

Fleretagers træhuse Brandforhold

Notatet er udarbejdet under InnoBYG spireprojektet:
Fleretagers træhuse i Danmark
– Er det muligt og hvad mangler?

Forfattere:
Anders Dragsted, Frank Markert,
Finn Larsen, Peder Fynholm

Version: 1.0

Dato: 27. februar 2017
Projektforløb: januar 2016 – december 2016

Notatet er udarbejdet af:



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Notatet er udarbejdet for:



Forord

Projektlederen vil gerne takke alle deltagende partnere og virksomheder i projektet for deres indsats til afdækning af emnet samt InnoBYG for finansiel støtte til gennemførelsen.

Uddrag fra dette notat må ikke gengives på nogen form uden skriftligt samtykke fra Teknologisk Institut.

For spørgsmål i relation til dette notat, kontakt venligst:

Peder Fynholm

Sektionsleder, Teknologisk Institut

Telefon: +45 7220 2333

Email: pfy@teknologisk.dk

Betingelser for brug af *Fleretagers træhuse - Brandforhold* og ansvarsfraskrivelse

Fleretagers træhuse - Brandforhold stilles gratis til rådighed for brugeren. Indholdet i *Fleretagers træhuse - Brandforhold* er tænkt som generel information for branchefolk inden for byggeriet og kan på ingen måde sidestilles med rådgivning. Brugeren opfordres i alle tilfælde til at undersøge og vurdere, om professionel rådgivning er nødvendig.

InnoBYG fraskriver sig ethvert ansvar for tab, skader eller ulempe, både direkte og indirekte af enhver art, der skyldes eller er en følge af brugen *Fleretagers træhuse – Brandforhold*.

InnoBYG fraskriver sig ethvert ansvar for fejl, udeladelser og mangelfulde opdateringer, der måtte være i *Fleretagers træhuse - Brandforhold*. InnoBYG giver ingen garanti af nogen art, heller ikke for anvendelighed eller egnethed til et bestemt formål eller for rigtigheden eller fuldstændigheden af *Fleretagers træhuse – Brandforhold's* indhold. Anvendelsen af *Fleretagers træhuse – Brandforhold* sker på brugerens eget initiativ og skaber i intet tilfælde et retsforhold mellem InnoBYG og brugeren.

InnoBYG har alle immaterielle rettigheder til hele indholdet i *Fleretagers træhuse – Brandforhold*.

1. Indhold

2. Introduktion	4
3. Baggrund	5
4. Brandteknisk dokumentation af fleretagers byggerier med bærende trækonstruktioner	6
Historik	6
Gældende lovkrav	6
Beregning af bæreevne	8
Fokuspunkter ved fleretagers byggerier	10
5. Brandskader i fleretagers træhuse	13
6. Redningsberedskabets indsats	15
7. Eksempler på fleretagers byggerier	16
Internationale eksempler	16
Brandsikring i opførelsesperioden	17
8. Konklusion	18
Bilag 1: Uddrag fra ”Eksempelsamling om brandsikring af byggeri” (EEB)	19
Bilag 2: Metoder til brandsikring af bærende trækonstruktioner	22
Bilag 3: Huskeseddel ift. brandforhold og fleretagers træhusbyggeri	26

2. Introduktion

Dette notat er udarbejdet som del af InnoBYG spireprojektet: Fleretagers Træhuse i Danmark – Er det muligt og hvad mangler?

Det overordnede mål med projektet er, at skabe et langsigtet fundament for større anvendelse af træ i fleretagers byggeri i Danmark og gøre træ til et mere naturligt valg for byggeriets parter i forhold til fleretagers byggerier, end det er i dag.

Projektdeltagerne har gennem egen erfaring, litteratur, workshops, interviews, nationale og internationale studieture samlet viden om mulighederne og udfordringerne ved at anvende træ i fleretagers byggeri. Resultaterne af dette arbejde er samlet i notater forfattet af forskellige aktører deltagende i InnoBYG spireprojektet. Projektet er udført i et samarbejde mellem Teknologisk Institut (DTI - projektleder), Danmarks Tekniske Universitet (DTU), Dansk Brand- og Sikringsteknisk Institut (DBI) samt en række virksomheder og brancheorganisationer med relation til byggebranchen. Projektet er forløbet i perioden januar 2016 – december 2016.

3. Baggrund

I forbindelse med aktiviteterne i InnoBYG spireprojektet ”Fleretagers Træhuse i Danmark – Er det muligt og hvad mangler?” er brand ofte blevet fremhævet som en væsentlig udfordring. Brand og brandsikring opfattes som én af de væsentligste barrierer for større udbredelse af træbyggeri, specielt i flere etager. Og det er en udbredt opfattelse i byggebranchen, at der er lovkrav, der hindrer anvendelsen af træ som bærende konstruktion i fleretagers byggerier. Det er vigtigt at pointere, at der IKKE er lovmæssige begrænsninger for at bygge træhuse i Danmark, som er højere end 4 etager.

Ofte refereres der meget generelt til begrebet ”træbygning”. Men når man skal forholde sig til en bygnings brandsikkerhed, er det væsentligt at gøre sig klart, om træet skal anvendes som bærende bygningsdele eller som overflader (fx indvendig eller udvendig beklædning) eller som begge dele. Ofte har bygherre eller designer et ønske om, at bærende trækonstruktioner er synlige, og så udgør træelementerne selvfølgelig både den bærende konstruktion og en andel af bygningens overflader. Men det er væsentligt at have for øje, at trækomponenter i den bærende struktur *ikke nødvendigvis* skal være synlige.

I nærværende notat fokuseres der på træ som bærende konstruktion. Argumentationen omkring de bærende trækonstruktioner kan dog til dels overføres til brandsektionsadskillende vægge og etageadskillelser. Især når der anvendes massive træelementer som eksempelvis CLT¹, hvor træelementerne kan indgå både som bærende og brandadskillende konstruktion.

I de senere år er der uden for Danmarks grænser sket en udvikling af tekniske løsninger, der gør det muligt at bygge relativt høje bygninger, hvor træ helt eller delvist udgør de bærende konstruktioner. Samtidig går udviklingen inden for brandsikring af træbaserede bygninger hurtigt. Teknologier til design af brandsikre træbygninger er derfor til rådighed og efterhånden også afprøvet i fuld skala mange steder i Verden.

”Det er vigtigt at pointere, at der IKKE er lovmæssige begrænsninger for at bygge træhuse i Danmark, som er højere end 4 etager.”

I nærværende notat gives en kort gennemgang af danske regler og anvisninger vedrørende brandforhold for byggeri med bærende konstruktioner af træ. Desuden gennemgås de forskellige generelle metoder, der kan anvendes til at dokumentere brandsikkerheden for en bygning med bærende trækonstruktioner.

¹ Læs evt. mere om CLT i notat – Fleretagers træhuse - State of the art.

4. Brandteknisk dokumentation af fleretagers byggerier med bærende trækonstruktioner

Historik

Der er sandsynligvis flere faktorer, der ligger til grund for at brand opfattes som en barriere for træbyggeri i Danmark. Men først og fremmest har lovgivning – og dermed også byggetraditionen – i Danmark i flere hundrede år udviklet sig i retning af mindre og mindre anvendelse af brændbare materialer, herunder træ og træbaserede byggevarer. Denne udvikling har for så vidt været berettiget, idet den udspringer af erfaringer fra historiske hændelser med store tab af menneskeliv og værdier. Her er det formentlig de store brande i København i 1700-tallet, der har haft størst betydning i Danmark, men mange andre lande har været gennem en tilsvarende udvikling pga. store brandhændelser.

De tidlige bygningsreglementer – først lokalt for de store byer, sidenhen et nationalt reglement – foreskrev anvendelse af teglsten og andre ubrændbare materialer til visse kritiske bygningsdele, mens der til mindre kritiske bygningsdele var foreskrevet træ. Dette blev i nyere tid ”oversat” til brandtekniske klassifikationer, der ikke tager udgangspunkt i bestemte materialer, men i stedet definerer de ønskede egenskaber. Fx blev kravene til brandadskillende vægge af teglsten oversat til BS 60 (BrandSikker i 60 minutter). I årene efter år 2000 blev de fælleseuropæiske brandklassifikationer implementeret, men uden at Bygningsreglementets funktionskrav til byggevarer blev væsentligt ændret. BS 60 blev ”oversat” til EI 60 A2-s1,d0 (brandadskillende konstruktion) eller R 60 A2-s1,d0 (bærende konstruktion), hvorved kravene i Bygningsreglementet om anvendelse af ubrændbare konstruktioner i praksis forblev uændrede. Ved overgangen til funktionsbaserede brandkrav i 2004 blev disse klassifikationsbetegnelser – sammen med stort set alle de andre præskriptive krav til brandsikring – slettet fra Bygningsreglementet og er dermed ikke længere at betragte som formelle krav.

”Indførelsen af de funktionsbaserede brandkrav betød at tidligere tiders præskriptive krav til brandsikring blev slettet fra Bygningsreglementet og dermed ikke længere kan betragtes som formelle krav.”

Gældende lovkrav

Alt byggeri i Danmark er reguleret af Bygningsreglementet 2015 (BR15), hvori kravene til bygnings brandsikring er placeret i kapitel 5. Disse krav har siden 2004 været funktionsbaserede, dvs. der er i BR15 ingen specifikke krav til hvordan brandsikringen i et givet byggeri skal udføres. I stedet er der angivet en række funktionskrav som illustreret ved nedenstående uddrag.

BR15, kap. 5.3, stk. 1: Byggevarer og bygningsdele skal udføres, så personer i eller ved bygningen kan bringe sig i sikkerhed på terræn i det fri eller et sikkert sted i bygningen, og så redningsberedskabet har mulighed for redning af personer og sikre acceptable forhold for dyr samt for slukningsarbejde.

Ved ansøgning om byggetilladelse for et konkret byggeri er det således op til bygherre og dennes rådgivere, at dokumentere at bygningens brandsikkerhedsniveau svarer til funktionskravene i BR15. Brandsikkerheden kan dokumenteres vha. principperne for *brandteknisk dimensionering* eller ved at udføre bygningen iht. et sæt af generelle og alment accepterede løsninger (ofte kaldet *præskriptive løsninger*).

Formelt set er det bygherres ansvar at fremlægge den nødvendige dokumentation for en bygnings brandsikkerhed ved ansøgning om byggetilladelse. I praksis lægges ansvaret over til de projekterende rådgivere, til en totalentreprenør eller i visse tilfælde til byggematerialeleverandører, hvis der er tale om funktionsudbud. Det sidste er fx ofte tilfældet med præfabrikerede betonelementer.

I forbindelse med udstedelse af byggetilladelse er det den stedlige kommunes byggesagskontor, der vurderer, om den brandtekniske dokumentation i tilstrækkeligt omfang belyser kapitel 5 i Bygningsreglementet. I mange kommuner fungerer det lokale brandvæsen som konsulent for byggesagskontoret, men brandvæsenet er ikke myndighed for de byggetekniske forhold – herunder brandsikring – med mindre bygningen anvendes til brandfarlig virksomhed eller oplag. I skrivende stund arbejder Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen på etablering af en certificeringsordning, der vil gøre det muligt for private aktører at varetage byggesagsbehandlingen af bl.a. de brandtekniske forhold.

Ved brandteknisk dimensionering foretages en holistisk vurdering af hele bygningens brandsikkerhed, hvor alle elementer af brandsikringen indgår; aktive anlæg (fx sprinkleranlæg og brandalarmanlæg), passive tiltag (fx brandadskillende vægge og brandbeskyttelse af konstruktioner), flugtvejsforhold og adgang for brandvæsenet. Vurderingen tager udgangspunkt i bygningsreglementets funktionskrav om, at mennesker og dyr skal reddes, samt at brandvæsenet skal have forsvarlige muligheder for redning og slukning. Derudover kan der være specielle krav om fx sikring af værdier, bevaringsværdig kultur, kritisk infrastruktur eller miljøpåvirkning.

Ved brandteknisk dimensionering vil det ofte være nødvendigt, at anvende beregningsværktøjer til fx estimering af brand- og røgspredning eller evakueringsstid i bygningen. Beregningerne kan fx anvendes til, at estimere om personer i en bygning udsættes for kritiske forhold (fx høj røgtæthed eller temperatur), inden de er evakueret til sikkert sted. Acceptkriterier for kritiske forhold er angivet i ”Information om brandteknisk dimensionering” (IBD), udgivet af Erhvervs- og Boligstyrelsen, 2014.

Da bygningsreglementets brandkrav i 2004 blev ændret til at være funktionsbaserede, valgte man at bevare de præskriptive krav fra reglementet i en selvstændig publikation kaldet ”Eksempelsamling om brandsikring af byggeri” (EBB). Anvisningerne i EBB er materialeneutrale, dvs. det er ikke beskrevet, hvordan fx en væg skal udføres. I stedet kan der for en given væg fx være anbefaling om 60 minutters brandmodstandsevne, begrænset antændelighed af overfladen eller anvendelse af ubrændbare materialer til den bærende struktur. Det er ikke et krav, at man anvender anvisningerne i EBB, men hvis man vælger at følge anvisningerne i forbindelse med et konkret byggeri, vil man normalt ikke blive mødt med krav om yderligere dokumentation for bygningens brandsikkerhed. Det skal bemærkes, at EBB kun gælder for ”traditionelle bygninger”, hvor gulv i øverste etage er maksimalt 45 m over terræn.

”Det er kun såfremt EEB anvendes som dokumentation for brandsikkerheden, at bygninger over 4 etager ikke kan opføres med bærende trækonstruktioner”

Det er den generelle opfattelse, at bygninger over 4 etager (gulv i øverste etage er over 9,6 m over terræn) ikke kan opføres med bærende trækonstruktioner i Danmark. Dette forhold gør sig imidlertid kun gældende såfremt EBB anvendes som dokumentation.

Tabel 1 giver et overblik over de forskellige metoder, der kan anvendes ved dokumentation af brandsikkerheden i bygninger, der skal opføres i Danmark.

Tabel 1: Metoder til brandteknisk dokumentation.

Funktionskrav		"Byggevarer og bygningsdele skal udføres, så personer i eller ved bygningen kan bringe sig i sikkerhed på terræn i det fri eller et sikkert sted i bygningen, og så redningsberedskabet har mulighed for redning af personer og sikre acceptable forhold for dyr samt for slukningsarbejde." [BR15, kap. 5.1, stk. 1]		
Dokumentationsmetode	Præskriptivt	Eksempelsamlingens anvisninger følges 100 % (Eks: Bygningsdel klasse R 60 A2-s1d0)		
	Funktionsbaseret (Fire Safety Engineering)	Løsninger udføres så de efterlever <i>hensigten</i> med Eksempelsamlingens anvisninger (Eks: Eksempelsamlingen anviser bygningsdel klasse R 60 A2-s1,d0. Bærende konstruktioner udføres som R 60, hvor brændbare materialer ikke udsættes for "kritisk temperatur" inden for de første 60 minutter af brandforløbet) LAVT niveau af dokumentation	Komparativ analyse af at den anvendte løsninger medfører samme risikobillede som Eksempelsamlingen (Eks: Den ønskede løsning medfører samme tid til kritiske forhold som hvis bygningen var udført jf. Eksempelsamlingens anvisninger) MELLEM niveau af dokumentation	Fuld brandteknisk analyse med anvendelse af absolutte værdier for acceptkriterier vedr. røglagshøjde, røgdensitet, temperatur m.m. HØJT niveau af dokumentation

I praksis anvendes ofte en kombination af brandteknisk dimensionering og præskriptive anvisninger. Dvs. der tages udgangspunkt i EBB's præskriptive løsninger, og for de forhold, hvor der afviges fra EBB, udføres der kompenserende tiltag, der fastlægges ved fagkyndig vurdering eller ved beregning iht. principperne om brandteknisk dimensionering.

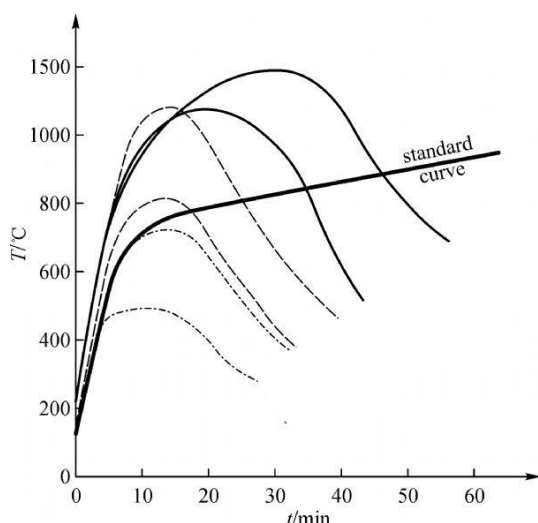
Såfremt anvendelse af træ i fleretagers byggerier skal blive et mere naturligt valg blandt byggebranchens parter, vil det kræve at der etableres et mere ligeværdigt udgangspunkt ift. den brandtekniske dokumentation af brændbare og ubrændbare konstruktioner. Det vil eksempelvis kræve en mere omfattende omskrivning af Eksempelsamlingen og gentænkning af sikkerhedsniveauet, således at der i eksempelet kommer eksempler på, hvordan den brandtekniske dokumentation kan etableres, når træ indgår som konstruktionsmateriale i byggerier over 4 etager.

Beregning af bæreevne

Ved dokumentation af en konkret trækonstruktions bæreevne under brand kan der anvendes brandtest eller beregning – eller en kombination af brandtest og beregning. Uanset om der anvendes brandtest eller beregning, skal der fastlægges en relevant brandkurve, der beskriver hvilket temperaturforløb konstruktionen udsættes for i et bestemt tidsrum. Som regel anvendes "standardbrandkurven", også kaldet "ISO-kurven", som er et

referencebrandforløb, der kan anvendes til sammenligning mellem forskellige materialer. Ved anvendelse af standardbrandkurven kan en given konstruktion opnå en brandmodstandsevne-klassifikation i et givent tidsrum, fx R 60.

I BR15, kap. 5.3, stk. 1 (vejledningsteksten) er det angivet, at der ved dokumentation af brandmodstandsevne kan anvendes såkaldte ”parametriske brande” som alternativ til standardbrandkurven. Et parametrisk brandforløb tager udgangspunkt i den konkrete bygning, og beregnes via tre faktorer der er væsentlige for en brands udvikling; 1) ventilationsforholdene (åbninger vs. omsluttende overfladeareal), 2) brandbelastningen og 3) de omsluttende overfladers termiske inertie (dvs. hvor meget energi der optages af bygningskonstruktionerne). Som brandbelastning anvendes ofte tabelværdier med udgangspunkt i den aktuelle bygnings anvendelse. Dog skal der også tages højde for brandværdien af brændbare byggematerialer såfremt de udgør et væsentligt overfladeareal. Figur 1 illustrerer standardbrandkurven samt eksempler på forskellige parametriske brandforløb.



Figur 1: Eksempler på parametriske brandforløb sammenlignet med standardbrandkurven.

Ved fastlæggelse af parametriske brandforløb til dokumentation af brandmodstandsevnen for bærende trækonstruktioner er det væsentligt at vurdere, om trækonstruktionerne skal medregnes som en del af brandbelastningen, alt efter om trækonstruktionerne har et brandbeskyttelsessystem eller ej.

Den parametriske brand udmærker sig ofte ved at have en lavere maksimum-temperatur og måske et kortere brandforløb end ved en standardbrandkurve, hvilket f.eks. ses for de nederste to kurver på Figur 1. Dette betyder, at temperaturudviklingen gennem et brandbeskyttelsessystem vil være lavere og gå langsommere, hvorved systemet kan beskytte de bagvedliggende konstruktioner længere og bedre.

Som en del af en funktionsbaseret brandteknisk analyse kan det vise sig nødvendigt, at installere automatisk sprinkleranlæg i bygningen for at begrænse brandudviklingen – og dermed forlænge tiden til kritiske forhold – hvis de bærende trækonstruktioner fremstår synlige. I Danmark er det dog ikke tilladt, at medregne effekten af sprinkleranlægget ved dimensionering af de bærende konstruktioner. Det vil sige, at selvom sprinklingen holder rumtemperaturerne under antændelsestemperaturen for trækonstruktioner, så skal der alligevel regnes med en udviklet brand (uden sprinklingens virkning).² Derved virker en fastholdelse af bæreevnekravet i et brandforløbet som en redundant løsning i forhold til en svigtende sprinkler.³ I andre europæiske lande, fx Storbritanien, kan kravet til konstruktionernes brandmodstandsevne reduceres, hvis bygningen sprinkles, hvilket indirekte betyder, at de har en væsentlig større tillid til sprinklingens egenskaber.

Når der anvendes parametrisk brandforløb, skal det ligeledes fastlægges, hvor lang tid trækonstruktionen skal eksponeres for brand. I princippet er det muligt at regne med ”total udbrænding”, dvs. hvor al brandbelastning i det pågældende rum er udbrændt, men det vil i mange tilfælde være alt for konservativt. For at efterleve Bygningsreglementets brandkrav vil det være tilstrækkeligt, at dokumentere bæreevnen – med en vis sikkerhedsmargin – i det tidsrum der er nødvendigt for evakuering af bygningen og for at redningsberedskabet kan trænge ind i bygningen og foretage personredning/slukning.

² EN 1991-1-2 Anneks E omhandlende reduktion af brandbelastning, når sprinkling er installeret, gælder ikke i Danmark jf. EN 1991-1-2 DK NA:2014.

³ Vedr. Redundans henvises til Information om Brandteknisk Dimensionering (IBD), Bilag 1.

Til dokumentation af brandmodstandsevnen – bærende såvel som brandadskillende – kan der hentes inspiration i følgende kilder:

- 1) Fire Safety Challenges of Tall Wood Buildings – Phase 2: Task 1 - Literature Review FINAL REPORT BY: Daniel Brandon and Birgit Östman, SP Technical Research Institute of Sweden Stockholm, Sweden, September 2016
- 2) STRUCTURAL TIMBER, ENGINEERING BULLETIN, Fire safety in timber buildings, www.structuraltimber.co.uk
- 3) Proceedings of the Joint Conference of COST Actions FP1402 & FP1404, KTH Building Materials, 10.3.2016, Cross Laminated Timber – A competitive wood product for visionary and fire safe buildings
- 4) Full Scale exterior Wall Test on Nordic Cross-laminated Timber System, Eric Gibbs and Joseph Su, Fire Safety, Construction Portfolio, National Research Council Canada
- 5) DS/EN1995-1-2 Brand

Fokuspunkter ved fleretagers byggerier

Hvad enten man bygger lavt eller højt byggeri, er det i princippet de samme brandmæssige forhold, der skal dokumenteres. Dog stiger kompleksiteten for især evakuering og redningsberedskabets indsats med stigende bygningshøjde. Og jo længere tid der er nødvendig for evakuering og indsats, jo længere brandmodstandsevnetid vil det være nødvendigt at kræve af de bærende konstruktioner. Denne sammenhæng gælder dog uanset om de bærende konstruktioner er brændbare eller ubrændbare og gælder således ikke specifikt for trækonstruktioner.

Konsekvensen ved brand i en høj bygning vil alt andet lige være større end for en lav bygning. For at opnå samme brandsikkerhedsniveau (risikobillede) i en høj bygning kan det derfor være nødvendigt at indbygge større robusthed i de brandtekniske løsninger. Robustheden kan fx tænkes ind i valget af sikkerhedsmargener (fx længere brandmodstandsevnetid) eller i valget af brandsikringstiltag (fx kombination af passive og aktive brandsikringstiltag). Dette forhold er uafhængigt af materialevalget.

”Der vil ikke være større brandtekniske udfordringer ved at bygge høje huse med bærende konstruktioner af træ sammenlignet med materialer som beton og stål”

Det er forfatterens vurdering, at der ikke er nogen større brandtekniske udfordringer ved at bygge høje huse med bærende konstruktioner af træ (sammenlignet med andre materialer som beton og stål), så længe trækonstruktionerne beskyttes af et til formålet egnet passivt brandbeskyttelsessystem. Udfordringerne ligger derfor primært i at dokumentere tilstrækkelig brandsikkerhed, hvis trækonstruktionerne skal fremstå synlige (og dermed uafdækkede).

Uanset valget af metode for brandteknisk dokumentation (jf. Tabel 1) anbefales det, at der lægges særlig fokus på følgende forhold, når der anvendes synlige bærende trækonstruktioner i fleretagers bygninger:

Tabel 2: Fokuspunkter ved brandsikring af fleretager bygninger med bærende trækonstruktioner. Tabellen er ikke udtømmende og beskriver risici og afhjælpende tiltag, som også er gældende for andre typer bygningsmaterialer.

Forhold	Beskrivelse af risici	Eksempler på afhjælpende tiltag
Risikoen for personer i rummet, hvor branden opstår	Ubeskyttede træoverflader vil bidrage til brandens udvikling og kan potentielt medføre en kortere tid til der opstår kritiske forhold og overtænding i rummet.	Brandimprægnering kan medvirke til at reducere træets energibidrag i det tidlige brandforløb. Dog kan brandimprægnering medvirke til øget røgproduktion. Energibidrag fra træets overflader kan ligeledes reduceres ved at installere et sprinkleranlæg. Vandet vil køle røggasserne, hvorved varmetilførslen til træet reduceres væsentligt.
Risikoen for personer i øvrige rum i bygningen	Hvis en brand får mulighed for at udvikle sig, vil der på et tidspunkt ske gennembrænding i de svageste bygningsdele, hvorved branden kan sprede sig til andre rum i bygningen og medføre kritiske forhold i disse. De kritiske områder for personer i bygningen er især flugtvejsgange og flugtvejstrapper. Brandspredning i bygningen kan også ske udvendigt langs facaden, især hvis facaden har brændbar overflade.	Brandadskillende konstruktioner (vægge, døre, etageadskillelser, samlingsdetaljer m.m.) kan designes til at modstå gennembrænding i et bestemt tidsrum herunder er det særligt vigtigt, at bygningens flugtvejsgange og –trapper er brandmæssigt adskilt fra øvrige rum. De brandadskillende konstruktioner kan være helt eller delvist udført af træ Et sprinkleranlæg kan medvirke til at køle både røglag og væg- og loftoverflader. Derved kan overtænding som regel undgås, hvilket væsentligt reducerer risikoen for brandspredning til andre rum i bygningen. Brandalarmanlæg kombineret med varslingsanlæg kan medvirke til hurtigere at få personer i bygningen ud i flugtvejssystemet og ud af bygningen, inden branden spreder sig fra det brandramte rum til andre rum (herunder til flugtvejene).

Forhold	Beskrivelse af risici	Eksempler på afhjælpende tiltag
Sikkerheden for redningsberedskabet	<p>For redningsberedskabets indsatsmuligheder er det især væsentligt, at indsatsvejene er fremkommelige og sikre. Normalt anvender redningsberedskabet bygningens flugtveje som indsatsveje. Hvis branden har spredt sig til flugtvejs gange og flugtvejstrapper kan det være tidskrævende eller umuligt at trænge ind og foretage slukning/redning.</p> <p>Jo højere bygningen er, des mere tid skal redningsberedskabet potentielt bruge for at bringe slukningsmandskab og –udstyr frem til branden. Bygningshøjden har også indflydelse på mulighederne for at foretage personredning og slukning via håndstiger eller motorstiger. Normalt antages håndstiger, at kunne nå vinduer hvor underkant er placeret maks. 10,8 m over terræn, mens motorstiger antages at kunne nå op til 22 m. I bygninger over 22 m skal slukning/redning baseres 100 % på indvendig indsats.</p> <p>Det er desuden væsentligt, at branden ikke har udviklet sig til et omfang, hvor den ikke kan slukkes af den slukningskapacitet som brandfolkene har til rådighed (fx tilgængeligt mandskab eller vandkapacitet). Hvis branden har spredt sig til flere rum eller etager i bygningen, reduceres mulighederne for, at branden kan bringes under kontrol.</p> <p>Utilgængelige områder i bygningen kan udgøre en særlig risiko for redningsberedskabet. Det kan fx brand hulrum eller en brand på/i facaden i en høj bygning.</p>	<p>Den måske vigtigste faktor til at sikre forsvarlige forhold for redningsberedskabets indsats er, at bygningens stabilitet opretholdes i tilstrækkeligt lang tid.</p> <p>Det skal dokumenteres, at bygningens generelle stabilitet og stabiliteten af flugtvejene/indsatsvejene kan opretholdes i fx 60, 90 eller 120 minutter afhængigt af bygningens kompleksitet. Delvist kollaps af sekundære bygningselementer kan eventuelt tillades inden for et kortere tidsrum.</p> <p>For at sikre let adgang via indsatsvejene skal disse adskilles fra bygningens øvrige rum med brandadskillende bygningsdele. Normalt anvendes bygningsdele med 60 minutters brandmodstandsevne, men det bør altid overvejes, om det er nødvendigt med længere tid.</p> <p>I høje bygninger kan der installeres stigrør for at gøre redningsberedskabets fremføring af slukningsvand til den brandramte etage lettere. Ligeledes kan brandmandselevatorer reducere redningsberedskabets transporttid i bygningen og assistere med fremføring af udstyr.</p> <p>Gennemgående hulrum med brændbare overflader skal undgås eller brandsikres, så de ikke medvirker til brandspredning.</p> <p>Facaderne skal udføres med design og materialer, der modvirker brandspredning på/i facadekonstruktionen.</p>

Ovenstående tabel kan anvendes som inspiration til den indledende designfase og dialog omkring brandstrategi for et byggeri med bærende trækonstruktioner. Både internt i projektgruppen og mellem projektgruppe og myndigheder.

5. Brandskader i fleretagers træhuse

Hovedfokus i bygningsreglementet er at sikre personsikkerhed – herunder mulighed for evakuering af personer i forbindelse med en brand. Bygningsreglementets bestemmelser omkring brand giver dog indirekte en mulighed for at værdisikre bygningen, da værdisikring og personsikkerhed er tæt knyttet. Uafhængigt af hvilket konstruktionsmateriale der anvendes i byggeriet, vil en brand i en bygning udøve skade på konstruktioner og løsøre. Hvor stor en skade en brand vil forårsage på konstruktionerne, og i hvilket omfang der er behov for skadeudbedring, er i mindre grad afhængigt af materialevalget. Selvom træ er brandbart, er træets egenskaber under og efter en brand forudsigelige til forskel fra materialer som beton og stål. Stålkonstruktioner skal som regel skal beskyttes for at bevare deres bæreevne ved brandpåvirkning. Betonkonstruktioner brænder ikke, men vil have reducerede styrkeegenskaber efter en brand. Forskelle i skadesomfang og behovet for udbedringsarbejdet efter en brand er ikke behandlet yderligere i nærværende notat.

Det skarpe fokus på brandforhold i fleretagers træhuse, gør det naturligt at se på, hvad der rent faktisk har været af brande i nogle af de lande, hvor anvendelse af træ i fleretagers huse har været praksis gennem længere tid. SP og Linköpings universitet har i 2016 udgivet en rapport⁴, hvor brandtilfælde i perioden 1994-2014 i boliger med mere end 2 etager er optalt. I netop denne periode er antallet af fleretagers huse (> 2 etager) med bærende konstruktioner i træ øget med 10.000. Fordelingen mellem boligerne er hhv. 15% i 3 etager, 55% i 4 etager, 20% i 5-etager og 10% i 6-8 etager. Fleretagers boligbyggeri med bærende konstruktioner i træ udgør i størrelsesordenen 10% af markedet. Hovedkonklusionen fra rapporten er, at antallet af brandtilfælde i fleretagers boligbyggeri med bærende konstruktioner i træ er lavere sammenlignet med den samlede mængde af fleretagers boligbyggeri. Én af forklaringerne på dette er blandt andet, at bygningerne er relativt nye og opført efter gældende brandkrav. Ud af de 10.000 bygninger er der rapporteret et enkelt (1) tilfælde, hvor branden spredte sig til hele huset. Der skete ingen personskade ved branden, men bygningen var ikke til at redde og måtte efterfølgende rives ned.

”Hovedkonklusionen fra rapporten er, at antallet af brandtilfælde i fleretagers boligbyggeri med bærende konstruktioner i træ er lavere sammenlignet med den samlede mængde af fleretagers boligbyggeri.”

I dette enkelte tilfælde blev årsagen til brandspredningen vurderet til følgende:

- Brandspredning via ventilationskanaler
- Manglende og uegnet materiale anvendt som brandstop
- Manglende brandbeskyttelse fra lofts bjælkelaget
- Manglende sektionsinddeling af loftrum
- Manglende dokumentation for brandbeskyttelsen
- Utilstrækkelig kontrol på byggepladsen

Forsikringsselskabernes erfaringer og dermed holdning til træ og brand i forbindelse med fleretagers byggerier i Danmark er af naturlige årsager ikke på nuværende tidspunkt kortlagt, men via interview med forsikringsbranchen (Forsikring & Pension) og udvalgte forsikringsselskaber, fås det indtryk at forsikringsbranchen ikke burde være en stopklods i forbindelse med valg af træ til fleretagers byggerier. Om end der i branchen er divergerende holdninger til, hvordan emnet skal håndteres. Eksempelvis vil der hos nogle

⁴ SP Rapport 2016-12 – ”Kartlægning av brandincidenter i flervåningshus med trästomme – Erfarenheter från 20 års brukande”

forsikringselskaber være en direkte sammenhæng mellem at vælge ubrændbare materialer og en opnåelse af en lav forsikringspræmie. Brandforhold er dog ikke det eneste tungtvejende argument når forsikringspræmien skal fastlægges. Andre forhold, som er uafhængige af valg af bygningsmateriale, er ligeså vigtige. I forsikringsbranchen vil fleretagers træhuse blive risikovurderet af eksperter på området og en række forhold vil blive taget i betragtning; bygningens placering, beredskabets slukningsmuligheder og udstyr, bygningens indretning osv. Som det gælder for mange andre aktører, er forsikringsbranchens kendskab til området begrænset, hvorfor det er vigtigt, at de bliver informeret og inddraget i konkrete projekter så tidligt som muligt, for at sikre at de rette løsninger bliver valgt også i relation til brand og forsikringsforhold.

6. Redningsberedskabets indsats

Redningsberedskabet tilgang til brandsikkerhed omfatter en brandrisikovurdering for brandudvikling ifm. byggesagsbehandlingen, som tager hensyn til bygningens anvendelse og etablering af sikre flugtveje for personer. Tilgangen omfatter derudover en operativ indsatsvurdering for fuldtudviklede brande. Dette gælder for alle bygninger og inkluderer fleretagers træhusbyggerier. Følgende afsnit er skrevet med input fra Beredskab Øst⁵ og Østjyllands Brandvæsen. Input er udelukkende givet med udgangspunkt i anvendelse af træ i de bærende konstruktioner, og der er ikke fokuseret på anvendelsen af træ i eksempelvis facaden. I en given bygning vil beredskabet dog foretage en brandrisikovurdering, som omfatter hele bygningens udformning.

Formålet med brandsikring af bygninger er, at minimere antal brande, begrænse brandspredningen, muliggør evakuering samt at opretholde en strukturel stabilitet, mens rednings- og slukningsarbejde udføres. Formålet vil være opfyldt, såfremt funktionskravene om brandsikkerheden og redningsberedskabernes indsatsmuligheder er overholdt. Brandsikkerhedsniveauet skal dokumenteres til byggesagsbehandlingen, særligt ved byggerier ud over hvad der er omfattet af eksempelsamlingen.

For redningsberedskabet er det helt essentielt, at kunne estimere hvordan en brændende bygning performer i løbet af en specifik brand for at anvende den bedste indsatstaktik. Denne viden baseres på materialets brandegenskaber og en viden om de brandrisici og indbyggede aktive og passive afværgeforanstaltninger i pågældende bygning. Den forudsigelige brandudvikling er en stor hjælp for at løse udfordringerne. En del af de områder som kræver målrettede foranstaltninger er ikke unikke i forbindelse med anvendelse af træ, men for fleretagers byggerier generelt, eksempler på dette kan være:

- Sammenbygning af bygningsdele herunder brandsikring af samlinger
- Sikring af brandstop mellem brandsektioner.
- Sikring mod brandspredning ved gennemføringer af ventilationsrør o.lign.
- Ulmebrand i skjulte konstruktioner
- Sikring af pålidelig røggas og branddetektion som efterfølges af:
- udløsning af alarmering for evakuering
- alarmering af beredskabet
- igangsættelse af sprinkling

I forhold til lavt byggeri, stiller fleretagers træhusbyggerier tilsvarende alle andre højhusbyggerier større krav til brandsikringen, pga. flere aspekter herunder en øget tidsforbrug til evakuering samt øgede rednings- og indsatstider. Helt generelt har man et godt kendskab til, hvordan træ og trækonstruktioner opfører sig under en brand. For de bærende trækonstruktioner er der et kendskab til indbrændingshastigheden og dermed hvor stor rest bæreevne, der findes i konstruktionen.

For at sikre at ovenstående er taget i betragtning skal der allerede ved projektering være rettet opmærksomhed på, at der udarbejdes bygbare løsninger i forbindelse med brandsikringen. Der må stilles krav til kvalitet af udført brandsikring, dvs. ligesom håndværkerne på byggepladsen skal have uddannelse og opmærksomhed på etablering af løsningerne ifølge instruktioner fra byggeledelsen, skal byggeledelsen sikre kvaliteten af udført arbejde og at de rette løsninger implementeres for de pågældende byggerier.

Der bør samtidig være fokus på dialog omkring dokumentationskravene – det er afgørende at ”brandmyndigheden” får svar på de spørgsmål de sidder med, så usikkerheden og måske uvidenhed ikke bliver styrende, når man bevæger sig ud over eksempelsamlingen. Dette vil samtidig kunne medvirke til at en eventuel risiko for ekstra langs byggesagsbehandling minimeres.

⁵ Beredskab Øst: Christian Ramm, Viceberedskabsinspektør

7. Eksempler på fleretagers byggerier

Internationale eksempler

Brandsikring af bygninger kan generelt ansues fra flere indgangsvinkler, idet der ofte kan vælges mellem forskellige passive og aktive tiltag. Som passive tiltag kan nævnes en fastlagt brandbeskyttelse, for opnåelse af en brandmodstandsevne af de bærende konstruktioner, mens aktive tiltag f.eks. kan være sprinkling eller brandventilation. Dvs. en type brandsikring kan bruges som substitut for en anden type brandsikring, f.eks. kan der for visse konstruktioner regnes med en lavere bæreevne under brand, hvis der etableres automatisk brandventilation, eller der kan i visse tilfælde vælges mellem sprinkling og brandventilation.

"I vores nabolande har man større erfaring end os med højere bygninger udført i træ. Her vælges der forskellige tilgange til brandsikring, hvilket kan eksemplificeres ved to byggerier, Dalston Lane (England) og Moholt 50|50 (Norge)."

I nogle af vores nabolande, som f.eks. England, kan der også regnes med en lavere bæreevne for konstruktionerne under brand, hvis der etableres sprinkling. Der kan som tidligere anført også anlægges forskellige betragtninger om brandforløbet, idet såvel et standardbrandforløb i en fastlagt tid (f.eks. 60 minutter) som et parametrisk brandforløb i hele brandens udstrækning kan betragtes.

I vores nabolande har man større erfaring end os med højere bygninger udført i træ. Her vælges der forskellige tilgange til brandsikring, hvilket kan eksemplificeres ved to byggerier. Det ene er opført i Dalston Lane, London, England, mens det andet er opført i Trondheim, Norge – Moholt 50|50. I en dansk kontekst vil principperne fra de to eksempler kunne benyttes, men det vil kræve en

samlet dokumentation for brandstrategien for at sikre at Bygningsreglementets funktionsbaserede brandkrav er opfyldt, da de viste eksempler ligger uden for, hvad der i dag er angivet i eksempelsamlingen.

Dalston Lane, London

Byggeriet er opført i samlet 10 etager, hvor den nederste etage er udført i beton, mens resten er udført i CLT-træelementer som bærende konstruktion, for såvel vægge som dækelementer. Byggeriet, der er opført over en togmetro, er et lejlighedskompleks med butikker i de nederste etager. Indvendigt vil alle overflader være beklædt med gipsplader, og udvendigt bliver byggeriet skalmuret. Der vil ikke være noget synligt træ i bygningen. CLT-løsningen er valgt, da der på grund af den reducerede vægt kunne bygges flere lejligheder end ved traditionelt betonbyggeri, samtidig med at CO₂-aftrykket er væsentligt mindre.



Figur 2: Dalston Lane under opførelse.

CLT-elementerne bliver beklædt med et brandbeskyttelsessystem, der opfylder en brandsikring, som kan accepteres i UK. Denne løsning er valgt som alternativ til sprinkling. I denne situation er CLT-konstruktionerne brandsikret til REI90 vha. gipspladebeklædning. I UK er der ikke specifikke krav til materialer, når blot

sikkerheden er sammenlignelig materialerne imellem. På denne måde er et passivt brandtiltag brugt som bygningens nødvendige brandsikring.

Moholt 50/50, Tromheim, Norge.



Figur 3: Studenterboliger i Trondheim under opførelse.

Byggeriet er et kollegiebyggeri opført i 5 blokke af hver 9 etager, hvor de bærende konstruktioner i den nederste etage er i beton, mens resten er i CLT-træelementer for såvel vægge som dækelementer. Norges byggelovgivning er sammenlignelig med den danske, idet der er præskriptive regler, der anviser bærende konstruktioner af ikke-brændbare materialer, når man kommer over en vis højde, svarende til byggerier over 3-4 etager. Hvis der bruges brændbare materialer til de bærende konstruktioner, skal det sikres, at der opretholdes samme sikkerhed som ved brug af ikke-brændbare materialer, dvs. der må foretages en komparativ analyse. Der blev etableret dokumentation for

denne sikkerhed ved, at der blev udført brandtests af 'mock ups', hvor man testede en lejlighedsbrand i fuld skala. Mock Up'en var med frilagte CLT- overflader. Tests med og uden sprinkling blev gennemført. Disse tests dokumenterede, sammen med meget fordelagtige data fra den lokale forsyningssikkerhed (vandforsyningssikkerhed, vandtryk mm.), at en sprinklet løsning havde samme sikkerhed som en præskriptiv løsning. På denne måde er et aktivt brandtiltag brugt som bygningens nødvendige brandsikring.

Hvis den lokale vandforsyningssikkerhed er mere almindelig, kan man forestille sig at der opnås redundans ved en kombination af passive (brandbeskyttelsessystemer) og aktive (sprinkling) brandsikringer. De passive tiltag vil derved opretholde brandsikkerheden ved et eventuelt sprinklersvigt.

"Hvis der bruges brændbare materialer til de bærende konstruktioner, skal det sikres, at der opretholdes samme sikkerhed som ved brug af ikke-brændbare materialer, dvs. der må foretages en komparativ analyse."

Brandsikring i opførelsesperioden

Brandsikring i opførelsesperioden er vigtig i ethvert projekt, da byggeriet på dette stadie ikke har opnået sin endelige form for brandsikring. I det 18-etagers træhusprojekt Brock Commons, Vancouver, Canada har man allerede fra den indledende projekteringsfase fokuseret på brandsikring i opførelsesfasen ved følgende tiltag:

- Projekterede detaljer til minimering af svejsning on-site
- Varmt arbejde kræver faglærte entreprenører og tilstedeværelse af brandovervågningspersonale
- Brandhaner placeret højst 4 etager under byggepladsetagen
- CLT etageadskillelser som beskyttes af beton på toppen og brandgips på indersiden.
- Maksimalt 4 etager med ubeskyttede trækonstruktioner
- Brandsikringsplan som godkendes af Vancouver Fire Department

8. Konklusion

Som beskrevet ovenover giver de præskriptive anvisninger i dag begrænset mulighed for anvendelsen af træ i fleretagers byggerier. Dette tolkes fejlagtigt som om, det ikke er muligt at bygge fleretagers træhusbyggerier i Danmark. I princippet er der – mht. brandsikring – ingen regulative hindringer for at anvende træ i de bærende konstruktioner på lige fod med materialer som beton og stål.

Det er dog vigtigt at man i en tidlig fase får startet en indledende dialog med brandmyndigheden for at begrænse risikoen for forlænget sagsbehandlingstid. Den indledende dialog vil kunne medvirke til at usikkerhed og måske uvidenhed ikke bliver styrende når man bevæger sig ud over eksempelsamlingen.

Adskillige eksempler fra udlandet viser, at det er muligt, at bygge høje bygninger med bærende trækonstruktioner uden at gå på kompromis med brandsikkerheden. Bygningerne er bl.a. opført i lande, der normalt anses for, at have et brandsikkerhedsniveau der er sammenligneligt med det danske. Ved projektering af et højt træbyggeri i Danmark bør man derfor indhente erfaringer fra disse projekter – både de gode løsninger og de løsninger hvor der er potentiale for optimering. Brandteknisk viden om højt træhusbyggeri kan både indeholde den overordnede brandstrategi for en bygning og mere detaljeret teknisk viden om brandbeskyttelsesmetoder, samlinger, brandstop osv.

Da erfaringerne med fleretagers træhusbyggerier i Danmark er begrænsede, er det vigtigt, at den erfaringsopsamling, der oparbejdes over de kommende år, i videst muligt omfang deles til gavn for efterfølgende projekter.

Såfremt anvendelse af træ i fleretagers byggerier skal blive et mere naturligt valg blandt byggebranchens parter, vil det kræve at der etableres et mere ligeværdigt udgangspunkt ift. den brandtekniske dokumentation af brændbare og ubrændbare konstruktioner. Det vil eksempelvis kræve en mere omfattende omskrivning af Eksempelsamlingen og gentænkning af sikkerhedsniveauet, således at der i eksempelsamlingen kommer eksempler på, hvordan den brandtekniske dokumentation kan etableres, når træ indgår som konstruktionsmateriale i byggerier over 4 etager.

Til at supplere erfaringerne fra realiserede projekter kan der også indhentes viden fra en række internationale forskningsprojekter og netværk. Her kan især fremhæves de europæiske netværk *COST Action FP1402 "Basis of Structural Timber Design"* og *COST Action FP1404 - Fire Safe Use of Bio-Based Building Products*.

Bilag 1: Uddrag fra "Eksempelsamling om brandsikring af byggeri" (EEB)







I gældende udgave af EBB er det primært følgende kapitler der anviser egenskaber for bærende trækonstruktioner:

- Kap. 3.3 Bærende bygningsdele
- Kap. 5.1.1 Indvendige overflader på væg, loft og gulv*
- Kap. 5.2.1 Udvendige overflader*
- Kap. 5.2.5 Brandsektioner

* Anvisninger vedrørende indvendige og udvendige overflader er ikke gengivet i dette notat. Der henvises til Eksempelsamlingen.

I de følgende afsnit med uddrag fra EBB er visse nuancer udeladt for at gøre oversigten mere overskuelig.

Eksempelsamlingens anvisninger tager bl.a. udgangspunkt i, hvilken anvendelseskategori der er aktuel for den pågældende bygning. Anvendelseskategorierne er defineret i BR15, kap. 5.1.1 og gengivet i nedenstående tabel.

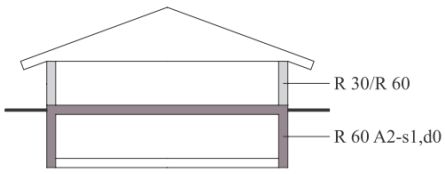
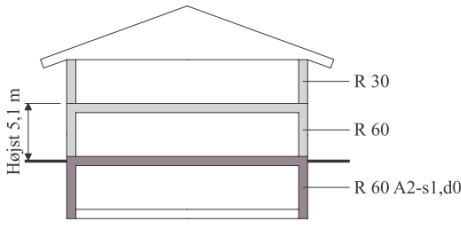
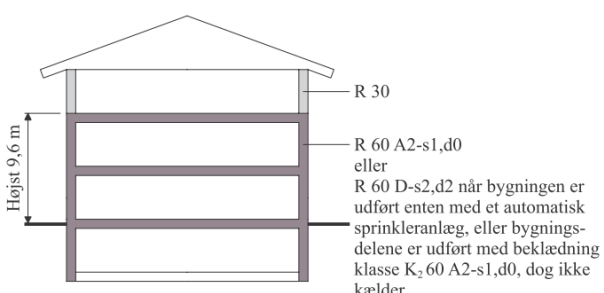
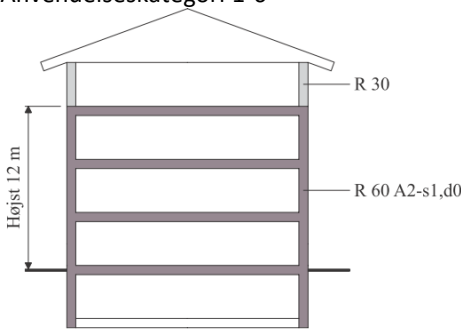
	Alle personer har kendskab til bygningsafsnittets indretning og flugtveje	Bygningsafsnittet er indrettet til dagophold/natophold	Personerne kan bringe sig i sikkerhed ved egen hjælp	Antal personer per rum, som udgør en brandmæssig enhed
Anvendelseskategori 1 	Ja	Dagophold	Ja	-
Anvendelseskategori 2 	Ikke nødvendigvis	Dagophold	Ja	≤ 50
Anvendelseskategori 3 	Nej	Dagophold	Ja	> 50
Anvendelseskategori 4 	Ja	Natophold	Ja	≤ 50
Anvendelseskategori 5 	Nej	Natophold	Ja	≤ 50
Anvendelseskategori 6 	-	Dagophold og eventuelt tillige til natophold	Nej	≤ 50

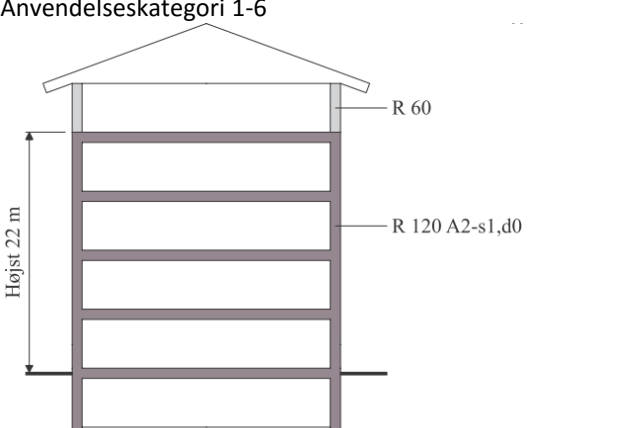
Figur 4: Oversigt over anvendelseskategorier

Bærende bygningsdele

Nedenstående tabel er en gengivelse af EBB's anvisninger vedrørende bærende konstruktioner. Der er anvendt grøn markering, hvor træ kan anvendes uden begrænsninger, gul markering hvor træ kan anvendes, når visse forhold er til stede, og rød markering hvor EBB anbefaler, at de bærende konstruktioner udføres af ubrændbare materialer, dvs. hvor træ ikke anbefales anvendt.

Bygningsdele i bygningers øverste etage		
Anvendelseskategori 1-5	Bygningsdel klasse R 30 [BD-bygningsdel 30]	
Anvendelseskategori 6 samt bygninger i flere etager, hvor højden til gulv i øverste etage er mellem 12 m og 22 m over terræn	Bygningsdel klasse R 60 [BD-bygningsdel 60]	
Etageadskillelse over kælder samt de bygningsdele, der bærer denne etageadskillelse, generelle eksempler		
Anvendelseskategori 1-6	Bygningsdel klasse R 60 A2-s1,d0 [BS-bygningsdel 60]	

Bygningsdele i bygningers øverste etage		
Bygninger i flere etager, hvor højden til gulv i øverste etage er mellem 12 m og 22 m over terræn	Bygningsdel klasse R 120 A2-s1,d0 [BS-bygningsdel 120]	
Bygninger med 1 etage (bortset fra tageadskillelse over kælder samt de bygningsdele, der bærer denne etageadskillelse, som er omfattet af ovenstående generelle eksempler)		
Anvendelseskategori 1 – 5	Bygningsdel klasse R 30 [BD-bygningsdel 30], hvis bygningen er op til 1000 m ² Bygningsdel klasse R 60 [BD-bygningsdel 60], hvis bygningen er mere end 1000 m ² I en bygning med let tagkonstruktion og med jævnt fordelt brandventilation i tagfladen kan kravene til de bærende bygningsdele i bygningen lempes. For nærmere detaljer henvises til EBB.	
		
Anvendelseskategori 6	Bygningsdel klasse R 60 [BD-bygningsdel 60]	
Bygninger i flere etager, hvor højde til gulv i øverste etage er højst 5,1 m over terræn (bortset fra bygningsdele i bygningens øverste etage og etageadskillelse over kælder samt de bygningsdele der bærer denne etageadskillelse, som er omfattet af ovenstående generelle eksempler)		
Anvendelseskategori 1-6	Bygningsdel klasse R 60 [BD-bygningsdel 60]	
		
Bygninger i flere etager, hvor højde til gulv i øverste etage er mellem 5,1 m og 9,6 m over terræn (bortset fra bygningsdele i bygningens øverste etage og etageadskillelse over kælder samt de bygningsdele der bærer denne etageadskillelse, som er omfattet af ovenstående generelle eksempler)		
Anvendelseskategori 1-6	Bygningsdel klasse R 60 A2-s1,d0 [BS-bygningsdel 60] <i>Eller</i> Bygningsdel klasse R 60 D-s2,d2 [BD-bygningsdel 60] [klasse B materiale], når bygningen er udført enten med automatisk sprinkleranlæg, eller bygningsdelene er udført med beklædning klasse K ₂ 60 A2-s1,d0 [60 minutters brandbeskyttelsessystem]	
		
Bygninger i flere etager, hvor højde til gulv i øverste etage er mellem 9,6 m og 12 m over terræn (bortset fra bygningsdele i bygningens øverste etage og etageadskillelse over kælder samt de bygningsdele der bærer denne etageadskillelse, som er omfattet af ovenstående generelle eksempler)		
Anvendelseskategori 1-6	Bygningsdel klasse R 60 A2-s1,d0 [BS-bygningsdel 60]	
		

Bygningsdele i bygningers øverste etage	
Bygninger i flere etager, hvor højde til gulv i øverste etage er mellem 12 m og 45 m over terræn (bortset fra bygningsdele i bygningens øverste etage og etageadskillelse over kælder samt de bygningsdele der bærer denne etageadskillelse, som er omfattet af ovenstående generelle eksempler).	
Anvendelseskategori 1-6	Bygningsdel klasse R 120 A2-s1,d0 [BS-bygningsdel 120]
	

Tabel 3: EBB's anvisninger vedrørende bærende konstruktioner

Som det fremgår af ovenstående tabel anbefaler EBB kun anvendelse af træ i bærende bygningsdele i bygninger op til 9,6 m, hvilket som regel svarer til 4 etager. Det er vigtigt at pointerer, at EBB ikke er lovgivning, men eksempler og at der således IKKE er lovmæssige begrænsninger for at bygge træhuse i Danmark, som er højere end 4 etager. Ubeskyttede bærende trækonstruktioner – der giver mulighed for synlige trækonstruktioner – anbefales kun op til 5,1 m, hvilket som regel svarer til 2 etager.

Bilag 2: Metoder til brandsikring af bærende trækonstruktioner

Metoder til brandsikring opdeles traditionelt i passive og aktive brandsikringstiltag.

Passive brandsikringstiltag er – lidt populært beskrevet – metoder der ikke kræver forudgående aktivering før brandbeskyttelsen opnås.

Aktive brandsikringstiltag kræver en form for branddetektering og en efterfølgende aktivering. I dette notat omtales kun vandsprinkler- og vandtågeanlæg, da det kun er denne form for aktive anlæg, der vurderes at have en beskyttende effekt på bærende trækonstruktioner i ”almindeligt” byggeri (fx kontor- og etageboligbyggeri).

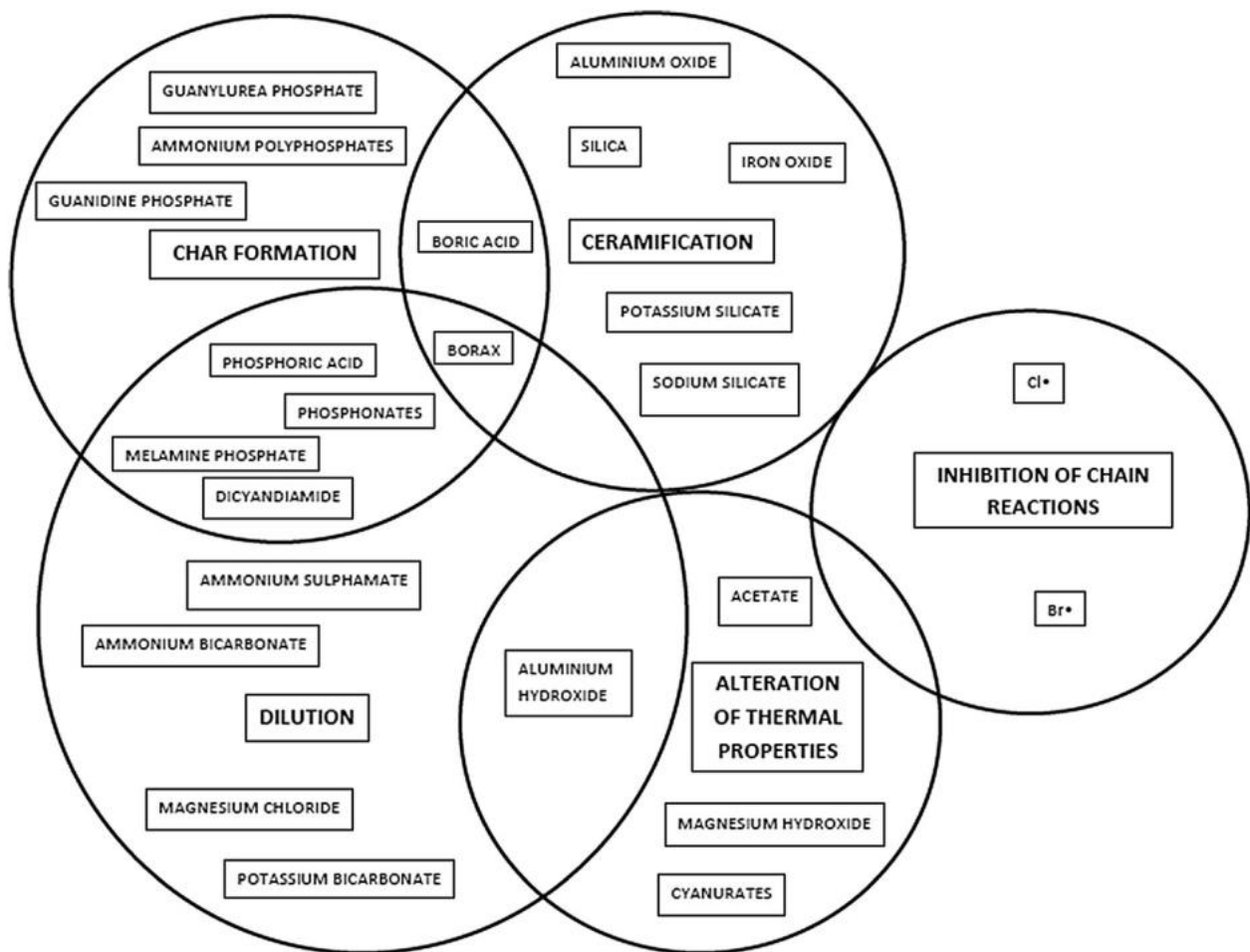
Når den samlede brandstrategi for en bygning skal fastlægges, kan de forskellige metoder ofte kombineres. En væsentlig faktor for valget af brandsikringsmetoder er, om bygherre ønsker, at de bærende trækonstruktioner fremstår synlige i bygningen.

Passive brandsikringstiltag

Brandimprægnering

Et træprodukts brandtekniske egenskaber kan ændres ved at tilføje ét eller flere brandhæmmende kemikalier. De egenskaber, der typisk ændres, er antændelsestid, flammespredning, varmeudvikling og røgudvikling. Dette opnås vha. forskellige mekanismer afhængigt af de valgte imprægneringsmidler. Som illustreret på Figur 5 er de primære mekanismer:

- Dannelse af kullag
- ”Keramificering”
- Fortynding
- Ændring af termiske egenskaber
- Hæmning af kædereaktioner



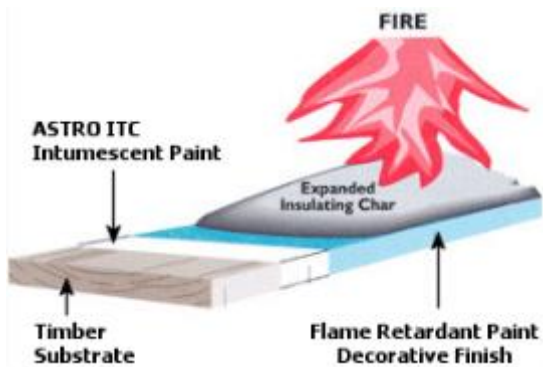
Figur 5: Mekanismer for forskellige typer af brandhæmmende midler. Kilde: "Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction", L. A Lowden and T. R. Hull, Fire Science Reviews, 2013

Brandimprægnering kan tilføres et træprodukt ved trykimprægnering, dypning eller påsprøjtning, og træet vil efterfølgende fremstå synligt. Imprægneringsmidlet virker kun, hvis det kan optages af træmaterialet, hvilket er styret af træartens permeabilitet og andelen af splint/kerne-ved.

Brandimprægnering af træ har primært en funktion i de tidlige faser af en brand, hvor det kan reducere træoverfladernes energibidrag til branden og dermed forlænge tiden til overtænding. Brandimprægnering kan ikke forhindre nedbrydningen af træmaterialet, når det påvirkes med høje temperaturer. Træet kan altså ikke gøres ubrændbart ved brandimprægnering. Brandimprægnering kan derfor som udgangspunkt ikke anvendes til at forbedre trækonstruktioners bæreevne under brand (brandmodstandsevnen).

Brandmaling

Brandmaling er en overfladebelægning, der mest anvendes til brandsikring af stålkonstruktioner. Det kan dog også anvendes til trækonstruktioner, såfremt det pågældende produkt er testet til anvendelse på træ. Brandmalingen fungerer ved, at den ved varmepåvirkning – typisk omkring 200-250 °C – ekspanderer til mange gange den oprindelige tykkelse. Herved dannes et isolerende lag, der forsinker opvarmningen af træet til det temperaturniveau, hvor træet nedbrydes. Filmtykkelsen af brandmalingen er afgørende for tykkelsen af det ekspanderede (isolerende) lag. Ved brandbeskyttelse med brandmaling skal filmtykkelsen derfor dimensioneres til det antal minutter, hvor indbrænding i træet ønskes forhindret. Brandmaling kan være gennemsigtig, hvorved træet efter behandling kan fremstå synligt.

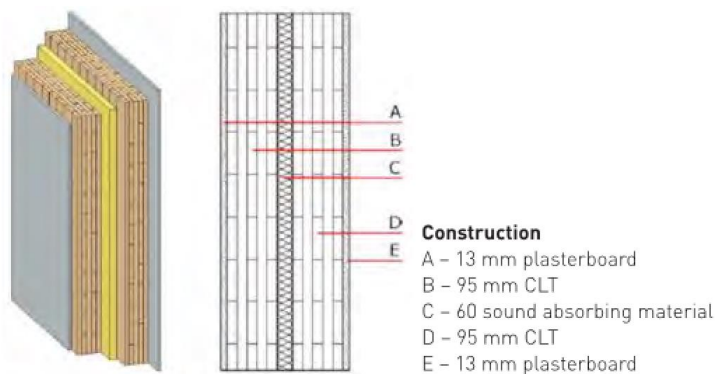


Figur 6: Kilde: <http://www.astroflame.com/intumescent-paint-timber.html>

Inddækning

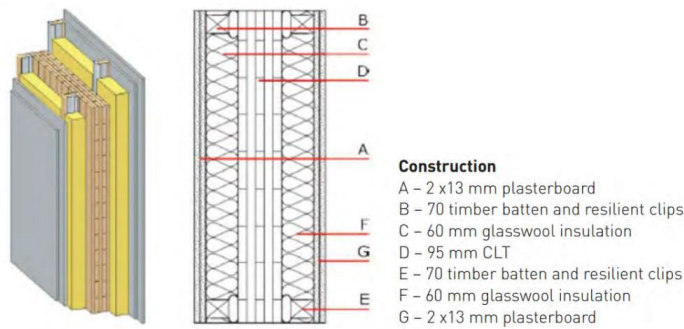
En effektiv og simpel metode til brandbeskyttelse af bærende trækonstruktioner er inddækning med isolerende lag af fx mineraluld og gips- eller cementbaserede pladematerialer. Omfanget og valget af inddækningsmaterialer afhænger af, hvilke egenskaber der ønskes opnået.

Figur 7 viser et eksempel på en dobbelt CLT-konstruktion, der på de indvendige sider kun er afdækket med ét lag gipsplade. Herved opnås, at træoverfladerne ikke medvirker med energi (og røg) til branden i de tidligere faser i brandforløbet der er kritiske for evakuering af en bygning. Til gengæld er gipspladernes bidrag til konstruktionens samlede brandmodstandsevne relativt beskedent.



Figur 7: Kilde: “Fire Safety Challenges of Tall Wood Buildings, Phase 1, Final Report”, The Fire Protection Research Foundation, 2013

Figur 8 viser et eksempel hvor et CLT-element på begge sider er afdækket med to lag gipsplade og 60 mm glasuldisolering. Denne inddækning vil forhindre bidraget af energi og røg langt ind i brandforløbet og samtidig give et væsentligt bidrag til brandmodstandsevnen af den samlede konstruktion.



Figur 8: Kilde: “Fire Safety Challenges of Tall Wood Buildings, Phase 1, Final Report”, The Fire Protection Research Foundation, 2013

Aktive brandsikringstiltag

Automatisk vandsprinkleranlæg

Et automatisk vandsprinkleranlæg har til formål, at køle de brændende objekter – samt brændbare objekter der vil kunne antændes – umiddelbart under den aktiverede sprinklerdyse. Normalt udføres sprinkleranlæg, så det aktiveres, når en sprinklerdyse påvirkes med en ”høj” temperatur – typisk 68 °C. En lille glasampul i dysen sprænges hvorved vandet kan strømme ud. Vandet strømmer kun ud gennem de dyser, der påvirkes med glasampullens aktiveringstemperatur.

Som udgangspunkt designes et sprinkleranlæg til at dække interiør og lagervarer. Dog kan et sprinkleranlæg også designes til at dække konstruktioner (fx bærende eller brandadskillende konstruktioner). Det er dog væsentligt, at anlægget er specifikt designet til det aktuelle formål.

Til sikring af bærende trækonstruktioner kan et automatisk vandsprinkleranlæg altså have to formål:

- at reducere brandpåvirkningen af konstruktionerne ved at køle røggasser og brændende emner
- at køle de bærende konstruktioner så effekten af brandpåvirkning reduceres

Automatisk vandtågeanlæg

Et automatisk vandtågeanlæg kan på mange måder minde om et sprinkleranlæg. Dog anvendes dråbestørrelser der er så små, at dråberne ikke vil falde til gulvet, men i højere grad vil ”svæve” rundt i rummet og blive trukket ind i branden sammen med den luft som branden tiltrækker. Herved udnyttes vandet mere effektivt. Det er tvivlsomt, om vandtågeanlæg kan benyttes til køling af konstruktioner.

Bilag 3: Huskeseddel ift. brandforhold og fleretagers træhusbyggeri

Fase i byggeprocessen	Opmærksomhedspunkter
Idé/visioner	<ul style="list-style-type: none"> • Valg af konsortium. Det er vigtigt, at alle er indstillet på at bidrage positivt. Find allierede også gerne uden for landets grænser, der har den nødvendige erfaring på området. • Husk at inddrage relevante myndigheder i en forhåndsdialog (kommunen og forsikringsselskaber). • ...
Programmering	<ul style="list-style-type: none"> • Tilknyt brandrådgiver med indsigt i trækonstruktioner og højhusbyggeri • ...
Dispositionsforslag	<ul style="list-style-type: none"> • Brandstrategi udarbejdes, herunder valg af dokumentationsmetodik jf. Tabel 1 • Bygningsreglementets funktionskrav om at mennesker og dyr skal reddes samt at brandvæsenet skal have forsvarlige muligheder for redning og slukning. • Der skal indbygges tilstrækkelig robusthed i de brandtekniske løsninger • Indhent/iværksæt dokumentation ift. brandsikring af konstruktionsløsninger, herunder specielt samlingsdetaljer. • ...
Projektforslag	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentation for at bygningens brandsikkerhedsniveau svarer til funktionskravene i BR15. Bygherrens ansvar, men udføres af brandrådgiver. <ul style="list-style-type: none"> - Komparativ analyse af at de anvendte løsninger medfører samme risikobillede som Eksempelsamlingen <i>eller</i> - Evt. fuldbrandteknisk analyse med anvendelse af absolutte værdier for acceptkriterier vedr. røglagshøjde, røgdensitet, temperatur m.m. • Udstedelse af byggetilladelse fra den stedlige kommunes byggesagskontor (ofte vil det lokale brandvæsen fungerer som konsulent for byggesagskontoret, men de er ikke myndighed) • ...
Hovedprojekt	<ul style="list-style-type: none"> • ...
Udbud	<ul style="list-style-type: none"> • Udbuddet udarbejdet, så det er muligt for tilbudsgivere at finde de rette løsninger • Tilknyt brandrådgiver med indsigt i trækonstruktioner og højhusbyggeri. Da den præskriptive eksemplering ikke kan anvendes, vælges den brandtekniske dimensionering • Identifier eventuelle kritiske områder / risikovurdering ift. brandforhold i den pågældende bygning • Dialog med forsikringsselskab • ...
Tilbud	<ul style="list-style-type: none"> • Er tilbudte brandløsninger i tråd med hvad der efterspørges? • ...

Fase i byggeprocessen	Opmærksomhedspunkter
Byggefase	<ul style="list-style-type: none"> • Detaljer/løsninger der i projekteringsfasen er identificeret som særligt kritiske for brandsikkerheden skal have særlig opmærksomhed • Overvej brandsikkerheden i byggefasen hvor de brandtekniske foranstaltninger endnu ikke er implementeret • Aflevering af byggeriet • ...
Ibrugtagning	<ul style="list-style-type: none"> • Vedligeholdelse af brandtekniske løsninger • ...