att tvätta och måla. Skadade delar kan bytas ut, spikar slås in och därmed upprättas funktionen igen. Detta görs med olika underhållsintervall och kostnader.

För bra brandsäkerhet är materialval och detaljutformning viktiga. Vid en brand ut genom ett fönster får fasadmaterialet inte bidra till att sprida branden längs fasaden, eller mellan brandceller. Träpanel kan användas om särskilda åtgärder vidtas som försvårar brandens spridning. Sådana åtgärder kan vara att välja brandklassade fönster och självstängande dörrar eller att panelen är diskontinuerlig i vertikal riktning. Det senare innebär bland annat att utvändig träpanel inte ska utföras sammanhängande över invändiga brandcellsgränser, om man inte installerar sprinkler. Europeiska standarder används vid brandprovning och klassificering av brandtekniska egenskaper för byggprodukter.

Funktionsduglighet kan bedömas utifrån följande parametrar:

- Skyddande egenskaper: biologisk beständighet, dimensionsstabilitet, sprickbenägenhet
- Estetik: färgbeständighet, glanstal på ytbehandlingen, påväxt, ytbeskaffenhet
- Brandsäkerhet: skydd mot brandspridning och tid till antändning
- Miljöaspekter: förnybar råvara, CO₂-utsläpp, LCA

2.2 Biologisk beständighet

Mikroorganismer har miljökrav som varierar inom vida gränser med avseende på temperatur, ljusförhållanden, pH eller näringsbehov för organismerna. En typ av mikroorganismer är svampar, t.ex. mögel-, blånads-, och rötsvampar som har olika miljökrav och påverkan på trä. En schematisk sammanställning finns i tabell 1.

Tabell 1. Olika svampgruppers miljöfaktorer för att växa i och på ved. Källa: Carling et al 1984.

Förutsättningar för angrepp av mikroorganismer			
	Mögelsvampar	Blånadssvampar	Rötsvampar
Relativ luftfuktighet	> 95 %	-	-
Fuktkvot i veden	-	30 - 120 %	30 - 120 % 40 - 80 % optimum
Temperatur	0 till 55 °C Varierande optimum	-3 till 40 °C 22 till 28°C optimum	0 till 40 °C 25 till 32°C optimum 21 °C optimum hussvamp
pH-värde	2 - 10 5 - 6 optimum	2 - 7 5.5 optimum	2 - 7 5 optimum
Näring 1	Kräver kolhydrater i form av fria sockerarter	Kräver kolhydrater i form av fria sockerarter	Behöver ej fria kolhydrater, Kolhydrater från cellulosa och hemicellulosa.
Näring 2	Kväve, mineralsalter	Kväve, mineralsalter, vitaminer (vissa arter)	Kväve, syre, mineralsalter, Vitamin B1
Övrigt 2	Kan inte bryta ner cellväggen	Kan bryta ner cellväggen så att hyferna kan växa i veden.	Kan bryta ner cellväggen och livnära sig på dess kolhydrater och därigenom reduceras hållfastheten

Utveckling och nedsmittning sker olika i mark och ovan mark. I markkontakt kan svampen bära fukt och näring från marken genom svampens hyfer. Hur bra etableringen blir beror på träytan och om det finns näring, lämplig temperatur och vattenmängd för sporer eller hyferna att leva på (Findlay 1965), (Scheffer & Cowling 1966). Etableringen beror även på frånvaro av giftiga ämnen för svampen t.ex. extraktivämnena eller kemiska ämnen (Findlay 1965). Ovan mark varierar tillväxten beroende på vilka miljöfaktorer som är begränsande. Den svamp som är mest tolerant mot begränsningen kan fortsätta att växa och dominera medan andra kan slås ut. Om en av miljöfaktorerna förändras kan svampens tillväxt avta eller till och med avstanna.

Biologisk beständighet kan bedömas på olika sätt, dels via utomhusförsök ovan mark eller i mark, dels som laborieförsök eller verklig exponering. Resultaten redovisas på olika sätt. Några olika metoder för att testa biologisk beständighet är:

- Fältprovning i markkontakt, som utförs enligt EN 252 under minst 5 år.
- Fältmetoder ovan mark, exempelvis "Lap Joint" (CEN/TS 12037), L-joint (SS-EN 330), "Johansson metoden" (Johansson et al 1999), double layer (Rapp et al 2001). Ytterligare en metod har använts som kallas "Nära mark" eller "Trall" vilket innebär att provbitarna ligger på leca-block nära mark men inte i kontakt med mark (Johansson et al 2001), (Westin 2004).
- Laborieprovning, enligt SS-EN 113, en laboriemetod med rötsvampar under ca 16 veckor.
- Mycologg, en accelererad metod för att utvärdera beständighet ovan mark genom att utsätta paneler för olika sporer vid olika relativa luftfuktigheter (RF) i cykler (Blom & Bergström 2005).

Vanligaste metoderna för att utvärdera beständighet är genom visuell inspektion, bildbehandling, mikroskopisk utvärdering, sticktest med kniv, viktförlust och olika hållfasthetsprovningar. Metoderna upptäcker graden av röta, men bara visuell och mikrobiologisk utvärdering tar hänsyn till vilken svamp som orsakar nedbrytningen (Råberg et al 2005). Det är även möjligt att använda molekyllär teknik för att identifiera svamparter direkt från mycelet (Råberg et al 2005).

Enklaste sättet att skilja friskt virke från rötskadat virke är att känna på hårdheten med en knivspets och bryta loss en flisa, om brottet är splitsigt och följer träets fiberriktning är virket friskt men om virket bryts tvärs virket är det rötskadat. Med knivtest kan röta upptäckas vid en massförlust på 5-10 % vilket är precis ovanför den nivå tidig röta kan upptäckas med mikroskåp (Wilcox 1978, 1983).

Resultat från olika metoder och undersökningar kan inte direkt jämföras eftersom försöksförhållanden kan vara olika, t.ex. temperatur, svampstam, försöksmaterial, försökstid, odlingsmedier samt olika storlekar på försöksmaterialet. Utvärdering och gradering av t.ex. missfärgande påväxt ovan mark är subjektiv och kan utvärderas på olika sätt; bedömas visuellt utan hjälpmedel, med lupp eller mikroskop enligt olika skalor. Försök genomförs normalt på obehandlade provbitar, men även behandlade förekommer.

En provning i fält enligt SS-EN 252 ger ett tillförlitligare resultat än en laboratorieprovning men tar längre tid och beror på markförhållandena. (Råberg et al 2005) har gjort en översikt över provmetoder av naturlig beständighet i mark och ovan mark, som visar hur komplext och svårt det är att utvärdera beständighet och jämföra olika resultat med varandra.

2.3 Form- och dimensionsstabilitet och sprickbenägenhet

Trä krymper och sväller beroende på fuktkvoten i virket dvs. hur mycket vatten det är i cellväggarna. Trä är ett s.k. anisotropt material och rörelserna i trä beror på träslag och är olika stora i de tre riktningarna radiellt, tangentiellt och longitudinellt. Sambandet mellan krympning och svällning är ett relativt linjärt förhållande beroende på fuktkvoten i virket upp till fibermättnad. Den tangentiala krympningen är i allmänhet 1.5-2 ggr större än i den radiella medan den longitudinella krympningen nästan är obetydlig (Saarman 1992).

Krympningsanisotropin innebär att virke som tas ut ur en stock har olika krympning i olika riktningar och kan deformeras oregelbundet. Virkets densitet påverkar många egenskaper, t.ex. hållfastheten, men påverkar även rörelser i trä och kan förorsaka deformationer och formförändringar genom att det förekommer olika fiberstrukturer med olika krympnings- och svällningsegenskaper. Årsringsriktningen har inverkan på sprickbildningen och en radiell yta (stående årsringar) är bättre än en tangentiell (liggande) sågad yta. Förbättrade egenskaper kan fås t.ex. genom att såga fram panel med så kallade stående årsringar (Sandberg 1999) och därigenom erhålls små rörelser och lite sprickbildning. Sprickor uppstår vanligen i den mörknära veden, ungdomsveden, eftersom den har andra krympnings-egenskaper än veden längre ut mot barken. Sprickor uppstår lättast i ändträ eftersom vattenupptagning och -avgivning är störst där. Därför spelar det stor roll hur virket sågas och från vilken del av stocken som panelen sågas. Metod för bedömning av inre spänningar finns i SS-ENV 14464: 2003.

Tunna och breda paneler tenderar att spricka och formförändras eftersom rörelserna blir stora. Standarddimensioner för panelbräder, foderbräder, spikläkt anges i standarderna SS 23 28 13, SS 23 28 12 och SS 23 27 12. Standardprofilerna har tillräckliga dimensioner på not och spont för att klara eventuell krympning och är profilerade för god avrinning vid liggande montage.

Dimensionsstabilitet för trä beror på materialets fuktkvot och kan variera för olika trämaterial. För modifierat trä används Anti-Swelling/shrinking Efficiency (ASE) som ett mått på modifieringens förbättring av dimensionsstabiliteten, där svällningsvärden före och efter behandlingen av virket jämförs. Svällningen/krympningen kan mätas i specificerade fuktklimat eller i vatten vilket ger olika ASE. För kemiskt modifierade material anges ASE oftast som en funktion av procentuell viktökning, Weight Percent Gain (WPG), som skapats genom upptag av en modifierande kemikalie.

2.4 Estetik

Missfärgningar på grund av smuts, mögel eller blånadssvampar bedöms i olika provningar på olika sätt och är därför svåra att jämföra. Bedömningarna görs visuellt eller med mikroskop. Några exempel på provmetoder för bedömning av en målad yta är:

- Provningar enligt SS-EN 927 utvärderar ytbehandlingars egenskaper och hållbarhet när det gäller t.ex. glans (provas enligt SS-EN ISO 2813), krackelering, flagning och vidhäftning. Väderexponering av ytbehandlade material görs i särskilda riggar utomhus (45° lutning) enligt SS-EN 927, där materialen utsätts för solljus och regn.
- ”Weatherometer” är en accelererad provmetod för att jämföra ytbehandlingars beständighet men är inte avsedd att jämföra den biologiska beständigheten. Accelererade väderprovningar i s.k. weatherometer, utförs med solljus och regn som simuleras inom givna intervall och förhållanden enligt EN ISO 11341 och eventuella effekter av exponeringen i WoM utvärderas enligt EN ISO 4628.

Tillståndsbedömning av utvändigt målat trä kan göras enligt Tillman (Ekstedt & Karlsson 2011), som är en manual med många bilder på utseendet vid olika nivåer av nedbrytning av målat trä. Beskrivningarna av de målade ytornas kondition används vid utarbetandet av underhållsprogram och underhållsinsatser för målade träfasader. Mer om ytbehandling beskrivs i kapitel 3.6.

2.5 Brandsäkerhet

Brandkrav

Fasadmaterial får enligt Boverkets byggregler inte bidra till att brand kan spridas vertikalt längs fasaden. Träfasader kan användas utan begränsning i byggnader med 1-2 våningar. Högre fasader ska klara ett särskilt fasadbrandprov enligt SP Fire 105, som hänvisas till i de svenska byggreglerna. Bottenvåningens fasad ska dock vara av obrännbart material. Andra länder har delvis andra brandkrav, eftersom det inte ännu finns något europeiskt system för fasaders brandsäkerhet.

Träfasader tillåts även för hus med 3–8 våningar som är sprinklade. Sprinkling förhindrar övertändning av rum och därmed flammor ut genom fönster som kan sprida branden längs fasaden till våningar ovanför eller till takfoten (Östman et al 2012).

Brandspridning inom en byggnad och till närliggande byggnader ska förhindras. Brand kan spridas på flera sätt inom en byggnad t.ex. på utvändiga ytor, från fönster till fönster, horisontellt vid balkonger och loftgångar eller i luftspalter i fasadbeklädnader. Takfoten är också en viktig detalj för brandspridning, och vid ytterväggar som möts i innerhörn ställs krav på brandklassade fönster. Brandspridning till närliggande byggnader beror framförallt på utformningen av fönster, takfot, ventilationsöppningar, luftspalter, verandor, terrasser, tak och bekädnader.

Brandspridning i dolda utrymmen såsom hålrum i väggar och ventilationsöppningar i fasader är svåra att upptäcka och släcka. Brand i hålrum i väggbeklädnaden kan klättra uppför fasaden och brandstopp är därför viktiga i dolda utrymmen för att begränsa brandspridning. Luftspalten bakom fasadpanelen ska i byggnader med fler än två våningar avgränsas vid brandcellsgräns, och ska utformas så att risken för dold brandspridning minskas. Vertikala luftspalter bakom träpanel ska förses med perforerade horisontella stålplåtar som kan vara osynliga från utsidan. Plåtarna placeras vid nedre änden av fasaden samt ovanför fönster och mellan våningar. Installation av brandstopp ska kontrolleras under byggnadsarbetet, och det är viktigt att entreprenören har god egenkontroll och följer kontrollplaner för utförandet. Dolda brandstopp kan inte kontrolleras i efterhand om inte panelen demonteras.

Brandkrav för utrymningsvägar

En balkong eller loftgång kan utgöra en utrymningsväg och då bör motsvarande ytskiktsskrav uppfyllas. Vid en brand ut genom ett fönster får fasadmaterialet dels inte bidra till att sprida branden längs loftgången så att utrymningsssäkerheten försämras, dels inte sprida branden mellan brandceller. Träpanel kan användas om särskilda åtgärder vidtas som försvårar brandens spridning till loftgången. Sådana åtgärder kan vara att välja brandklassade fönster och självstängande dörrar eller att panelen är diskontinuerlig i horisontell riktning. Det senare innebär bland annat att utvändig träpanel inte ska utföras sammanhängande över invändiga brandcellsgränser. Brandskyddsimpregnerad/målad fasadpanel kan användas, se kapitel 3.5.

Loftgången ska också vara helt åtkomlig för släckning. Utrymning av ett loftgångshus är normalt inget problem, eftersom det ofta finns två alternativa utrymningsvägar. En finns via loftgången och en annan via till exempel fönster med hjälp av räddningstjänsten på den från loftgången vända sidan. Alternativ utformning kan användas, till exempel om loftgången har minst två oberoende trappor för utrymning, eller om byggnaden, inklusive loftgången, är helsprinklad.

Brandskyddets beständighet

Obehandlat trä och skivmaterial av trä uppfyller kraven för brandteknisk ytskiktssklass Euroklass D-s2,d0 (tidigare ytskiktssklass III) enligt Boverkets byggregler, BBR (Boverket 2011). Med en impregnering eller ytbehandling med brandskyddsmedel kan Euroklass B-s1,d0 eller C-s2,d0 uppnås. Det behövs generellt sett stora tillsatsmängder för att uppnå tillräckligt brandskydd, vilket bidrar till att andra egenskaper hos trä kan påverkas negativt, t.ex. fuktupptagning, korrosion på metaller, målningsbarhet och limbarhet, utseende, färg och hållfasthet. Tillsatserna är ofta vattenlösliga och hygroskopiska salter, till exempel fosfater, borater och sulfater, och har därför en tendens att ta upp fukt och att migrera vid varierande luftfuktigheter. Detta kan ge höga fuktkvoter i brandskyddat trä och saltutfällningar på träytan. Inomhus är detta främst ett estetiskt problem, men utomhus kan brandskyddseffekten försvinna genom att brandskyddsmedlet lakas ur.

Brandskyddets beständighet hos träbaserade produkter kan klassificeras i bruksklasser för inomhus- och utomhusanvändning enligt teknisk specifikation, SIS-CEN/TS 15912:2012.

Det finns tre bruksklasser för brandskyddat trä, indelade med hänsyn till avsedd användning; kortvarig användning, torrt inomhus, inomhus vid varierande luftfuktighet samt utomhus, t.ex. på fasader. Brandskyddat trä rekommenderas i första hand för inomhusbruk. För utomhusbruk krävs i allmänhet att den brandskyddade träpanelen dessutom ytbehandlas med både grund- och toppfärg för att klara beständigheten, se kapitel 3.5.

Boendesprinkler

Med boendesprinkler kan man förhindra övertändning av en lägenhet och därmed förhindra flammor ut genom fönster och risk för brandspridning längs fasaden.

Boendesprinkler är ett enkelt sprinklersystem som kan anslutas till byggnadens kallvattensservis. Boendesprinkler har flera positiva effekter på brandskyddet, såsom utveckling och spridning av brand och brandgas, spridning av brand till närliggande byggnadsverk, och utrymning av personer. Boendesprinkler kräver verifierad och dokumenterad installation, samt besiktning, drift och underhåll. Boendesprinklers främsta uppgift är att rädda liv.

Det finns krav på boendesprinkler i bostäder i Norge, där man ställer krav på sprinkleranläggningar i princip i alla bostadshus. Man menar att det ger ökad tillgänglighet och säkerhet för t.ex. äldre i vanliga bostadshus, som ett alternativ till att bygga institutioner för äldre och personer med funktionshinder. Boendesprinkler är ännu inte krav i bostäder i Sverige. Sverige har nyligen infört krav på sprinkler i nybyggda, särskilda vårdboenden.

2.6 Miljöaspekter

Miljöaspekter omfattar hela kedjan från skog till färdig träprodukt, produktens användning samt slutligen omhändertagandet när den tjänat ut. Miljöpåverkan kan beräknas och bedömas med LCA (Life Cycle Assessment, Livscykelbedömning) enligt metodik i SS-EN ISO 14040. Resultatet redovisas t.ex. som en miljödeklaration för produkten, eller som ett värde på CO₂-utsläpp eller energianvändning. Resultaten används vid jämförelser mellan olika produkter, och man eftersträvar så låga värden som möjligt. Rapport Joakim

3. Beskrivning av material och behandlingar

3.1 Trämateriäl

Omålat virke som väderexponeras kommer i praktiken att få en fuktkvot som motsvarar jämviktsfuktkvoten utomhus, 13- 22 %, beroende på luftens relativa fuktighet över året. Vid montage ska virket ha en fuktkvot i mitten av detta spann för att minska framtida rörelser och glapp.

Vid mätning med resistiv fuktkvotsmätare enligt SS-EN 13183-2 ska stiften orienteras parallellt fibrerna och slås in där hål gör minimal skada. Praktiska anvisningar och råd angående mätning av fuktkvoten finns i *Fukt i trä för byggindustrin* (Esping et al 2005).

Virke av barrträ utseendesorteras enligt SS-EN 1611-1 och SS-EN 1611-1/A1 i olika handelssorter. Virke av ek handelssorteras enligt SS-EN 975-1. För tropiska träslag saknas motsvarande klassificering i svenska och europeiska standarder.

Splintved är den yttre delen i en trädstam med vattenledande celler som i det växande trädet innehåller mycket vätska. Splintveden är mindre beständig än kärnveden för alla träslag.

Kärnved är den inre centrala delen i en trädstam med döda, icke vattenledande celler som börjar bildas i trädet efter ca 30-40 år. Extraktivämnen såsom terpenener, hartser m.m. tränger in i cellväggarna vid kärnvedsbildningen. Graden av beständighet beror på extraktivämnena och skiljer mellan olika träslag.

Ett bra materialval för träfasader är kärnved. Fördelarna med kärnved är att den tar upp mindre vatten än splintved, den torkar också snabbare och våttiden blir därmed kortare (Sandberg 2004a, Sandberg 2009, Bergström & Blom 2005). Det innebär att det blir svårare för svampar att etablera sig på träytan och träet får dessutom mindre fuktinducerade rörelser. Vissa träslag har även extraktivämnen som har svamphämmande effekt och vattenavvisande förmåga. I Sverige är gran det vanligaste träslaget till fasadpaneler. Kärnved av gran som exponeras utomhus ovan mark uppnår sällan en fuktkvot över 25%, vilket krävs för att blånads- och rötsvampar ska etableras, se tabell 1. Grankärnved har mindre missfärgande påväxt än splintveden och mindre påväxt jämfört med furusplint. Kärnveden har även mindre kvistar och spricker mindre än splintveden (Sandberg 2009).

Enligt klassificering av naturlig beständighet hos kärnved mot rötsvamp enligt SS-EN 350 del 1 och 2 så tillhör träslag med bäst naturlig beständighet klass 1. Träslagen i klass 5 är inte beständiga. Gran tillhör klass 4 och furu och lärk klass 3-4. Klassindelningen baseras på försök i markkontakt enligt SS-EN 252 under minst 5 år eller enligt laboratoriemetod SS-EN 113 under ca 16 veckor. Med båda dessa provningsförfaranden har svamparna goda förutsättningar att växa och det är svårt att förutsäga hur svamptillväxten ska relateras till användning ovan mark. Metoder för att bestämma beständighet redogörs för i kapitel 2.

Idag finns många metoder för att förbättra träets egenskaper genom olika typer av träskyddsbehandlingar av splintveden så att den ska erhålla bättre egenskaper, vilket beskrivs i kapitel 3.3.

Provningsresultat

(Bergman & Mazur 1982) fann att medellivslängden för gran i markkontakt var längre för kärnved än

för splintved. Till försöket användes provstavar 20x50x500 mm som provades i Bogesund respektive Simlångsdalen. Medelvaraktigheten beroende på försöksfält var för splintved (gran och tall) 3,8-5 år och för grankärnved 6,8-7,3 år. (Westin 2004) undersökte medellivslängden på ”ministavar” 8x20x200 mm vid försöksfälten i Simlångsdalen, Ulltuna och Ingvallsbenning enligt SS-EN 252. Gran (kärna och splint), björk och furusplint hade en medellivslängd på cirka 2-3 år beroende på försöksfält. Medellivslängden var för kärnved av ek 3-3,7 år, lärk (*Larix decidua*) 4,6- 5,6 år, Douglasgran 3,7- 5,6 år, Western Red Cedar (jättetuja, *Thuja plicata*) 4,1- 5,8 år och furu 5,7-5,9 år. Kärnved av furu med hög halt av extraktivämnen klarade sig bättre än lärkkärna.

Efter nio års exponering utvärderades ett annat ovanmark-försök av (Elowson et al 2003), (Bergström et al 2005), (Rydell et al 2005a), (Rydell et al 2005b). Efter nio år hade furukärnved en jämn, låg vattenupptagning, gran hade något högre upptagning, medan furusplint hade högst och mest varierande vattenupptagning. Det framkom att en korrekt ändträbehandling var viktig för att hålla en låg fuktkvot. Målad gran kunde indelas i två grupper, en med fuktdynamik som liknade furusplint och en som liknade den för furukärna, vilket kan beror på skillnad i splint och kärnved även i gran.

Gran har mer missfärgande påväxt på splintved än på kärnved efter 1,5 år utomhus exponering (Sandberg 2004b) och samma förhållande gällde vid utvärderingen efter 5,5 år (Sandberg 2008). Försök med Mycologg (Bergström et al 2005), (Blom & Bergström 2005), visade på skillnader mellan kärna och splint.

Ytans beskaffenhet (råhet) påverkar påväxten. (Hallenberg & Gilert 1986) fann att mögelpåväxten var kraftigare på grovsågade ytor. (Blümer & Nussbaum 2001) noterade att en grov yta medför en större aktiv yta där smuts och annat organiskt material från omgivningen lättare kan få fäste än på en finsågad yta och därav mer påväxt av mögel. Vid en senare undersökning inom WoodBuild erhöles inte någon skillnad (ingen referens än).

Det pågår mycket forskning kring trämaterial och behandlingsmetoder för trä. Det tar tid att prova och utvärdera nya metoder och att ta fram produkter. Även när det gäller hanteringen av vanligt trä pågår forskning när det gäller mögelresistens, impregnerbarhet m.m. En del resultat kommer att presenteras inom forskningsprojektet WoodBuild (se www.woodbuild.se).

Esping et al (1981) observerade en skillnad i missfärgande påväxt mellan gran och furu. Vid ett försök med tre termotoleranta mögelarter som ympades på färskt virke, torkat vid hög temperatur, fann han att granvirke möglar mindre än furuvirke. Mögelbenägenheten var mer än dubbelt så hög för furu än för gran under samma klimatförhållanden. Vid försöket användes i huvudsak splintved.

(Frühwald et al 2007) fann att gran som var torkat i relativt hög temperatur (80-170 °C) hade relativt mer mögelpåväxt än lufttorkat trä i fuktigt klimat och mer påfallande påväxt på splintved än på kärnved.

En bidragande orsak till att splintved har större andel påväxt och missfärgning kan vara att vid torkning i framförallt höga temperaturer transporteras socker och näringsämnen mot ytan. Där kan de utgöra näring för svampar, vilket undersöktes redan 1993 (Theander et al 1993, Terziev et al 1993). (Sehlstedt-Persson et al 2010) fann bland annat att torktemperaturen hade stor inverkan på mögelbenägenheten för gran men speciellt för furu. Detta följs upp i ett pågående projekt där förutsättningar för mögelsäkring av industriellt torkade brädor undersöks.

3.2 Träskyddsbehandlingar mot biologisk påväxt

Trä och träprodukter kan skyddas mot blånad och mögel genom behandling med olika fungicider. De används i träskyddsmedel för impregnering eller ytbehandling av trä.

3.3 Träskyddsbehandlingar mot röta

Träskyddsbehandling är behandling med träskyddsmedel, t.ex. genom tryck- eller vakuumimpregnering, som ska skydda träet mot biologiska angrepp. Även kemisk och termisk modifiering är former av träskyddsbehandling. Det behövs generellt sett stora tillsatsmängder vid impregnering för att uppnå tillräckligt skydd. Man får med andra ord olika resultat beroende på mängden tillsatt verksamt ämne.

3.3.1 Impregnering NTR

Nordiska Träskyddsrådet (NTR) har utarbetat en branschstandard för impregnerat trä, som beskriver fyra klasser impregnerat trä av furu, NTR/M, NTR/A, NTR/AB, NTR/B, samt NTR Gran. Rekommenderad användning av träskyddsklasserna är enligt tabell 2.

Tabell 2 Användningsområde för respektive NTR-klasser

Träskyddsklass	Användning
NTR/M	Trä i marina miljöer. Konstruktioner i havsvattnet på västkusten, samt konstruktioner i mark eller vatten, där särskilt stora krav ställs på beständighet och hållfasthet, t.ex. för grundpålar.
NTR/A	Trä i markkontakt. Virke i permanent kontakt med mark eller sötvatten, samt konstruktioner, även ovan mark, där personsäkerheten kräver att de inte försvagas eller som kan vara svåra att inspektera och byta ut.
NTR/AB	Trä ovan mark. Virke som är utsatt för väder och vind eller kondens, men som inte är i kontakt med mark eller vatten och där utbyte av skadade delar eller personsäkerheten inte är av avgörande betydelse.
NTR/B	Utvändiga snickerier ovan mark som fönster och dörrar.
NTR Gran	Utvändig panel, vindskivor, vattbrädor, spikläkt

NTR-impregnering utförs med NTR-godkända träskyddsmedel och med angiven mängd som ska tillföras träet för respektive träskyddsklass. Impregneringen sker vanligen med vattenlösliga träskyddsmedel som företrädesvis innehåller koppar som aktivt ämne. Medlen ska vara godkända av Kemikalieinspektionen för att få användas i enlighet med EUs så kallade Biociddirektiv. Med tiden sker en viss urlakning av medlen, men hur fort det går varierar mellan olika medel och tillämpningar.

Till fasadpanel är NTR Gran enligt NTR Dokument nr 1: 2011, del 2 ett alternativ. Detta är nytt från 2011 och oprövat i Sverige. Det finns hittills några impregneringsföretag som är certifierade för den nya nordiska träskyddsklassen NTR Gran (Anon. 2011).

NTR-impregnerat virke tillverkas av flera träindustrier i Sverige och övriga Norden. Totalt ca 1,3 miljon m³/år tillverkas i Sverige vid 70-talet anläggningar. Knappt hälften av virket exporteras. Garanti mot röta under 20 år lämnas till privatpersoner som köper NTR-impregnerat virke (www.traskydd.com).

Provningsresultat

Provningar av virke impregnerat med olika träskyddsmedel har pågått under lång tid, och nya träskyddsmedel testas allteftersom enligt gällande EN-standarder. Fältförsök ska utföras under flera år. Svenska Träskyddsföreningens har också information om fältförsök, se www.traskydd.com.

Vid ett fältförsök ovan mark enligt "Horisontal double layer-metoden" provades beständighet nära mark (Westin 2004). Efter 2,5 års exponering hade alla obehandlade provbitar angrepp av missfärgande svampar. Furukärnved, gran (kärna/splint), acetylerat trä samt impregnerat med Wolmanit CX-8 och CCA hade minst påväxt, medan furusplint, värmebehandlat trä, lärkkärna och asp hade mest. Sprickbildningen var minst i asp och störst i ek.

Utvärdering av träskyddsmedel för klass AB gjordes genom fältprovning ovan och i mark på provfält i Borås (Johansson et al 2001). Vid försöket studerades röta, påväxt av missfärgande svamp, korrosion, väderbeständighet och urlakning av aktiva ämnen. Provmaterialet togs bland annat ur brädor 22x95 mm, gran var inte uppdelad i kärna och splint. Efter 5 år hade furusplint högst rötstyrkeindex därefter gran (splint/kärna), furukärnved och lärk. I försöken ovan mark hade kärnved av lärk angripits mer av röta än kärnved av furu. Efter 5 år hade gran mindre missfärgning än furu och lärk i trallförsöket. (Edlund et al 2006) utvärderade föregående försök efter 10 års exponering. I markförsöket hade samtliga obehandlade prover omfattande rötangrepp efter 3 år och efter 10 år var de flesta provobjekt utdömda utom serien med lärkkärna. Det visade sig att de impregnerade proverna med AB-upptagningar har begränsad beständighet i markkontakt. (Larsson Brelid et al 2011) utvärderade försöket efter 15 år. Trä som impregnerats med de idag använda kopparbaserade träskyddsmedlen för klass AB klarar sig generellt avsevärt bättre än metallfria träskyddsmedel samt kärnved av furu och lärk. Detta gäller i kontakt med mark där livslängden beräknas till ca 10 år i Borås provfält. Från ovanmark försöken bedöms AB-klassificerat virke att klara sig ca 20 år utan rötskador.

Vid utvärdering 2011 visade det sig att tryckimpregnerat virke hade områden med impregneringsmissar (Träskyddsdagarna 2011). Torkningens inverkan på penetration av träskyddsmedel (Cu-HDO baserat) har studerats och där möjliga anledningar till missar har undersökts kemiskt och med hjälp av mikroskop (Sehlstedt-Persson et al 2011).

3.3.2 Impregnering med vattenlösliga silikater

Ett flertal metoder att impregnera virke som baseras på vattenlösliga salter som borater och silikater (och inte innehåller koppar) introduceras för närvarande. Vissa av dem används i kombination med andra behandlingar som t.ex. oljor.

Borater har fungicid verkan, medan silikater främst sägs fysiskt skydda veden. Man säger att vattenglas härdar och bildar en ogenomtränglig barriär. Huruvida detta fungerar, speciellt efter några torknings-svällningscykler, finns inte några oberoende undersökningar av. Båda typerna av ämnen kan även fungera som brandskyddsmedel. Hur de ingående ämnena t.ex. vattenglas fixeras till veden i den färdiga produkten är i många fall oklart. Det kan bland annat finnas risk att de lakas ut vid

utomhusbruk samt tappar sin skyddande effekt med tiden (se nedan). Därför krävs någon skyddande ytbehandling för att dessa ska ha förutsättning att fungera utomhus på längre sikt.

Vattenglas (natriumsilikat)

Ett sätt att öka permeabiliteten hos virke genom biologisk nedbrytning i samband med impregnering och fixering av natriumsilikat (vattenglas) har patenterats av Stora Enso i Finland, som nyligen påbörjat utveckling av tekniken. Q-Treat (Kvarts-Treat) är Stora Ensos patenterade trämodifieringsmetod och försäljningsstart var under våren 2012 enligt www.storaenso.com. Q-Treat-behandlingen består av tre faser, en förbehandling, en behandling med natriumsilikatlösning vid en given temperatur och tryck, en efterbehandling för att förbättra dimensionsstabiliteten och säkerställa kvarhållandet av natriumsilikatet i träet. Det behandlade virket kan ytbehandlas som vanligt trä och rekommenderas av tillverkaren för snygg yta. Rostfria skruvar ska användas. Avfall kan hanteras som vanligt virke. Tidiga beständighetsundersökningar indikerar bra beständighet men referenser med långtidsprovningar saknas.

En liknande produkt med trä och glas är TimberSIL® från USA som finns på marknaden. Virket sägs bli dubbelt så hårt jämfört med vanligt trä, samt får en skyddande barriär varvid ytan blir svårare för organismer att penetrera. De har även provat materialets termitmotstånd enligt www.timbersil.com.

Kiselbaserat träskydd

OrganoWood®, kiselbaserat, ger röt- och brandhämmande behandling och används framförallt som brandhämmande preparat, men dokumentation saknas för närvarande för användning i fasader. Medlen torde inte ha någon större inverkan på dimensionsstabiliteten och därmed kvarstår risken att målade ytor spricker vid utomhuspåverkan. OrganoWood® undersöker för närvarande sådana egenskaper (övermålningsbarhet, färgsystem, dimensionsstabilitet, sprickor mm) och resultat väntas under 2013. Materialet blir dyrare än vanlig granpanel, prisexempel från XL-bygg är 270 kr/m². OrganoWood® finns som impregnerade träprodukter (paneler och trall) av svensk furu eller gran men även som ytbehandlingsprodukt för bestrykning, men detta ger inte samma skydd som impregnerat virke. OrganoWood®-behandlat trallvirke har en 10-årig rötskyddsgaranti enligt tillverkaren, www.organowood.com. Virket produceras av Bergs Timber Bitus AB.

3.3.3 Impregnering med hjälp av superkritisk koldioxid

Utveckling av processen för impregnering med superkritisk koldioxid pågår främst hos Superwood i Danmark. Hampen Træforarbejdning A/S, se www.superwood.dk, har utvecklat och patenterat en teknologi för impregnering av trä utan användning av tungmetaller eller lösningsmedel. Vid kraftig komprimering av koldioxidgas kommer den att övergå i superkritiskt tillstånd som kan liknas vid en vätska men som penetrerar t.ex. virke som en gas. I det superkritiska mediet löses godkända fungicider såsom propikonazol, tebukonazol och IPBC (jämför vakuuminpregnering av fönster med liknande substanser) som blir kvar i virket efter processen medan koldioxiden återanvänds. Det är en torr process. Huvudprodukt för materialet är panel.

I ett TCN-projekt (Karlsson 2009) fann man att granvirke (50x100 mm) kan impregneras fullständigt (kärna och splint) med denna metod, dock uppstod det sprickor i materialet (Karlsson 2009). Utomhusförsök visade på förekomst av träskyddsmedlen om än i lägre halter (splint och kärnved) och indikerade att propikonazol och tebukonazol till viss del avlägsnades vid utomhusexponering. Detta sker i ungefärligen samma utsträckning som när virket impregnerats på konventionellt sätt. Urlakning av dessa ämnen verkar bero av nederbördens storlek. Huruvida detta ligger inom biociddirektivets

ramar var inte undersökt (Morsing 2004). Man kan inte se några väsentligt förkortade underhållsintervall för målat Superwood, men beständigheten för omålat uppskattas till 30 år. Försök pågår att minska vattenupptagningen i impregnerat virke genom att införa siloxaner vid impregneringen (Kjellow et al. 2013)

Det kan nämnas att ett betydligt bättre rötmotstånd i mark kunde ses för virke som impregnerats med vattenlösliga Scanimp KF (propikonazol och tebukonazol) för målat jämfört med omålat (Larsson Brelid et al 2011).

Impregneringen leder knappast till något väsentligt ökat motstånd mot svällnings- och krympningskrafter och torde inte heller påverka brandbeständigheten. Brandklassning enligt SS-EN 13501-1 saknas. Priset för panel med dimensionerna 32x120 mm ligger något högre än tryckimpregnerat, men miljöbelastningen är mindre då materialet kan återvinnas och inte kräver särskild behandling eller deponi. Det är också billigare att transportera än tryckimpregnerat i och med att det är en torr metod där fuktkvoten i virket bevaras vid tillverkningsprocessen (t.ex. 15%). Fuktkvoten är lämplig för målning med moderna vattenbaserade färger men det rekommenderas att materialet är grundmålat före uppsättning och färdigmålning. Efter 2 års exponering hade superkritiskt behandlad gran behållit mycket av sin naturliga färg vilket inte gällde oimpregnerad furu (Morsing 2004) vilket tyder på att gråning av virket minskas eftersom biologisk påväxt förhindras av träskyddsmedlen.

Superwood i Danmark anger att de använder granvirke och Gori SC200 (propikonazol, tebukonazol, IPBC) som träskyddsmedel enligt www.superwood.dk. De tillverkar ca 5000 m³/år för den danska byggmarknaden, kapaciteten uppges vara 75000 m³/år.

3.3.4 Behandling med linolja

Linoljeimpregnering med linolja i större mängder än vad som uppnås med ytlig bstrykning med olja ger ett mer långvarigt och effektivt fuktskydd. Genom värmning, eventuellt i kombination med impregnering med vakuum eller tryck, får oljan större inträngning och upptagning. Trä som tagit upp olja motsvarande sin egen vikt kan inte suga något vatten alls enligt tillverkaren. Linoljeimpregnering utförs vanligen på furu på flera olika sätt, även med tillsatser av andra ämnen, t.ex. fungicider, färgämnen och UV-stabilisatorer. I och med att oljan inte i någon större utsträckning penetrerar in i cellväggen så kommer inte fuktrörelser att förbättras, dock kommer fuktcyklerna förskjutas på grund av den hydrofoba ytan. Priset för materialet är likartat som för tryckimpregnerat om miljökostnader inräknas. Uppgifter om brandklassning enligt SS-EN 13501-1 saknas.

Produkter som Linax®, se www.bergstimber.se, där tryckimpregnerat virke (Tanalith E7 eller Wolmanit CX-8) behandlas/impregneras med linolja kan ge ett mer vattenavstötande material. Produkten förekommer på bullerskärmar. Dock är det oklart om ett permanent dimensionsstabil material uppnås. Priset för denna produkt är något högre än för vanligt NTR impregnerat. Trots att man förutser långa underhållsintervall tar man inte ansvar för mikrobiell påväxt. Däremot ges slutanvändare en 20-årig rötskyddsgaranti. Linax-panelen kan i princip övermålas med en oljefärg eller en lasyr.

3.4 Trämodifierande processer mot röta

Forskning pågår kring alternativa träskyddsmetoder, till exempel värmebehandlat, acetylerat och furfurylerat trä, och flera produkter har lanserats på marknaden, som ska ge ökad dimensionsstabilitet

och ökat motstånd mot röta (Hill 2011). Hållfastheten kan påverkas liksom virkets densitet. I regel blir materialen betydligt dyrare än de vanliga NTR-impregnerade produkterna.

3.4.1 Acetylering

Acetylering innebär att träet tryckimpregneras med ättiksyraanhydrid och får reagera med anhydriden under några timmar vid minst 120°C. Resultatet blir ett något tyngre trämaterial i permanent svällt tillstånd med låg fuktkvot. Det är dimensionsstabilt och motståndskraftigt mot röta. Hållfastheten blir oförändrad och virket spricker mindre än obehandlat trä. Materialet blir något sprödare än obehandlat på grund av reducerad jämviktsfuktkvot. Det får en ökad motståndskraft mot solljus (jämfört med obehandlat trä) vid en acetyleringsgrad av ca 10 % eller mer (Evans et al. 2000). Brandklassning enligt SS-EN 13501-1 saknas. Målning med oljebaserade eller vattenbaserade färger anges av tillverkare fungera bra och ytbehandlingar verkar vara stabilare än på vanligt trä (www.accoya.com). Materialet är svagt surt och kräver därför syrafast eller rostfri spik och skruv, och att lim och färg klarar detta. Materialet blir sprött så att man bör förborra eller använda borrarande skruv för att undvika sprickbildning.

I Europa finns Accoya®, dvs. splintved av radiatatal (Pinus radiata) från Nya Zeeland, som behandlats genom acetylering. Det är en relativt ny produkt på marknaden. Garantitiden mot röta är 50 år utan markkontakt respektive 25 år vid markkontakt. Det är bara splintveden, inte kärnan, som acetyleras. Accoya tillverkas av Accsys Technologies, ett brittiskt bolag med acetyleringsanläggning i Holland. Kapaciteten är ca 25000 m³/år.

3.4.2 Furfurylering

Furfurylering är en metod där träet tryckimpregneras med en vattenlösning av furfurylalkohol, som tillverkas av biomassaavfall från till exempel sockerrör eller björkflis. Efter torkning och härdning (då furfurylalkoholen har polymeriserats) erhålls ett hårt, tyngre, dimensionsstabilt trämaterial som är motståndskraftigt mot röta, men som får större sprödhet. Hållfasthet och styvhet för furfurylerat trä har vid provningar varit ungefär likvärdiga eller en aning lägre än för obehandlat virke (www.kebony.com). Brandklassning enligt SS-EN 13501-1 saknas. Materialet grånar med tiden men kan målas såväl med vatten- som oljebaserade färger, men för de sistnämnda krävs en längre torktid. Syrafasta eller rostfria fästdon och beslag rekommenderas. Materialet blir sprött så att man bör förborra eller använda borrarande skruv för att undvika sprickbildning.

I Norge tillverkas Kebony, se www.kebony.com. Kapaciteten är ca 20000 m³/år. Det finns i olika kvaliteter, tillverkas av barrträ (furusplint) eller lövträ (lön). Kärnvedsandelen för furu kan variera mellan 0 och 50 %. Furfuryleringen ger träet en mörkare färg som får Kebony att likna tropiska träslag. Kebony kostar mer än vanligt impregnerat trä men ska hålla ungefär tre gånger så lång tid enligt tillverkaren. Kebonys livscykelkostnad anges därför bli lägre jämfört med att köpa och underhålla behandlat eller impregnerat trä. Kebonyprodukterna är avsedda att lämnas obehandlade vilket med tiden ger en silvergrå yta. Ingen ytbehandling eller underhåll behövs enligt www.kebony.com.

3.4.3 Värmebehandling (termisk modifiering)

Värmebehandling (termisk modifiering) sker under syrefria förhållanden vid temperaturer mellan 160 och 220°C. Det finns olika metoder som används i t.ex. Finland, Nederländerna, Frankrike och Tyskland. Vid värmebehandlingen blir virket mörkare, får mindre fuktrörelser och vid högre temperaturer blir det mindre känsligt för röta. Materialet blir sprödare, får lägre hållfasthet och ska inte

användas i bärande konstruktioner eller i markkontakt. Den brunaktiga färg som värmebehandlingen leder till är inte beständig mot solljus utan måste skyddas (om så önskas) med ytbehandling. Lack med UV-absorbenter ger ett visst skydd men en färgmattning kan ses och om ingen ytterligare behandling görs kommer materialet att gråna med tiden. Även semipigmenterade oljor ger skydd mot gråning. Brandklassning enligt SS-EN 13501-1 saknas. Materialet är svagt surt och kräver därför rostfri spik eller skruv. Materialet blir sprött så att man bör förborra eller använda borrande skruv för att undvika sprickbildning.

Stora Enso i Finland tillverkar Thermowood®, se www.thermowood.fi, och Heatwood i Hudiksvall, se www.heatwood.se, är en certifierad licenstagare av Thermowood®. Beskrivningar finns i ThermoWood handbook (2003). I Arvidsjaur finns HT Wood som tillverkar enligt en trycksatt process. Tillverkningen av Thermowood är ca 100 000 m³/år.

Det pågår en del forskning kring värmebehandling av virke. Processens inverkan på det värmebehandlade virkets egenskaper såsom färg, kemi och styrka studeras, och bland annat görs jämförelse mellan virke som behandlats i överhettad ånga och i trycksatt mättad ånga vid lägre behandlingstemperatur (Dagbro et al 2010, Karlsson et al. 2012). I ett TCN-projekt studeras också upptag av olja vid oljedoppning av hett värmebehandlat virke samt hur detta påverkar fuktupptag och fuktrörelser för olika träslag (Ahmed & Morén 2012).

3.4.4 DMDHEU

Impregnering och härdning av metylolurea-derivatet DMDHEU (dimetyldihydroxy-etylenurea, antiskrynklingssmedel för tyger) ger en svällningsdämpande effekt genom bulkning av cellvägg (kanske tvärbindingar av vedpolymerer), vilket ska ge ett ökat rötmodstånd. Belmadur®-modifierat trä utvecklas i Tyskland av BASF (www.basf.com) och universitetet i Göttingen. Provnings har gjorts på laboratorienivå samt någon fältstudie. Användningsområde är bl.a. till plywood och fönstervirke. Limprovningar av plywood av DMDHEU-modifierat trä har visat på ökad delaminering med ökade mängder av DMDHEU (Dieste A. et al 2009). Impregnering med DMDHEU kan påverka en del mekaniska egenskaper, och kombinationer med alkohol har också provats för att inte försämra egenskaperna, t.ex. E-modulen (Quiliang Fu et al 2012). DMDHEU-modifierad bok och furu har också provats för termitresistens med varierat resultat (Militz et al 2011).

3.5 Brandskyddsbehandlingar

Förbränning av trä kan hämmas på kemisk väg med så kallade brandskyddsmedel. Medlen påverkar egenskaper som tid till antändning, flamspridning samt värme- och rökutveckling. Brandskyddsmedel har betydelse främst för det tidiga brandförloppet, det vill säga tiden fram till övertändning av till exempel ett rum. Brandskyddsmedel kan tillsättas genom impregnering eller bestrykning med till exempel en brandskyddsfärg. De vanligaste brandskyddsfärgerna sväller upp vid brand och isolerar därmed träytan.

Brandskyddsimpregnering utförs med en kontrollerad vakuum- och tryckprocess där mängden brandskyddsmedel och aktiv substans kan säkerställas. Det behövs generellt sett stora tillsatsmängder vid impregnering, ofta 10-20 viktprocent, för att uppnå tillräckligt brandskydd, vilket bidrar till att andra egenskaper hos trä kan påverkas negativt, t.ex. fuktupptagning, korrosion på metaller, målningsbarhet och limbarhet, utseende, färg och hållfasthet. Tillsatserna är ofta vattenlösliga och hygroskopiska salter, till exempel fosfater, borater, silikater och sulfater, och har därför en tendens att ta upp fukt och att migrera vid varierande luftfuktigheter. Utomhus kan brandskyddseffekten försvinna

om brandskyddsmedlet lakas ur med tiden. För att säkerställa en bra funktion ska brandskyddsimpregnerade produkter för utomhusanvändning provas och ha dokumenterade egenskaper enligt CEN/TS 15912 med bruksklass DRF EXT, se www.brandskyddattra.info. Brandprovning utförs före och efter accelererad åldring, och kravet är brandegenskaperna ska vara i stort sett oförändrade. Provade och godkända produkter har beprövade egenskaper utan urlakningsproblem vid korrekt hantering och underhåll.

Brandskyddade träprodukter som är provade och godkända med dokumenterade egenskaper för brandklass och bruksklass presenteras på hemsidan www.brandskyddattra.info. För utomhusanvändning (Bruksklass EXT enligt SIS-CEN/TS 15912) behövs normalt en ytbehandling som fungerar tillsammans med den brandskyddsbehandlade träprodukten. För att produkter ska kunna redovisas på hemsidan krävs godkända provningar för brandklass (enligt EN, IMO och/eller SP Fire 105) och bruksklass (enligt NT Fire 054 eller SIS-CEN/TS 15912), som inkluderar provning av fukttålighet och utomhusbeständighet.

Furfurylering och acetylering ger inget ökat brandskydd, kan eventuellt antändas något tidigare eftersom materialet ofta har lägre fuktkvot, brandklassning enligt SS-EN 13501-1 saknas.

3.5.1 Brandskyddsfärg

Brandskyddsfärger kan normalt inte användas utomhus, men t ex Teknos har en ny brandskyddsfärg för utomhusbruk. Den ska målas över med en toppfärg för att skyddas. Grundmålningen utförs industriellt med brandskyddsfärgen som innehåller brandskyddande ämnen som är olösliga i vatten. Mellan- och toppstrykning görs med vanlig färg. Panelen levereras vanligen med grund- och mellanstrykning till bygget. Då erhålls skydd för grundmålningen så att brandhämmaren finns kvar. Det behövs relativt stora mängder brandskyddsfärg för att uppnå tillräcklig brandklass. Det är viktigt att förvaltare/målare har god kunskap om färgen och underhållskraven. Vid ommålning ska man grundmåla på nytt med brandskyddande färg. Specialutbildade målarmästare bör därför knytas till renovering av fasaden för att kunna göra analys av grundmålning, göra ommålning, årliga inspektioner av fasaden m.m.

Målningen blir dyrare än med vanlig färg. Fyllmedel i färgen är ersatt av brandhämmare, och fungicider mot mögel och röta ingår. Brandskyddsfärgen läggs på i tjocka lager med 250-350 g/m² våt film, och blir 110-120 µm, dvs. vilket kan jämföras med 60 µm grundfärg för den P-märkta panelen.

Bedömning av den långsiktiga funktionen är svår. Accelererade provningar för EXT-klassning (utomhus-klass) utförs i laboratorium, men relationen mellan fält- och laboratorieprovning är osäker. Fältförsök i upp till sex år utan underhåll visar bra resultat visuellt, men den brandtekniska effekten är ännu inte utvärderad.

3.5.2 Brandskyddsimpregnering

Det finns impregneringsvätskor för brandskydd och brandskyddsimpregnerad fasadpanel av trä på marknaden. För att kunna användas som fasad i mer än två våningar, ska träpanelen uppfylla EU:s och Boverkets krav:

- CE-märkning med brandklass, t ex B-s1,d0. Gäller för de träslag som har provats och ingår i CE-märkningen. Brandklassen provas för produkten och sedan ska målning med olika färger inte påverka brandegenskaperna.

- Typgodkännande som inkluderar att produkten klarar fasadbrandprov enligt SP-Fire 105 (Boverkets krav på ytterväggar i flervåningshus) och att produkten uppfyller bruksklass för utomhusbruk enligt CEN/TS 15912, dvs klass DRF EXT

Woodsafe i Västerås, se www.woodsafese.se, brandskyddsimpregnerar produkter av trä och plywood som klarar ovanstående krav. Även Moelven, se www.moelven.com, och Ingarp Träskydd, www.ingarp.se, säljer brandskyddsimpregnerade träprodukter.

Brandskyddsimpregnering ska kompletteras med målning med vanlig färg som fungerar tillsammans med brandskyddsbehandlingen. Det krävs ofta kortare intervaller för ommålning av brandskyddsimpregnering för att säkerställa att brandskyddet finns kvar.

För att brandskydda trämaterial finns en hel del processer som i regel har begränsningar i att de inte tål väder utan lakas succesivt ur materialet eller att brandskyddseffekt och beständighet ännu inte dokumenterats.

Vattenglasimpregnering, med t.ex. produkten TimberSIL, se www.timbersilwood.com, kan ge bättre brandklass, men övriga egenskaper kan vara svåra att bibehålla. Alkaliska produkter riskerar att bryta ned träet, ytor blir svåra att ytbehandla och limma, och därmed blir det kanske svårt att bibehålla effekten. Vattenglas kan vara ett miljömässigt bra alternativ. Stora Enso har börjat tillverka vattenglasimpregnerat, behandlingen ger brandskydd, men ingen dimensionsstabilitet erhålls eftersom det sväller som furu. Beständigheten utomhus kan vara begränsad och har inte dokumenterats.

Ett antal brandskyddsbehandlade produkter har provats under tio år, dels fem kommersiella produkter och 16 produkter under utveckling, samt en obehandlad referens (Östman & Tsantaridis 2011). Fyra målningssystem ingick också, alkydfärg, röd slamfärg, linolja respektive träolja. Resultatet efter accelererade åldringstest och naturlig exponering var att de hygroskopiska egenskaperna (fuktkvoten) för de flesta produkterna var samma som för obehandlat trä, brandskyddet kunde behållas om tillräcklig mängd medel bibehölls, men de flesta produkterna miste brandskyddet vid utomhusexponering redan efter något år, men en ytbehandling med vanlig färg bidrog i hög grad till att bibehålla den brandskyddande effekten.

3.6 Ytbehandlingar

Ytbehandling av trä görs av estetiska skäl, dvs. för att det ska se snyggt ut. Men också för att minska fuktupptagningen och därmed rörelser i träet. Trä som inte målas blir grått. En omålad, grånad träyta är inte lämplig att måla på eftersom de yttre träfibrerna är nedbrutna och färgen fäster dåligt på ytan.

Det finns olika sätt att skydda ytan på träet, och behandlingarna påverkar hur slitaget och underhållsbehovet blir samt hantering och applicering. Idag är färgerna vattenbaserade. Ytbehandling med täckande färg omfattar i regel ett system av olika behandlingar där var och en har sin funktion. Grundningen har till uppgift att minska fuktupptagningen, stabilisera träytan och ge god vidhäftning för nästa steg i behandlingssystemet. Ingen ytbehandling är helt tät, och om det uppstår sprickor kan fukt komma in i träet. Det är därför viktigt med grundolja och grundfärg så att träet tål fukt bättre. Med tiden minskar behandlingens täthet. En bra ytbehandling ska därför vara vattenavvisande, men tillräckligt diffusionsöppen för att eventuell fukt som kommer in ska kunna diffundera ut. Diffusionstätheten beror på bindemedel och pigment och behandlingens tjocklek. Kulören har också betydelse för träets fuktkvot; mörka ytor kan ha ett par procent lägre fuktkvot eftersom de värms upp

mer av solstrålningen än ljusa. För målade fasader ska färgen eller grundoljan innehålla fungicid för att motverka mögelprickar på träfasader.

En norsk rapport (Jacobsen, 2006) innehåller provningsresultat för ytbehandlingar på olika impregnerade och modifierade trämaterial. Både fältprovningar och accelererade provningar ingick, och man studerade biologisk påväxt och fuktkvot. Där konstaterades att industriell ytbehandling med nya vattenbaserade färger hade mycket god hållbarhet, och jämfört med traditionell alkydoljemålning hade de lika bra eller bättre utomhusegenskaper. Olika behandlingar eller impregneringar före målningen påverkade inte ytbehandlingens hållbarhet. Man provade vanlig granpanel, samt panel av furu eller gran med metallfri röthämmande impregnering (Scanimp, superkritisk CO₂), samt även med brandhämmande medel (Pres10 + FireGuard). Dessutom ingick furfurylerat trä (VisorWood).

Folksam har genomfört provning av färger för att undersöka effekten av klimatet (Hjort 2012). Provingarna har genomförts på fyra olika platser i landet: Alnarp utanför Malmö, Borås, Uppsala och Vindeln utanför Umeå. Färgerna bedöms vad gäller mögel- och algpåväxt, krackelering och avflagnings. Provingen har visat att småhus i västra och södra Sverige löper större risk att drabbas av mögelpåväxt än i andra delar av landet. De flesta färger som testades har varit miljöanpassade, vattenburna färger. Provingarna kan ses som ett jämförande test, där trämaterialen har varit likvärdigt, målningsbetingelserna gynnsamma och kontrollerade samt exponeringssituationen realistisk, vilket gör det möjligt att rangordna färgerna med avseende på de undersökta parametrarna.

Träolja

Trä utomhus som man inte avser att måla kan behandlas med en träolja för att uttorkning, vattenupptagning, form- och dimensionsförändringar, sprickbildning och missfärgning ska motverkas. Ytbehandling med träolja ger en tillfälligt vattenavvisande yta. Behandlingen bör därför utföras regelbundet, minst en gång per år för att ha effekt. Träolja kan dessutom vara bärare av fungicider som ger skydd mot påväxt. Numera är det vanligt att använda olja i vattenemulsion, i stället för lösningsmedel (flyktiga organiska lösningsmedel, t.ex. lacknafta).

Järnvitriol

Järnvitriol används för att ge träet en grå/gröngrå yta, liknande naturligt grånat virke. I utsatta områden kan man efterbehandla med opigmenterad träolja. Järnvitriolbehandlat trä uppför sig i princip som obehandlat virke, eftersom järnvitriol inte skyddar mot fukt eller solens UV-ljus. Behandlingen kräver att spik, skruv och beslag är rostfria och järnvitriol kan missfärga närliggande golvytor och plåtbeslag vid urlakning.

Slamfärg

Slamfärg är lätt att applicera. Bäst resultat erhålls vid påföring med en pensel. Färgen kräver en sågad, ohyvlad yta för att få bra vidhäftning. Vid ommålning kräver den endast lite förarbete. Slamfärg är genomsläpplig för fukt, och virket kan suga fukt vid regn och dagg, men det kan också torka ut. Färgpigmentet skyddar mot solens UV-ljus. Färgen kan endast användas på sågade, omålade eller tidigare slamfärgsmålade ytor. Eftersom den kan färga av sig rekommenderas den inte i offentliga miljöer där man kommer nära den.

Lasyrfärg

Lasyrfärg kan vara transparent eller täckande. Skillnaden består i mängden pigment som färgen innehåller. Mängden pigment påverkar skyddet mot solens UV-strålar och om träet börjar gråna. Lasyrfärg ger ett tunt färgskikt som är relativt väderkänsligt och kräver ofta återkommande underhåll. Tidigare laserat trä stryks med färglös eller svagt färgad lasyr i samma kulör.

Täckfärg

En systemmålning med täckfärg har hög pigmenthalt. Målningen består av grundning följt av toppmålning. Det finns flera typer av täckfärger; linoljefärg, alkydoljefärg och akrylatfärg. Täckande färg ska målas på färsk, nyttillverkad och icke exponerad träyta, eftersom trätor som exponerats för sol och regn förändras och ger sämre vidhäftning. Grundningen ska i första hand minska virkets upptagning av vatten. Den bör kompletteras med en behandling med penetrerande grundolja före grundmålning, speciellt på ändträtor. Toppmålningen ska ge önskad kulör och skydda grundningen och virket från att brytas ned. Man bör följa tillverkarens rekommendationer för grundning och toppmålning för respektive målningssystem.

Nanofärg

Utveckling pågår med "nanofärger" för bättre beständighet och ett bättre skydd mot alger och påväxter än med vanlig färg. I färger kan nanoteknologi användas för att aktivt hålla de målade ytorna rena. Andelen nanopartiklar ska vara hög och partiklarna ska vara arrangerade så att färgfilmen ger den önskade effekten. En nanostrukturerad färgyta försvårar för smuts att fastna och medför att regnvatten kan skölja rent ytan. Den smuts som eventuellt blir kvar bryts ned av solljusets fotokatalyseffekt. Denna teknik används till putsfasader, t.ex. av färgtillverkaren Caparol. För trä pågår utvecklingsarbete för förbättrad UV- och temperaturresistens, men det finns frågor gällande långtidsprestanda och livslängd.

Brandskyddsfärg

Se kapitel 3.5.1.

Underhållsintervall

Underhållsintervall och behov av förarbete beror på vilken typ av färg och seystem som har valts. Se kapitel 4.

3.7 Kostnader

Tabell 3 visar cirka-priser för olika material. Tabellen är inte heltäckande; utöver de nedan beskrivna produkterna finns andra träslag. Vissa av produkterna nedan finns i ringa eller ingen kommersiell skala i Sverige. Priserna är en genomsnittlig uppskattning på marknaden. Lokala variationer kan förekomma.

Tabell 3 Prisjämförelse träskyddsbehandlingar. Källa för uppgifterna under kolumnerna metod/trä och ca pris: Jöran Jermer, SP Trä.

Metod/trä	Ca pris/ lpm	Ca pris/ lpm inkl. miljöpåslag
Dagens impregnering (NTR)	16-20 kr	24-28 kr
Linogard (linoljeimp)	28 kr	28 kr
Värmebehandlat	49 kr	49 kr
Linax (impregnering + linoljebehandling)	29 kr	37 kr
Kärnvirke/Lärkträ	35 kr	35 kr
Massaranaduba (tropiskt lövträ)	60 kr	60 kr
Kebony (furfurylerat trä)	70 kr	70 kr
Cumaru (tropiskt lövträ)	100 kr	100 kr
Accoya (acetylerat trä)	100 kr	100 kr
Trä-plast-komposit (WPC)	102 kr	102 kr
OrganoWood (silikat)	30-40 kr	30-40 kr
Superwood (superkritisk CO2)	27 kr	27 kr

4. Underhåll och kostnader

Beroende på färg och system varierar behovet av underhåll, men också graden av förarbete innan ommålning. Vilka färger som kan användas vid ommålning bestäms av den gamla ytbehandlingen.

Tabell 4. Färgkombinationer vid ommålning av träfasader. Källa: TräGuiden

Befintlig färg	Ommålningsfärg				
	Linoljefärg	Alkydolfärg	Akrylatfärg	Slamfärg	Lasyrfärg
Linoljefärg	lämplig	möjlig	möjlig	-	-
Alkydolfärg	möjlig	lämplig	lämplig	-	-
Akrylatfärg	-	-	lämplig	-	-
Slamfärg	-	-	-	lämplig	-
Lasyrfärg	möjlig	möjlig	möjlig	-	lämplig

Det är svårt att uppskatta livslängd och underhåll för nya produkter där det saknas erfarenheter från användningen. Kanua var namnet på en tidigare panelprodukt som var en kvalitetsmärkt, färdiggrundad träpanel som började tillverkas under 1990-talet. Den tillverkades med höga krav på tillverkningsprocessen samt på trämaterial och målnings. För att samla erfarenheter och följa upp resultatet gjordes en mindre undersökning av några byggnadsobjekt med kvalitetsmärkt, färdiggrundad Kauna- granpanel. Det skulle ge underlag för bedömningen av behov av underhåll.

Vid en genomgång hittades ett tiotal byggnadsobjekt med Kauna-panel att följa upp som Erland Hedlund från Martinsons och Jan Ekstedt f.d. SP Träteck hade information om. Rundringning genomfördes för att samla information om underhåll/ommalning hade varit nödvändigt under de 12-15 år som panelen hade suttit på väggen. Det var svårt att hitta fram till rätt personer på grund av ägarbyten och/eller ny personal. I detta projekt hade vi inte möjlighet att lägga resurser på att genomföra en inspektion och följa upp detta ordentligt. Information om några objekt:

- Villa i Stockholm; Kauna-panel med Dickursby oljegrund monterad och målad ett toppvarv med akrylatfärg år 2000 (borde ha varit två lager). Fasaden har inte tvättats eller bättringsmålats före ommålning 2010. Det fanns inte något mögel eller röta.
- Mellanskogs kontor i Uppsala, numera med Wasakronan som ägare; panelen ser bra ut.
- Fredells trävaror, Nacka; ingen ommålning har utförts sedan uppsättning 2000, de har årlig översyn, och lite mindre åtgärder är utförda vid fönster och ändträ. De planerar ommålning år 2020.
- Lotsen femvåningshus i Ursviken, Skellefteå, byggdes 1998 och målades med slamfärg. Ommålades 2009.
- Campushallen, Skellefteå, slamfärg, byggt 2003; snart dags att måla om enligt Skellefteå kommuns fastighetsbolag Polaris som är ägare.

Allmänt verkade de flesta efter drygt 10 år nöjda med sina träfasader och man anser att man har litet underhållsbehov. Slamfärgen verkar klara sig cirka 10-11 år innan första ommålning krävs.

Numera finns möjlighet för certifiering och P-märkning av kvalitetskontrollerad, grundmålad ytterpanel, ett märkningssystem där SP är utfärdare. Målningen utförs industriellt enligt färgleverantörernas anvisningar. P-märkt panel är den som ligger närmast Kauna-panelen. Grundningen på Kauna-panelen utfördes med lösningsmedelsbaserade produkter, medan man idag använder vattenburna system.

I kapitel 5 beskrivs LCC (livscykelkostnader) och antaganden om underhåll för de olika fasadamaterialen puts, tegel etc.

4.1 Garantier för färg

Alcro och Beckers har Branschgaranti AB som ger garanti mellan 2-10 år. Denna bestäms tillsammans med kunden och utförandeföretaget. Underhållsavtal kan ingå.

De flesta färgleverantörer rekommenderar ett ytbehandlingssystem för att uppnå bästa resultat beträffande beständighet och bra utseende under lång tid. Det finns ingen tydlig generell garanti för ett målningsystems funktionsduglighet men enskilda avtal kan skapas med kontrakt om garanterad funktionstid om underhåll och åtgärder följs. I allmänhet ligger dessa avtal på 10 – 15 år beroende på system, utförande, underhåll etc. I dessa ingår ett underhållsintervall på oftast 2 – 3 år med tvättning och bättring.

Det vanligaste är en initial behandling med en olja för att tätä ändträ och andra väderutsatta delar av fasaden följt av en behandling med grundfärg för att försluta ytan. Därefter följer en mellanstrykning och/eller en toppstrykning av en täckfärg beroende på leverantör och slutliga krav. Idag används vattenburna system. Grundfärgen är oftast en alkydbaserad produkt och mellan-/ toppfärgen är oftast akrylatbaserad men alkydbaserad finns också likväl som hybridssystem av dessa.

För bästa resultat rekommenderas oftast färgsystem med en industriell grundmålning av paneler och fasadelement med grundolja och grundfärg. Slutmålningen utförs sedan på byggplatsen. Ibland ingår även att en mellanstrykning av panelerna utförs industriellt, och bara en toppstrykning utförs på byggplatsen med täckfärg efter de instruktioner som ges. Det finns också färgsystem för enbart påföring på byggplats.

Färgtillverkarna utvecklar sina färgsystem kontinuerligt och sammantaget så görs en hel del inom området med akrylatbaserade täckfärger men även andra färgsystem nämns. Det mesta i arbetena är affärshemligheter. De förväntade framstegen verkar vara marginella och eventuella avtalsbestämda garantier på 15 – 20 år inkluderande underhåll nämns men bedöms ändå vara osäkra. En bidragande orsak till förkortad livslängd är spikning och fastsättning som ger åverkan/skador på färgskiktet. En förbättrad monterings teknik av paneler och fasadelement som inte ger denna åverkan borde förlänga den målade träfasadens livslängd. Ny teknologi för färger såsom nanopartiklar, UV-ljus-inhibitorer, bindemedel etc. kan förbättra livslängden och funktionsdugligheten för målade träfasader men resultat och erfarenheter av detta är idag knapphändiga.

En träleverantör hade ett garantiåtagande på 12 år tillsammans med färgleverantör när det gäller att färgen sitter fast och att det inte är röta under färgen m.m. Garantin kräver årlig egenkontroll och att uppkomna skador ses om kontinuerligt. P-märkt, grundmålad panel som sedan mellanstryks och toppmålas bör ha ommålningsintervall på 12-15 år. Utförande och spikning är också viktigt för beständighet och underhållsbehov, om man bygger industriellt inomhus eller ute på byggarbetsplats.

5. Jämförelse mellan material och behandlingar

Olika trämaterial kan kombineras med olika träskyddsbehandlingar och ytbehandlingar. Det finns inte så många referenser som beskriver fasadpaneler med de nya trämaterialen och behandlingarna med avseende på funktionsduglighet när det gäller brandskydd, beständighet, dimensionsstabilitet, estetik, korrosion på fästdon och beslag och underhållsintervall. Många behandlingsmetoder är jämförelsevis nya och provningar i fält har relativt nyligen påbörjats.

Byggnader får olika skador beroende på byggnadstyp, material och utförande. Skadorna kan bero på bl.a. fuktigt klimat så att fasaderna har svårt att torka, konstruktions- eller utförandefel, vandalism. Livslängd kan definieras på olika sätt, till exempel som teknisk, ekonomisk, estetisk, funktionell eller verklig beroende på sammanhanget, se kapitel 2. Enligt Boverket menas med ”ekonomiskt rimlig livslängd” den tid som byggnaden och dess delar inklusive installationer är planerade att fungera under förutsättning av normalt underhåll. Byggnaden ska underhållas så att de tekniska egenskaperna i huvudsak bevaras och byggnadens yttre hålls i ett vårdat skick. Byggnadens ägare ansvarar för drift och förvaltning och det bör finnas en plan för periodiskt underhåll redan när byggnaden tas i bruk.

Noggrannhet och kvalitet vid uppförandet, geografiskt läge samt typ och frekvens av underhåll är några exempel på förutsättningar som kan ge olika livslängd. Graden av renovering, t.ex. omfogning av en tegelfasad, kan skilja beroende på geografisk placering och väggens väderstreck. Regelbunden underhållsbesiktning är viktig som underlag för en bra underhållsplan. Vid uppföljningar på verkliga byggnadsobjekt är det många gånger svårt att få fram uppgifter på tidpunkt och omfattning av utfört underhåll. I TräGuiden anges som vägledning en livscykel på ca 60 år för fasader av täckmålad träpanel, men det finns också många hus med äldre träpanel. Valet av fasadens livslängd påverkar utfallet av LCC-beräkningarna.

5.1 Kostnader

Underlag för LCC beskrivs i bilaga 1. De redovisade kostnaderna avser en fasadyta (1 m²) utan fönster, dörrar, hörn, m.m. Det är många faktorer som påverkar investeringskostnaden, såsom byggplatsen, byggmetoden, val av material och utförande, utformningen av t.ex. fönsteröppningar, graden av förtillverkning m.m. Om man räknar in fönsteröppningar, knutar m.m. kan kostnaderna skilja beroende på byggnadens storlek och form. Tegelfasader med stora fönster får exempelvis ökade kostnader genom balkarna över fönstret. Kostnaderna för montage är också svåra att jämföra eftersom en träpanel kan monteras och målas industriellt i fabriken medan en stenfasad alltid monteras på plats. Längden på tidsperioden som LCC-analysen omfattar kommer att påverka vilka kostnader som ingår. Om beräkningen omfattar 50 år ingår inte utbyte av hela fasaden om det t.ex. kan antas efter 60 år.

5.2 LCC (Livscykelkostnader)

LCC (Life Cycle Cost, Livscykelkostnader) har beräknats för träfasader med olika material och behandlingar, samt som jämförelse för fasader med puts, tegel och fibercementskivor.

En LCC-analys ger nuvärdet av den totala kostnaden för en investering och används ofta för att bedöma vilket av flera alternativ som ger den bästa totalekonomin. Detta kan vara användbart, t.ex. vid val mellan olika lösningar. Man kan till exempel jämföra ett billigare material som förväntas ge mer underhåll med ett dyrare material som förväntas ge en lägre underhållskostnad. Livstidskostnaden beräknas som investeringskostnaden plus nuvärdet av allt underhåll under en bestämd livstid.

LCC-analyser baseras på erfarenheter om investeringskostnader och underhållsbehov. Investeringskostnaden kan tas fram utifrån dagens priser och förhållanden. Men för nya oprövade material eller konstruktioner är framtiden oviss, och LCC bygger därför på många uppskattningar av framtida underhållskostnader. Nedan jämförs ett antal fasadmaterial med LCC-analyser under följande förutsättningar:

- Målet är att jämföra olika alternativ med en enkel LCC-modell
- Nuvärdesmetoden används, där alla kostnader räknas tillbaka till år noll (tidpunkten för investeringen) med hjälp av en antagen kalkylränta, och summeras över hela livslängden.
- Ekonomiska förutsättningar är kalkylränta 4 %, kalkylperiod 50 år.
- Livslängd för material, underhållsperioder och insatser väljs enligt referenser eller tidigare beskrivningar.
- Fasaden ska fungera alla dagar året om, störningar för boende vid underhållsarbete och rivning vid periodens slut tas inte med.

Investeringskostnader för material och arbete, underhållsintervall och krav på rengöring, ommålning, utbyte etc. har bestämts enligt följande (se även bilaga 1):

- Investeringskostnader för fasadmaterialen 1-5 har tagits från Consultecs kalkylprogram BidCon, samt från referenser, byggföretag och materialleverantörer.
- För träfasadmaterialen 6-10 har materialkostnaden uppskattats utifrån insamlade data och uppgifter som framkommit och redovisas i rapporten gällande kostnader, underhållsintervall m.m. Arbetskostnader m.m. har antagits enligt träfasader 1-2.
- För varje fasadmaterial har underhållskostnader och intervall antagits enligt insamlade erfarenheter och referenser. Underhållsintervall är uppskattningar och de kan variera mycket beroende på t.ex. estetiska krav, geografiskt läge, väderstreck m.m.
- Sprinklerkostnaden är en uppskattning, eftersom den beror på husets utformning och storlek. En boendesprinkler placeras per 10-12 m² lägenhetsyta. Kostnaden för en sprinkler är ca 2200 kr inkluderat sprinkler, rörmaterial, montering och projektering. I vissa fall kan extra pump krävas vilket kostar ca 25 % extra beroende på antal sprinkler. Ibland krävs extra vattenledning in från gatan vilket kan öka kostnaden ytterligare med ca 10 %. Besiktning görs vart 3:e år, provning av larm en gång per kvartal m.m. utförs av fastighetsskötare och tas inte med. För ett hus med planmått 12 m x 28 m och våningshöjd 3 m beräknas sprinklerkostnaden utan extra tillägg till 250 kr/m² fasadyta. Sprinklerkostnaden kan räknas in i fasadkostnaden om den är ett krav för att använda ett fasadmaterial. Om man redan har bestämt att det ska finnas boendesprinkler från brandsäkerhetssynpunkt för de boende eller om det framöver kommer krav på boendesprinkler i alla hus så blir detta inte relevant.

5.2.1 Träfasader jämfört med fasader av andra fasadmaterial

Putsade fasader

Det finns olika putssystemen; tjock eller tunn puts på mineralull, tunn puts på cellplast och tunn puts på skivmaterial. Kombinationen tunnputs, cellplast och oventilerad trästomme rekommenderas inte längre, då problem har uppstått med att fukt har stängts inne och inte torkat upp eftersom uttorkningen är långsam i den här relativt diffusionstäta putstypen. Det finns godkända system med tunnputs på oorganisk cementbaserad skiva med en ventilerad luftspalt bakom.

Tjockputs är minst 8 mm tjock och har en högre grad av kalk och cement än tunnputs och ingen eller liten del polymerer som bindemedel. Traditionell puts består av ballast och bindemedel som blandas med vatten. Bindemedlet är mineraliskt t.ex. kalk, cement, gips, vattenglas, där kalk är det äldsta och förr det vanligaste. Traditionell puts kan varieras från en grovkornig spritputs till en glättad puts, och den ytbehandlas med målning med mineralisk färg. Traditionellt används puts på ett murverk av tegel.

Tunnputs är 2 till 8 mm tjock och innehåller mindre kalk och cement än tjockputs och kräver ett bindemedel med större andel polymerer/akrylater. Modern puts består av bindemedel av i huvudsak polymera föreningar, dvs. plaster. Även andra tillsatsmaterial, t.ex. mjukgörare, ingår ofta och modern puts kan därför i hög grad liknas vid målarfärg och kan fås i valfri kulör.

Vanliga skador på putsfasader beror på frostsprängning där fukt tränger in bakom putsen och sedan fryser och expanderar och spränger putsen med sprickor och lös puts som följd, risken för skada är störst för tunnputs. Om det uppstår läckage vid fönster och andra känsliga detaljer, finns också risk för frostsador i putsen. För att laga en spricka i en putsfasad knackar man bort putsbruket runtom och lagar med samma slags puts som huset putsades med från början. Puts som är mycket utsatt för vatten kan även få skador i form av urlakning av bindemedel i putsen. Putsfasaden bör tvättas och målas regelbundet, underhållsintervallen beror på omgivande miljö.

Tegelfasader

En tegelfasad är oftast byggd som en skalmur med en normal tjocklek på 12 cm som förankras med kramlor i fogarna. Kramlorna ska vara rostfria så att de inte rostar. Om det förekommer stora rostangrepp på kramlor ska en renovering göras genom att sätta in nya kramlor så att fasaden bli stabil igen och inte kan lossna och falla ned. Fogar ska hållas rena och hela. Gamla tegelfasader som inte har underhållits ordentligt har ofta dåliga fogar som luckrats upp med åren och där kan vatten komma in. Fukten i fasaden måste torka ut annars är risken stor för frostsprängningar. Tegelstenar med sprickor ska bytas ut. Skadade fogar kan förstärkas med injektion av bruk. Underhållsintervallen anpassas till omgivande miljö.

En tegelfasad får den färg som teglet har, de vanligaste är röda, orange och gula. Tegel finns i olika typer och prisklasser. Teglet håller ofta under lång tid med små estetiska förändringar. När tegelfasaden repareras ska man använda tegel i samma färg så att inte fasaden får avvikande fläckar. Ett estetiskt problem som kan uppstå är utfällningar som vita partier på fasaden av kalk eller salt som kommer från tegelstenarna eller murbruket. I vissa fall kan de försvinna av enbart väder och vind men om de inte försvinner behöver fasaden tvättas. Kalkutfällningar kan tvättas bort mekaniskt.

Vanligt förekommande skador orsakade av miljön kan ha många olika orsaker. Kemisk nedbrytning kan ske på flera sätt, vanligtvis orsakas de av luftföroreningar. Biologisk nedbrytning och nedsmutsning kan orsakas av mögel och mikroorganismer som alger, men även växter och mossor kan leda till misspydande påväxt och i vissa fall en nedbrytning av materialet. Nederbörd kan föra med sig smutspartiklar som sugas in i materialet. När vattnet sedan dunstar blir smutsen kvar och missfärgar fasaden, som då måste rengöras.

Fibercementskivor

Cembit är fibercementskivor som finns i flera utföranden. Fibercementskivor består huvudsakligen av cement, kalkfyller och armering av cellulosa fibrer. Fasadskivorna är vanligen brandklassade och godkända för användning på höga byggnader. Skivor finns i olika typer och prisklasser. Skivorna kan

vara obehandlade, cementgrå skivor för platsmålning med t.ex. silikatfärg eller lasyr efter montage. Det finns också genomfärgade skivor, som även kan vara fabrikslackerade med akrylfärg. Det förekommer även korrugerade fibercementskivor i olika utföranden. Skivorna monteras på vertikala läkt av trä eller stål med ventilerad och dränerad luftspalt. Skivorna kan skruvas på läkten med rostfria blanka eller lackerade skruvar och öppna fogar med eller utan list. Alternativt kan skivorna spikas på träläkt.

Skötselråd för underhåll är att man tar bort eller beskär växter nära fasaden, rengör och kontrollerar ventilationsspalter under fönster och vid socklar, drar åt eventuella lösa skruvar samt rengör skivorna från smuts och alger etc. Underhållsintervallen beror på omgivningen. Vanlig smuts, t.ex. från jord, kan tvättas bort med vatten. Kalkutfällningar kan tvättas bort med en lösning med ättiksprit. För borttagning av klotter kan lösningsmedel anpassat för akrylatfärg användas, vilket dock kan påverka glans och kulör. Damm på skivorna från kapning och borrar vid montaget ska omedelbart tas bort, och smuts tvättas bort. Efter monteringen ska skivornas yta avsynas, och tvättas vid behov för att undvika permanenta fläckar. Skadade skivor kan inte lagas tillfredsställande ur estetisk och funktionell synpunkt, utan skadade skivor ska bytas.

Fasadtyp 1. Träfasad med grundmålad lockpanel av gran som målas med akrylatfärg

För användning av P-märkt granpanel på högre hus krävs att det finns boendesprinkler i lägenheterna. Sprinklerkostnaden har beräknats till ca 250 kr/m² fasad, se ovan. Boendesprinkler i byggnader medför möjlighet att använda träpanel som inte är brandskyddsbehandlad på hus upp till 8 våningar, men sprinklern ger framförallt husen en ytterligare kvalitet genom att sprinklern förhindrar övertändning och därigenom kan liv räddas vid en eventuell brand och krävs vid särskilda vårdboenden.

Förekommande skador på målade träpaneler är sprickor, blekning, avflagnings, biologisk påväxt m.m.

Investeringskostnaden beräknas till ca 620 kr/m² (boendesprinkler är inte inräknad).

LCC beräknas till ca 870 kr/m² (boendesprinkler inte inräknad). Då förutsätts att ommålning av hela fasaden utförs vart 15:e år. Dessutom görs utbyte av 10 % av panelen efter 30 år. Om man i stället målar om vart 10:e år och med utbyte av 10 % efter 30 år så ökar LCC till ca 1000 kr/m². Med ommålningsintervall vart 20:e år och inga ytterligare åtgärder så minskar LCC i stället till ca 760 kr/m².

Kommentarer: Träpanel är ett lätt material och kan enkelt monteras i fabrik vid industriell tillverkning av husmoduler eller element. Detta kan reducera kostnaderna med ca 130 kr/m² om man räknar med reducerad montagetid, vilket ger LCC ca 740 kr/m² i stället för ca 870 kr/m².

Målad panel ska målas om regelbundet för att bevara fuktskydd och estetiskt värde. Ommålningsintervallen beror på omgivande miljö som bl.a. beror på geografiska läget. Ommålningarna innebär att fasaden kan byta kulör om man önskar det. Utbyte av ev. skadad panel är relativt enkelt att utföra och med målning med samma kulör märks det inte. Det är också lätt att förändra en träfasad, om man vill ha nya öppningar, om- och tillbyggnader eller liknande, jämfört med en tegel- eller putsfasad.

Fasadtyp 2. Träfasad med lockpanel av gran som målas med slamfärg

För användning av vanlig granpanel på högre hus krävs att det finns boendesprinkler i lägenheterna. Sprinklerkostnaden har beräknats till ca 250 kr/m² fasad, se ovan. Boendesprinkler i byggnader medför möjlighet att använda träpanel som inte är brandskyddsbehandlad på hus upp till 8 våningar, men

sprinklern ger framförallt husen en ytterligare kvalitet genom att sprinklern förhindrar övertändning och därigenom kan liv räddas vid en eventuell brand.

Förekommande skador på slamfärgsmålade träpaneler är sprickor, blekning, kritning, biologisk påväxt m.m.

Investeringskostnaden beräknas till ca 550 kr/m² (boendesprinkler är inte inräknad)

LCC beräknas till ca 860 kr/m² (boendesprinkler inte inräknad) . Då förutsätts att ommålning av hela fasaden utförs vart 10:e år. Dessutom görs utbyte av 10 % av panelen efter 30 år. Om man målar om vart 8:e år och utför utbyte 10 % vart 24:e år så ökar LCC till ca 1000 kr/m². Med ommålningsintervall vart 12:e år och inga ytterligare åtgärder så minskar LCC i stället till ca 790 kr/m².

Kommentarer: Jämför fasadtyp 1 som också är en träfasad. Vid industriell tillverkning av yttervägg med reducerad montagetid blir LCC i stället ca 730 kr/m² i stället för 860 kr/m².

Fasadtyp 3. Putsfasad (tunnputs på skiva)

Vanliga åtgärder på putsfasader är rengöring, färgning, reparation av skador eller nytt ytskikt. Putsen kan få sprickor genom bl.a. frostsprängningar eller sättningar. Puts är känsligt för fukt och suger lätt upp vatten och leder fukten vidare i materialet.

Investeringskostnaden beräknas till ca 630 kr/m² (kan variera beroende på fasadtyp, fönster mm)

LCC beräknas till ca 750 kr/m². Då förutsätts rengöring/ommalning vart 20:e år och lagning 20 % av fasaden efter 40 år.

Kommentarer: Putsning utförs på plats för att få enhetliga sammanhängande ytor. Med tiden kan tvättning behövas eftersom smuts binder fukt som gör att putsen kan börjar vittra sönder. Vid reparationer av putsade fasader kan det bli synliga lagningar om man inte får samma struktur eller om den befintliga putsen har blivit blekt eller smutsig.

Fasadtyp 4. Tegelfasad

Vanliga skador på tegelfasader är fogskador, korrosion på kramlor, frostskaador i teglet, kemisk nedbrytning, korrosionssprängning, biologisk nedbrytning genom påväxt, m.m.

Investeringskostnaden beräknas till ca 920 kr/m² (räknat med 1/2-stensförband, kan variera beroende på murtyp, fönster mm)

LCC beräknas till ca 960 kr/m². Då medräknas endast omfogning av 10 % av fasaden efter 30 år.

Kommentarer: Tegelfasaden muras på plats. Vid reparationer av murade fasader bör omfogningen göras med samma typ av bruk, samma fogtyp och samma stentyp för att undvika synliga lagningar. Omfogningsintervallen bestäms av omgivande miljö som beror på bl.a. geografiska läget. I vissa miljöer kan nedsmutsning innebära krav även på rengöring.

Fasadtyp 5. Fasad med Cembrit-skivor

Vanliga åtgärder på Cembrit-skivor (fibercementskivor) är rengöring, tvättning av kalkutfällningar, borttagning av klotter, m.m.

Investeringskostnaden beräknas till ca 880 kr/m² (kan variera beroende på skivtyp, byggnadstyp, fönster mm).

LCC beräknas till ca 970 kr/m². Då förutsätts rengöring/lagning av 10 % av fasaden vart 20:e år.

Kommentarer: Skivor finns som obehandlade för platsmålning eller genomfärgade och fabrikslackade. Vanligen platsbyggs fasaden och skivorna beställs kapade till rätt format. Skivmaterial till fasader kräver därför noggrann projektering för att undvika spill vid monaget. Det är dock enkelt att dela skivor med sågning. Skadade skivor kan inte lagas utan ska bytas. Vid reparation och utbyte ska nya skivorna ha exakt, rätt kulör och struktur för att undvika synliga lagningar.

5.2.2 Några referenser med jämförelser mellan olika fasadmaterial

Investeringskostnader kan variera beroende på t.ex. vilket utförande och vilken tillverkningsmetod som väljs samt vilka omkostnader och kostnader för ställningar m.m. som inräknas i fasadkostnaden. Exempel på kalkylpriser från en hustillverkare är t.ex. 500 kr/m² för träfasad med lockpanel, 1100 kr/m² för putsfasad, 1400 kr/m² för tegelfasad och 900 kr/m² för Cembrit-fasad, vilket kan jämföras med ovanstående beräkningar. Det skiljer framförallt för puts- och tegelfasaderna. När det gäller underhåll och livslängd blir antagandena ännu mer varierande. Livslängden för en träfasad beror t.ex. på en rad faktorer såsom, virkeskvalitet, färgtyp, underhåll och yttre förhållanden. Det är därför svårt att jämföra olika LCC-analyser eftersom förutsättningarna och antagandena om framtida underhåll kan variera mycket. Nedan beskrivs LCC-analyser av olika fasadmaterial från tre referenser.

Dang & Baban (2008) beräknade LCC för puts-, tegel- och Steni Colour-fasader. De kom fram till att puts hade den lägsta livscykelkostnaden. För putsfasaden medräknades visst regelbundet underhåll såsom rengöring, reparation av skador eller rengöring och reparation samt nytt ytskikt, och rengöring och påföring av ny ytputs vart 25:e år. För tegel medräknades ingen omfogning eller rengöring, och för Steni Colour medräknades ingen rengöring, för dessa ingår därför ingen underhållskostnad.

Tabell 1. LCC för fasad under 50 år enligt Dang & Baban (2008)

Material	Investering (kr/m ²)	LCC (kr/m ²)
Puts	977	1103
Tegel	1626	1626
Steni Colour	1648	1648

(Johansson & Dahlqvist 2009) beräknade LCC för fasader av trä, puts och tegel. De kom fram till att tegelfasaden hade den lägsta livscykelkostnaden. Underhållskostnaden för tegelfasaden omfattade rengöring efter 30 år. Putsfasaden färgades efter 25 år och lagades efter 30 år. Träfasaden målades vart 10:e år, målades och kompletterades vart 20:e år, samt byttes ut helt efter 40 år och fick med detta omfattande underhåll den högsta livscykelkostnaden, trots den lägsta investeringskostnaden.

Tabell 2. LCC för fasad under 50 år enligt Johansson & Dahlqvist (2009).

Beskrivning	Investering (kr/m ²)	Underhåll (kr/m ²)	Totalt (kr/m ²)
Trä	551	854	1405
Puts	834	227	1061
Tegel	908	91	999

Barosen (2008) beräknade LCC för olika väggtyper (stomme och fasad), där några väggtyper hade trästomme med olika fasadmateriäl. Tegelfasaden hade underhåll efter 50 år. Träfasaden med alkydoljefärg hade ommålning vart 12:e år och utbyte efter 40 år. Träfasaden med slamfärg hade ommålning vart 5:e år och utbyte efter 40 år. Fasaden med Steni-skivor hade tvättning vart 10:e år och utbyte efter 45 år. Den väggtyp i studien som var mest lönsam enligt analysens förutsättningar var en träregelstomme beklädd med Steni-skivor. Den låga livscykelkostnaden berodde på relativt låga investeringskostnader samt förhållandevis små underhållskostnader. Träregelväggarna med lockpanel skilde sig sinsemellan. Väggtyp 5A, som stod i inlandet i Mellansverige målad med slamfärg och liten väderbelastning hade näst lägst livscykelkostnad i jämförelsen. Samma typ av väggkonstruktion men med en alkydoljefärg, placerad vid kusten i södra Sverige där väder och vind hade stor påverkan hade högst livscykelkostnad på grund av antagandet av mycket frekvent underhåll.

Tabell 3. LCC (stomme och fasad) för några ytterväggar med trästomme under 50 år enligt Barosen (2008)

Beskrivning	Investering (kr/m ²)	LCC (kr/m ²)
2. Tegel	2615	2615
5A. Träfasad, slamfärg	2100	2450
5B. Träfasad, alkydoljefärg	2100	3400
6. Skivor Steni	2205	2400

5.2.3 Träfasader med olika trämaterial och behandlingar

Om man jämför olika typer av fasadmateriäl och bara tar med 1 m² vägg och inte inkluderar utförandet vid fönster- och dörröppningar, hörn, och liknande hinder, så innebär det att byggnadstyp, byggnadens form och storlek etc. kan påverka resultatet och innebära andra förhållanden om dessa inkluderas. Vid jämförelse mellan träfasader med träpanel av olika trämaterial minskar osäkerheten eftersom man kan anta samma lösningar med fönsterfoder etc. LCC för olika trämaterial redovisas i tabell 4 utgående från investeringskostnader i bilaga 1 (jämför även Fasadttyp 1 och 2 i kapitel 5.2.1 och beräkningar för industriellt byggande).

Boendesprinkler i byggnader medför möjlighet att använda vanlig träpanel på höga hus upp till 8 våningar, se kapitel 2.5. För att jämföra med brandskyddsimpregnerad eller brandskyddsmålad panel, så medräknas här sprinklerkostnaden i fasadkostnaden för de ej brandskyddsbehandlade panelerna. Brandskyddsimpregnerad och brandskyddsmålad fasadpanel blir rätt dyra, även om man här inte behöver sprinkler. Men ett noggrant underhåll med täta bättringar och ommålningar för att säkerställa brandskyddet medräknats medför höga LCC.

Lägst kostnad får en obehandlad furfurylerad panel, om underhållet begränsas till utbyte av 10% av panelen efter 30 år. Ett annat scenario är att man efter 30 år tycker att panelen åldrats så mycket att den inte är snygg längre och hela träfasaden byts ut. Då ökar LCC, med sprinklerkostnad inräknad, från 830 kr/m² till 1060 kr/m².

Tabell 4. LCC (kr/m²) under 50 år för träfasader med olika trämaterial och behandlingar

Fasad	Träskydds- behandling Röta/Brand	Ytbe- handling	Investerings- kostnad	LCC	LCC sprinkler inräknad
1. Trä, lockpanel, grundmålad	-	x	620	870	1120
2. Trä, lockpanel, slamfärg	-	x	550	860	1110
6. Trä, lockpanel, brandimpr.,grundm,	-/x	x	790	1440	
7. Trä, lockpanel, brandmålat (grund)	-/x	x	650	1300	
8. Trä, enkelfas, acetylerat, målat	x/-	x	1030	1180	1430
9. Trä, enkelfas, furfurylerat	x/-	-	630	660	910
10. Trä, enkelfas, Cumaru	-	-	900	930	1180

Kalkylränta i beräkningarna är 4 %, men beräkningar gjordes även med 3 % och 5 % vilket påverkar LCC för framtida underhållsarbeten. Med högre ränta minskar LCC som beror på det framtida underhållet. Se tabell 5 nedan där LCC beräknats inklusive kostnad för boendesprinkler där det erfordras, jämför tabell 4. Med hög ränta får framtida underhåll mindre inverkan på LCC.

Tabell 5. LCC (kr/m²) under 50 år för träfasader med olika trämaterial och behandlingar beroende på vald kalkylränta (inkl. sprinkler där det inte finns annat brandskydd för panelen)

Fasad	Ränta 3 %	Ränta 4 %	Ränta 5 %
1. Trä, lockpanel, grundmålad	1190	1120	1060
2. Trä, lockpanel, slamfärg	1180	1110	1050
6. Trä, lockpanel, brandimpr.,grundm,	1590	1440	1320
7. Trä, lockpanel, brandmålat (grund)	1450	1300	1180
8. Trä, enkelfas, acetylerat, målat	1470	1430	1390
9. Trä, enkelfas, furfurylerat	920	910	900
10. Trä, enkelfas, Cumaru	1190	1180	1180

Sammanfattning

Beroende på hur man gör uppskattningen och vilka ingående parametrar man har, underhållskrav, ränta, tidsaspekter, får man fram olika siffror. LCC för träpaneler varierar enligt olika uppgifter och beräkningar mellan ca 500 kr/m² för obehandlad granpanel utan underhåll (sprinklerkostnad inte medräknad i fasadkostnaden) och ca 1440 kr/m² för brandskyddsimpregnerad målad panel med täta, regelbundna ommålningar.

Om man jämför med andra fasadmaterial så finns också stora variationer beroende på vilka antaganden man gör. För putsad fasad kan LCC variera från 750 kr/m² till 1100 kr/m², för tegelfasad mellan 960 kr/m² och 1620 kr/m² och för fibercementskivor mellan 900 kr/m² och 970 kr/m².

6. Slutsatser

Traditionellt har fasader av gran varit vanligast på lägre byggnader med 1-2 våningar men idag blir det allt vanligare med träfasader på höga byggnader. I och med att det är fasader på flervåningshus måste även brandskydds krav, bra beständighet liksom låga underhållskostnader beaktas. På höga hus tillåts inte fasader utförda helt i trä om inte särskilda brandskyddsåtgärder används. Däremot kan delar av huset ha träfasad utan brandskyddsbehandling, t.ex. mellan fönster i sidled och kan då kombineras med t.ex. puts eller tegel. Genom tekniska byten, exempelvis genom att installera boendesprinkler, kan man använda trä i hela fasaden.

Ett fasadsystem består av fasadmateriel och montage. Träbaserade fasadmateriel kan innefatta obehandlat trä, träskyddsbehandlat trä, ytbehandlat trä, eller en kombination av alla dessa. En träfasad består vanligen av panel som är stående eller liggande och som fästs till träläkt med spik eller skruv, men det förekommer även olika skivmateriel. Det finns även lister och beslag för infästning, men idag finns inget specifikt fasadsystem i trä i Sverige. För flervåningshus eftersträvas ofta nya estetiska uttryck, snabbt och industriellt montage. Fördelen med trä är att det är lätt och passar bra för prefabricerade hus och väggelement och man kan få många estetiska uttryck. För industriellt målade paneler är det fördelaktigt att montera och färdigmåla i fabrik så att det inte görs håltagningar på byggplatsen. Dold infästning på baksidan medför att spikning genom panelerna kan undvikas.

Att enbart välja materiel utifrån rötmodstånd kan resultera i en rötbeständig produkt, men om den spricker mycket eller deformeras är det ändå inte en önskvärd produkt från användarsynpunkt. Produkten blir kanske utbytt långt innan röta uppträder. Därför måste man väga in flera parametrar.

Provningar av materiel och produkter genomförs på olika sätt och med olika metoder vilket gör det komplicerat att göra en jämförelse. Dessutom provas vanligtvis egenskaper för trämateriel och färger separat, så att kompatibiliteten mellan trä och färg inte alltid är provad (eller att resultaten finns tillgängliga). En del av provningarna utförs när materialet är nytt och därför svårt att dra slutsatser hur det fungerar över tid. Med andra ord, det finns ingen metod som testar den slutliga funktionen för en fasad. P-märkning av ytterväggar och fasader finns, men det avser hela väggen.

Det estetiska uttrycket avgör vanligen när det är dags att underhålla och beror på exponeringen, och det är en subjektiv bedömning var toleransen ligger och längden på underhållsintervallen. Målning av en träfasad görs för att höja det estetiska värdet genom olika kulörer. Underhållsintervallet beror på färgsystemet. Efter ommålning ser fasaden snygg ut och man kan även byta kulör vid ommålningarna. Idag används vattenburna färgsystem som man har mindre erfarenhet av än äldre beprövade lösningsmedelsburna färgsystem. Uppskattningsvis kan man idag uppnå ca 15 år som ommålningsintervall för industriellt målade P-märkt panel med kvalitetskontrollerad råvara, tillverkning och ytbehandling och toppfärg kompatibel med grundfärgen. Just nu pågår forskning om nanofärger men längre erfarenhet saknas.

Det går att lämna fasaden omålad eller enbart oljad men den kommer med tiden att bli grå och ytan nöts av väder och vind. Sprickor, speciellt vid ändträ, kan uppstå på grund av träet fuktas upp och torkar ut. Förloppet går relativt långsamt och underhållet beror på om infästningarna behöver justeras eller skadade delar bytas ut. Estetiska värdet är subjektivt, en del tycker det åldras vackert medan andra tycker att det blir fult. En obehandlad yta bör inte målas eftersom färgen inte fäster på den grå ytan. En fasad med slamfärg eller järnvitriol kan betraktas som en obehandlad fasad, dvs. får rörelser av uppfuktning och uttorkning. Om den konstruktiva utformningen är korrekt är risken för röta liten

trots bristande underhåll, vilket kan ses på många äldre byggnader. Genom att välja kärnved har man i många äldre byggnader förlängt livslängden.

Kärnved är ett miljövänligt, fuktavvisande material med små rörelser och liten sprickbildning. Det gäller kärnved av gran, furu, lärk, jättetuja (ceder), ek och flera andra träslag. Men det krävs en jämn och bra kvalitet och att det är 100 % kärnved, oavsett träslag. Det måste kunna kontrolleras i sågverk och kvalitetssäkras med t.ex. certifiering. Lärk och gran har generellt sett större kärnvedsandel än furu och därmed kan man få ett större utbyte av trädstammen. En annan kvalitetsparameter är stående årsringar för att få små rörelser och minska sprickbildning. Kärnved kan användas som panel, limträpanel eller ytterskikt i flerskiktsskiva.

Idag finns det många träprodukter på marknaden och prisbilden på dessa varierar stort. Även pris och kvalitet på vanlig obehandlad granpanel varierar. De relativt nya metoder för träskyddsbehandling och ytbehandling som finns är ofta dyra och den långsiktiga prestandan är fortfarande osäker för flertalet av produkterna eftersom de inte funnits så länge på marknaden och hur t.ex. kombinationer av impregnering och en färg fungerar. Forskning pågår och flera försök är igång och resultat är inte offentliga än.

Modifierat trä, t.ex. acetylerat och furfurylerat kan användas obehandlat utan att rötskyddet försämras och det kommer att bli grått. Tillverkarna av Kebony menar att produkterna är avsedda att lämnas obehandlade vilket med tiden ger en silvergrå patina och att ingen ytbehandling eller underhåll behövs. För träskyddsimpregnering med vattenlösliga silikater har ytbehandlingen en viktig funktion att förhindra urlakning. Det är speciellt viktigt för brandskyddsimpregnering. Brandskyddsfärgen ska också skyddas med toppstrykning och det behövs därför tätare underhållsintervall. För acetylerat trä ges lång garantitid mot röta, men materialet tillverkas inte i Sverige utan importeras.

LCC-analyserna visar att träfasadens konkurrenskraft jämfört med andra fasadmaterial såsom puts, tegel eller Cembrit-skivor beror på underhållsintervallens längd. Beroende på hur man gör uppskattningen och vilka ingående parametrar man har, underhållskrav, ränta, tidsaspekter, får man fram olika siffror. Träpaneler varierar mellan 500-1440 kr/m² beroende på trämaterial, träskyddsbehandlingar, ytbehandlingar och underhåll. Att förbättra ytbehandlingen (alt. med P-märkt panel) så att det är möjligt att förlänga ommålningsinterval från vart 15:e år till vart 20:e år och att inga ytterligare åtgärder behöver vidtas reducerar LCC till ca 760 kr/m² i stället för 870 kr/m², vilket är en åtgärd som skulle förbättra träets konkurrenskraft betydligt. En obehandlad panel av gran med minimalt underhåll är ett billigt alternativt, ca 500 kr/m², men det är inte säkert att det är estetiskt tilltalande för alla.

Träfasaden har en lägre investeringskostnad, men underhållskostnaderna kan bli större än för de andra materialen. Impregnerade och modifierade trämaterial får högre investeringskostnad än vanlig granpanel, men det är tveksamt om det i dagsläget betalar igen sig i lägre underhållskostnader. För en obehandlad Kebony-panel utan underhåll i 50 år blir LCC 660 kr/m². För de målade träfasaderna är det ytbehandlingens hållbarhet som är avgörande för underhållskostnaderna. Generellt är livslängd och underhållskostnader svåra att generalisera för fasader, eftersom de beror mycket på typ av byggnad, geografiskt läge och bedömningen när underhåll behöver utföras m.m.

Om man räknar in fönsteröppningar, knutar m.m. kan kostnaderna skilja beroende på byggnadens storlek och form, t.ex. får tegelfasader med stora fönster ökade kostnader genom balkarna över fönstret. Att genomföra ändringar i en träfasad är relativt enkelt och man kan sedan kan måla om

fasaden i samma eller en ny kulör. Därigenom ser hela fasaden enhetlig ut och kan i sådan jämförelse vara till träets fördel. Täta ommålningsintervall är negativt i LCC analysen.

oendesprinkler i byggnader medför möjlighet att använda träpanel som inte är brandskydds-behandlad på hus upp till 8 våningar, men sprinklern ger framförallt husen en ytterligare kvalitet genom att sprinklern förhindrar övertändning och därigenom kan liv räddas vid en eventuell brand som startar inomhus. Generellt kan sprinkler i bostäder betyda mer för att rädda liv än en brandskyddsbehandlad fasad, eftersom branden släcks så tidigt.

Brandskyddsimpregnerad fasadpanel kan förhindra att bränder inomhus sprider sig längs fasaden när ett fönster i lägenheten går sönder. Men brandskyddet måste vara väderbeständigt. De flesta bränder i hus startar inomhus. Brandskyddsimpregnerad fasad kan även skydda mot brand som uppstår utomhus. Speciellt de nedre våningarna kan utsättas för brand från t ex anlagda bränder i bilar eller containrar. Den nedersta våningen i högre hus ska därför vara av obrännbart material enligt Boverkets byggregeler.

För en bra fasad krävs att man tar hänsyn till materialet, ytbehandlingen, utformningen och montaget. Om det är möjligt ska man skydda eller välja material där det passar bäst. Under tak, t.ex. vid loftgångar och balkonger, kan brandskyddat trä fungera bra där det inte är utsatt för regn och det är lätt att komma åt att underhålla.

7. Referenser

- Anon. (2011). Nordiska träskyddsklasser och produktkrav för impregnerat, NTR Dokument nr 1:2011, Del 2: Gran (*Picea* spp).
- Ahmed, S. A., Morén T. (2012). Moisture properties of heat-treated Scots pine and Norway spruce impregnated with wood preservatives *Wood and Fiber Science*, 44(1) 85-93.
- Barosen A. (2008). Rapport Kostnadsjämförelser av åtta väggtyp, White, Tegelinformation Kostnadsjämförelser 19065901, 2008-08-11, www.tegelinformation.se.
- Bergman Ö., Mazur F., (1982). Fältförsök med träskyddsmedel. 1980 års revision. Svenska Träskyddsinstitutet, Nr 142.
- Bergström M., Rydell Å., Thörnqvist T. (2005). Durability and moisture dynamics of Norway Spruce (*Picea abies*) heartwood and sapwood. Proceedings of the Woodframe Housing Durability and Disaster Issues Conference, organized by the Forest Products Society, Las Vegas, Nevada, USA, October 4-6 2004.
- Bergström M., Blom Å. (2005). Above ground durability of Swedish softwood, Thesis for the degree of doctor of technology, Växjö Universitet.
- Blom Å., Bergström M. (2005). Mycologg- a new accelerated test method for wood durability above ground. *Wood science and technology*, 39, (8) 663-673.
- Blümer H., Nussbaum R. (2001). Panelbrädor med olika ytstrukturer och betydelsen av dessa för färgskiktets funktion vid utomhusexponering. Träteknik rapport nr P 0103006.
- Boverket (2011). BBR 19, BFS 2011:26, Boverkets byggregler – föreskrifter och allmänna råd. www.boverket.se.
- Brandstätter M., Buchgraber G., Neumüller A., Scheibenreiter J., Schober K. P., Spatt M., Tscheme F. (2004). *Holzfassaden, Holzforschung*, Austria, ISBN 3-9501664-7-5
- Carling O., Folin T., Jermer J., Lundström H., (1984). Träskyddshandbok, AB Svensk Byggtjänst Litteraturtjänst, ISBN 91-7332-259-8.
- Dagbro, O., Torniainen, P., Karlsson, O., Morén T. (2010). Colour responses from wood, thermally modified in superheated steam and pressurized steam atmospheres, *Wood Material Science and Engineering* 5: 211-219.
- Dang K., Baban R. (2008). En LCC och LCA analys av olika fasadmaterial – En studie med fördjupning mot Puts, Steni Colour och Tegel”, Exemensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör, Institutionen för bygg- och miljöteknik, Chalmers teknisk högskola, Examensarbetet 2008:84, 2008.
- Dieste A., Krause A., Bollmus S., Militz H. (2009). Gluing ability of plywood produced with DMDHEU-modified veneers of *Fagus* sp., *Betula* sp., and *Picea* sp., *International Journal of Adhesion & Adhesives* 29 (2009) 206– 209.
- Edlund M.-L., Jermer J., Johansson I. (2006). Fältförsök med träskyddsmedel för klass AB. Slutrapport. Resultat efter 10 års exonering. SP Träteknisk, SP Rapport 2006:45.
- Ekstedt J., Karlsson A. (2011). TILLMAN: Tillståndsvärdering av målat trä utomhus – en manual, SP Rapport 2011:65.

- Elowson T., Bergström M., Hämäläinen M. (2003). Moisture dynamics in Norway spruce and Scots pine during nine years of outdoor exposure above ground in relation to different surface treatments and handling conditions. *Holzforchung* 57, 219-229.
- Englund F. (2010a). Durability design of wooden cladding and decking – an overview of guidelines and information sources, SP Trätekt, SP Report 2010:38.
- Englund F. (2010b). Standardization related to Service Life Planning, SP Trätekt, SP Report 2010:37
- Esping B., Ahlström K., Werner S. (1981). Trämögel Etapp 1. Svenska Träforskningsinstitutet STFI - meddelande serie D nr 120.
- Esping B., Sahlin J.-G., Brander P. (2005). Fukt i trä för byggindustrin, Fuktegenskaper, krav, hantering och mätning, SP Trätekt, 157 s.
- Evans P. D., Wallis A. FA., Owen N. L. (2000). Weathering of chemically modified wood surfaces. Natural weathering of Scots pine acetylated to different weight gains. *Wood Sci. Technol.* 34(2):151-165.
- Frühwald E., Li Y. , Wadsö L. (2007). Mould growth on high-temperature dried and heat-treated Norway Spruce. Nordic Workshop on Wood Engineering, Skellefteå February 21 2007, Woodtech Sweden, www.woodtech-sweden.org, <http://epubl.ltu.se/1402-1528/2007/06/LTU-FR-0706-SE.pdf>.
- Hallenberg N., Gilert E. (1986). Mögelpåväxt på trä. Fuktkammarförsök med byggnadsvirke. SP Byggnadsfysik, SP-ET 1986:1.
- Hill C. A. S. (2011). "Wood modification: An update," *BioRes.* 6(2): 918-919.
- Hjort S. (2012). Folksam's färgtest – 4, En undersökning av funktionen hos 45 vanliga utomhusfärger, Slutrapport – 2012, Swerea IVF-rapport 12001 ISSN 1404-191X.
- Jacobsen B. (2006). Overflate- og systembehandling (Surface- and system treatment), Norsk Treteknisk Institutt, Rapport nr. 62, ISSN 0333-2020, Oslo, juni 2006.
- Johansson F., Dahlqvist P. (2009). Långsiktig lönsamhet för klimatskyddande konstruktioner, Examensarbete 2009, Byggteknik, tekniska högskolan, Högskolan i Jönköping.
- Johansson P., Jermer J., Johansson I. (1999). Fältförsök med träskyddsmedel för klass AB, Delrapport nr 1. Resultat efter 3 års exponering. SP Rapport 1999:27 Byggnadsteknik, Byggnadsfysik.
- Johansson P., Jermer J., Johansson I. (2001). Fältförsök med träskyddsmedel för klass AB, Delrapport nr 2. Resultat efter 5 års exponering. SP Rapport 2001:33 Byggnadsteknik, Byggnadsfysik.
- Karlsson O. (2009). Miljövänlig impregnering. TCN slutrapport.
- Karlsson O., Tornaiainen P., Dagbro O., Granlund K., och Morén T. (2012). "Presence of water-soluble compounds in thermally modified wood: Carbohydrates and furfurals," *BioRes.* 7(3): 3679-3689.
- Kjellow A., Imsgard F., Fernandes J., Wagner R., och Jos Delis J. (2013). Field performance of wood impregnated with siloxanes using supercritical carbon dioxide," IRG 44, Stockholm, Sweden.
- Larsson Brelid P., Jermer J., Johansson, I. (2011). Fältförsök med träskyddsmedel för klass AB. Resultat efter 15 års exponering SP-rapport 2011:70.
- Militz H., Schaffert S., Peters B.C., Fitzgerald C.J. (2011). Termite resistance of DMDHEU-treated wood, *Wood Science Technology*, 45:547-557.
- Månsson L. (2009). P-märkning av byggprodukter, Byggsystem för ytterväggar och fasader, Certifieringsregel 021

- Månsson L. (2012). P-märkning av byggprodukter, Certifieringsregel 053 – Paneler, 2009, rev 2012.
- Morsing N. (2004). Overfladevurdering af superkritisk imprægneret træ eksponeret udendørs, Teknologisk Institut, Træ, Danmark.
- Nilsson O. (2011), Träfasader – om arkitektur och teknik, licentiatuppsats, LTU, Avdelningen för träteknik, ISBN 978-91-7439-365-1.
- Norén J., Rosenkilde A., Sandberg K. (2006). Träbaserade fasadskivor, SP INFO 2006:30.
- Nystedt F., Östman B. (2012). Tekniska byten i sprinklade byggnader – Fallstudier, SP Rapport 2012:33
- Pousette A., Sandberg K., Ekstedt J. (2007). Träfasader, Handbok SP RAPP 2007:09, ISBN 91-85533-76-9.
- Pousette A., Sandberg K., Ekstedt J. (2012). Träfasader, version 2, Handbok SP RAPP 2012:69.
- Pousette A., Sandberg K. (2008). Träfasader, Guide för projektering, materialtillverkning, montage, underhåll, SP-INFO 2008:69.
- Pousette A., Johansson B., Malm, H. Sandberg K. (2011). Kontenta: P-märkt grundmålad fasadpanel, SP-INFO 2011:49.
- Qiliang Fu, Qingwen Wang, Haigang Wang, Yanjun Xie (2012). Effects of Treatments With Alcohols and N-hydroxymethyl Compound on the Mechanical Properties of Wood, Proceedings of the 55th International Convention of Society of Wood Science and Technology August 27-31, 2012 - Beijing, CHINA.
- Rapp O.A., Augusta U., Peak R.F. (2001). Facts and ideas of testing wood above ground. COST E22, Reinbek.
- Rowell M. (2005). Wood chemistry and wood composites (pp. 139-185), New York. Taylor & Francis San Diego, p 476.
- Rydell Å., Bergström M., Elowsson T. (2005a). Moisture Dynamics in Coated Norway Spruce (*Picea abies*). During Outdoor Exposure Above ground in Relation to Different Origins and Handling Conditions. Proceedings of the Woodframe Housing Durability and disaster Issue Conference organized by the Forest Products Society, Las Vegas, Nevada, USA, October 4-6, 2004.
- Rydell Å., Bergström M., Elowsson T. (2005b). Mass loss and moisture dynamic of Scots pine (*Pinus silvestris*) exposed outdoors above ground in Sweden. *Holzforchung* 59, 183-189.
- Råberg U., Edlund M-L., Terziev N., Land C.J. (2005). Testing and evaluation of natural durability of wood in above ground conditions in Europe – an overview. *Journal of Wood Science* 51, 429-440.
- Saarman E. (1992). Träkunskap, Sveriges Skogsindustrieförbund, Specialbok X-726 1992.03, ISBN 91-7322-726-9.
- Sandberg K. (2004a). Vattenabsorption och beständighet hos granvirke SP-INFO 2004:06016 (SP publikationer).
- Sandberg K. (2004b). Utomhusexponering av gran under 1,5 år, Trätek Rapport P 0401003.
- Sandberg K. (2008). Weathering of heartwood and sapwood of Norway spruce (*Picea abies*) during 5.5 years of exposure. *Wood Material Science & Engineering*, Vol 3. No 3-4, 2008.
- Sandberg K. (2009). Norway Spruce Heartwood Properties Related to Outdoor use, Doctoral Thesis, Luleå University of Technology, ISSN:1402-1544.

Sandberg D. (1999). Weathering of Radial and Tangential Wood Surfaces of Pine and Spruce, *Holzforschung* 53 (1999) 355-364.

Sandberg D. (2011). Utvändiga träfasader, Inverkan av materialval, konstruktion och ytbehandling på beständigheten hos fasader av gran och tall, Linnaeus University, Report No. 11, 2011, ISBN 978-91-86983-24-6.

Scheffer T.C. , Cowling E. (1966). Natural resistance of wood to microbiological deterioration. *Ann. Rev. Phytopathol.* 4:147-170.

Sehlstedt-Persson M., Wamming T., Karlsson O. (2010). Processanpassning för funktionsbeständiga träprodukter. Vilken roll spelar torkningen för mögelpåväxt på brädor i utomhusprodukter ovan mark?

Sehlstedt-Persson M., Wamming, T., Karlsson O., Ahmed S. A. (2011). Modern torknings inverkan på impregnerbarheten i furusplint förprojekt, TCN-slutrapport.

Terziev N., Boutelje J.B., Söderström O. (1993). The influence of drying schedules on redistribution of low-molecular sugars in *Pinus sylvestris* L. *Holzforschung* 47(1):3-8.

Theander O., Pojunman J., Boutelje J.B. (1993). Increase in the content of low-molecular carbohydrates at lumber surfaces during drying and correlations with nitrogen content, yellowing and mold growth, *Wood Sci. Technol.* 27(5):381-289.

Thelandersson S., Suttie E., Toratti T., Viitanen H., Isaksson T., Frühwald E., Grull G., Jermer J. (2011). Service life of wood in outdoor above ground applications: Engineering design guideline. Background document. Lund Institute of Technology, Lund University, Division of Structural Engineering. Report TVBK-3061, Lund 2011.

Westin M. (2004). Sunda beständiga träprodukter. Slutrapport, 2001/54-4, Träteknik Rapport L 0412031.

Wilcox W.W. (1978). Review of literature on the effects of early stage on wood decay on wood strength. *Wood Fibre* no. 9, 252-257.

Wilcox W.W. (1983). Sensitivity of the pick test for field detection of early wood decay, *Forest Product Journal*, no. 33, 29-30.

Zabel RA., Morrell JJ. (1992). Wood microbiology decay and its prevention, Academic Press, Inc., San Diego, California, USA.

Östman B., Arvidson M., Nystedt F. (2002a). Boendesprinkler räddar liv. Erfarenheter och brandskyddsprojektering med nya möjligheter, SP Rapport 2002:02007.

Östman B., Nystedt F., Arvidson M. (2002b). Boendesprinkler räddar liv, Träteknik, Kontenta 0203013, www.sp.se.

Östman B., Tsantaridis L. (2011). Durability of the Reaction to Fire Performance for FRT Wood Products in Different End Use Applications – A Ten Years Report, XII DBMC, International Conference on Durability of Building Materials and Components, Porto, Portugal, April 12th-15th, 2011.

Östman, B., m. fl. (2012). Brandsäkra trähus 3 - Nordisk-baltisk kunskapsöversikt och vägledning, SP Rapport 2012:18.

Östman B., Tsantaridis L. (2012). Brandskyddat trä – Bruksklasser, kontrollsystem och dokumenterade produkter, SP Trä, Kontenta, SP INFO 2012: 62, www.sp.se.

Standarder

- SP Fire 105. External wall assemblies and facade claddings – Reaction to fire. SP Sveriges tekniska forskningsinstitut. Rev 1994-09-09.
- SS 23 27 12:1989 Trävaror – Hyvlat virke - Tjocklek och bredd.
- SS 23 28 12:1992 Trävaror - Trälister – Mått.
- SS 23 28 13:1992 Trävaror - Spontat virke – Mått
- SS-ENV 14464: 2003, Sågat virke – Metod för bedömning av inre spänningar.
- SS-EN 927 Färg och lack – Färger och färgsystem för målning på trä utomhus – Del 1: Klassificering och urval, 1997. Del 2: Kravspecifikationer, 2006. Del 3: Testprocedur för naturlig åldring, 2007. Del 5: Bestämning av vattenpermeabilitet
- SS-EN 975-1:2009 Sågat virke – Visuellt handelssortering av lövträ – Del 1: Ek och bok.
- SS-EN 1611-1:1999 – Visuellt handelssortering av sågat virke av barrträ - Del 1: Europeisk gran, silvergran, furu, Douglas fir och lärk.
- SS-EN 1611-1:1999/A1:2002 Trävaror – Visuellt handelssortering av sågat virke av barrträ - Del 1: Europeisk gran, silvergran, furu, Douglas fir och lärk. Tillägg A1.
- SS-EN 1995-1-1:2004, Eurokod 5: Dimensionering av träkonstruktioner – Del 1-1: Allmänt – Gemensamma regler och regler för byggnader.
- SS-EN 13183-2:2004 Trävaror – Fuktmätning, Del 2 Skattning av fuktkvoten hos ett stycke sågat virke (Resistansmetoden).
- SS-EN ISO 12944-2:1998 Färg och lack - Korrosionsskydd av stålstrukturer genom målning – Del 2: Miljöklassificering.
- EN 252: (1989). Field test method for determining the relative protective effectiveness of wood preservative in ground contact.
- SS-EN 330:1993 Träskydd - Bestämning av den relativa skyddseffekten hos ett skyddsmedel för trä utomhus ovan mark – Fältprovning.
- SS-EN 113:1996, Träskydd - Bestämning av den förebyggande skyddseffekten hos träskyddsmedelmot rötsvampar – Provning.
- SS-EN 350: 994 del 1: Träskydd - Naturlig beständighet hos trä - Del 1: Anvisningar för provning och klassificering av naturlig beständighet hos trä.
- SS-EN 350:1994 del 2, Träskydd - Naturlig beständighet hos trä - Del 2: Anvisningar för bedömning av naturlig beständighet och impregnerbarhet hos ett urval av i Europa viktiga träslog.
- CEN/TS 12037:2003 Wood preservatives - Field test method for determining the relative protective effectiveness of a wood preservative exposed out of ground contact. Horizontal lap-joint method. European committee for standardisation.

- SIS-CEN/TS 15912:2012, Teknisk specifikation, Bruksklasser för brandskyddets beständighet inomhus och utomhus hos träbaserade produkter (Durability of reaction to fire performances – Classes of fire-retardant treated wood-based product in interior and exterior end use applications)
- SS-EN 13501-1:2007+A1:2009, Brandteknisk klassificering av byggprodukter och byggnadselement
- Del 1: Klassificering baserad på provningsdata från metoder som mäter reaktion vid brandpåverkan, 2009
- SS-EN 14915:2006, SS-EN 14915:2006/AC:2007, Träpaneler – Egenskaper, provning och kontroll samt märkning
- SS-EN ISO 14040:2006, Miljöledning – Livscykelanalys – Principer och struktur (ISO 14040:2006)

Webbsidor

www.accoya.com

www.basf.com

www.bergstimber.se

www.boverket.se

www.brandskyddattra.info

www.byggssystem.knaufdanogips.se,

www.byggstjanst.se

www.cembrit.se

www.dold-estonia.com

www.ecobuild.se.

www.fsc.org

www.heatwood.se

www.ingarp.se

www.ivarssonsverige.se

www.kebony.com

www.kemi.se

www.linotech.se

www.martinsons.se

www.moelven.se

www.muenchinger-holz.de/pdfs-en/Product_Properties_1004e.pdf

www.ntr-nwpc.com

www.organowood.com

www.pefc.org

www.sioo.se

www.sis.se

www.sp.se

www.storaenso.com

www.superwood.dk

www.svenskttra.se

www.teknos.se

www.thermowood.fi/data.php/200312/795460200312311156_tw_handbook.pdf

www.timbersilwood.com

www.traguiden.se

www.traskydd.com

www.upm-kymmene.com

www.wood.teknos.se/?pageid=H14374

www.woodbuild.se

www.woodsafese.se

www.wsj.fi

Bilaga 1. LCC-beräkningar

Förutsättningarna för LCC-beräkningarna beskrivs i tabell 1 och tabell 2, och de kostnader och underhållsintervall som ingår i LCC-beräkningarna framgår av tabell 3. Investerings- och underhållskostnader för fasadmaterialet 1-5 har tagits från Consultecs kalkylprogram BidCon, med viss komplettering när det gäller Cembrit-skivorna. För alla material har samma typ av omkostnader medtagits för arbetet, men ytterligare omkostnadspålägg är ofta också inräknade i olika kalkyler. För fasadmaterialet 6-10 har materialkostnaden uppskattats utifrån insamlade data och uppgifter som redovisas i denna rapport. Arbetskostnader m.m. har antagits lika som för vanlig träpanel.

De redovisade kostnaderna avser en fasadyta utan fönster, dörrar, hörn eller liknande avbrott. Det är många omständigheter som påverkar investeringskostnaden, såsom byggplatsen, byggmetoden, val av material och utförande, utformningen av t.ex. fönsteröppningar, graden av förtillverkning m.m. Om man räknar in fönsteröppningar, knutar m.m. kan kostnaderna skilja beroende på byggnadens storlek och form, t.ex. tegelfasader med stora fönster får ökade kostnader genom balkarna över fönstren.

Tabell 1. Investeringskostnader (per m² fasad)¹

Fasadmaterial	Material (kr)	Arbete ² (kr)	Omkostn. ³ (kr)	Målning (kr)	Totalt (kr)
1.Trä, lockpanel, grundmålad	200	257	69	90	616
2.Trä, lockpanel, slamfärg	165	257	67	62	551
3.Puts (tunnputs på skiva)	290	264	72		626
4.Tegel 120 mm	521	304	96		921
5.Cembrit-skivor	450	330	99		879
Nya material/behandlingar					
6. Brandskyddsimpregnerat trä, lockpanel, grundmålad	367	257	75	90	789
7. Trä, lockpanel, brandskyddsfärg (grund)	230	257	70	90	647
8. Acetylerat trä, enkelfas, målad	706	165	71	90	1032
9. Furfurylerat trä, enkelfas,	406	165	57		628
10. Trä, enkelfas, Cumaru	667	165	71		903
Övrigt					
Boendesprinkler ⁴					250

¹Fasadmaterial utanför utvändigt gipsskiva i en träregelvägg ingår, t.ex. läkt och panel för en träfasad

²Arbetskostnad är beräknad med kostnaden 330 kr/tim

³Omkostnader: Arbetsledning, div. maskiner, förbrukningsmaterial

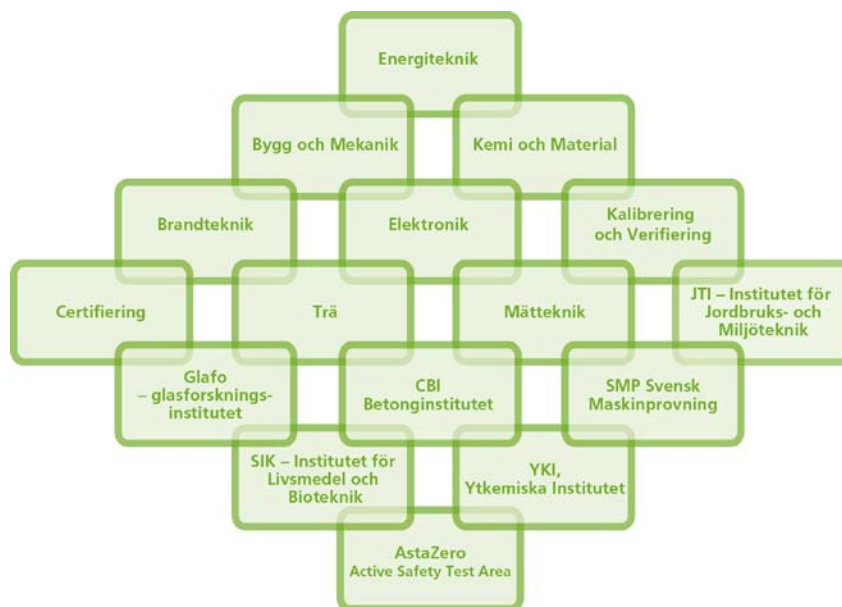
⁴Investeringskostnad sprinkler: 200 kr/m² boyta, dvs. ca 250 kr/ m² fasad för hus med mått 28 m x12 m

Tabell 2. Kostnader och underhållsintervall i LCC-beräkningarna (per m² fasad)

Fasadtyp	Material/åtgärd	Kostnad (kr)	Intervall (år)
1. Trä, lockpanel, grundmålad	Investering	616	
	Ommålning	215	15
	Utbyte 10%	107	30
2. Trä, lockpanel, slamfärg	Investering	551	
	Ommålning	156	10
	Utbyte 10%	107	30
3. Puts (tunnputs på skiva)	Investering	626	
	Ommålning	160	20
	Lagning 20 %	100	40
4. Tegel 120 mm	Investering	921	
	Omfogning 10%	132	30
5. Cembrit-skivor	Investering	879	
	Utbyte 10%	139	20
6. Brandskyddsimpregnerat trä, lockpanel, grundmålad	Investering	789	
	Ommålning	215	10
	Påbättring 50 %	107	5
	Utbyte 10%	107	30
7. Trä, lockpanel, brandskyddsfärg (grund)	Investering	647	
	Ommålning	215	10
	Påbättring 50 %	107	5
	Utbyte 10%	107	30
8. Acetylerat trä, enkelfas, målad	Investering	1032	
	Ommålning	215	20
9. Furfurylerat trä, enkelfas,	Investering	628	
	Utbyte 10%	103	30
10. Trä, enkelfas, Cumaru	Investering	903	
	Utbyte 10%	103	30

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Vi arbetar med innovation och värdeskapande teknikutveckling. Genom att vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling har vi stor betydelse för näringslivets konkurrenskraft och hållbara utveckling. Vår forskning sker i nära samarbete med universitet och högskolor och bland våra cirka 10000 kunder finns allt från nytänkande småföretag till internationella koncerner.



CBBT/Södra Timber
Skogsudden
351 89 Växjö
Tel. 0470-89 000

www.cbbt.se



TräCentrum Norr (TCN)
LTU-Skellefteå
931 87 Skellefteå
Tel: 0910-58 53 00

www.ltu.se/ske/tcn

En investering för framtiden



EUROPEISKA
UNIONEN
Europeiska
regionala
utvecklingsfonden



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Borås, Skellefteå, Stockholm, Växjö
Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02
E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se

www.sp.se

Mer information om SP:s publikationer: www.sp.se/publ

SP Trä

SP Rapport 2013:21 Rev.

ISBN 978-91-87461-06-4

ISSN 0284-5172

Om TräCentrum Norr

TräCentrum Norr finansieras av de deltagande parterna tillsammans med medel från Europeiska Regionala Utvecklingsfonden (Mål 2), Länsstyrelsen i Norrbottens län samt Region Västerbotten.

Deltagande parter i TräCentrum Norr är: Lindbäcks Bygg AB, Holmen Timber, Martinsons Trä AB, SCA Forest Products AB, Norra Skogsägarna, Setra Group AB, Sågverken Mellansverige, SÅGAB, Sveaskog AB, Luleå tekniska universitet, Skellefteå kommun och Piteå kommun.

En investering för framtiden



EUROPEISKA
UNIONEN
Europeiska
regionala
utvecklingsfonden