

LAD DET STÅ

BRANDTEKNISKE EGENSKABER VED EKSISTERENDE BYGNINGSDELE
- VIDEN OG EKSEMPLER FRA ÆLDRE BYGGERI

Udgivet af	Dansk Brand- og Sikringsteknisk Institut og ERIK arkitekter
Forfattere	Pi Fabrin(DBI), Simon Sköld(DBI), Rasmus Berthelsen(DBI), Helene Schaldemose(ERIK), Signe Sand(ERIK)
Kontrolleret af	Mia Frederiksen (DBI), Poul Brinck Rask(DBI), Ulla Pilgaard(ERIK)
Tryk	KLS Pure Print
Udgivelsesår	2026
Publikationen er en del af projektet	Kvalificering af brandstrategier i renovering
Støttet af	Realdania og Grundejernes Investeringsfond



FORORD

Denne publikation er udgivet som led i projektet *Kvalificering af brandstrategier i renovering*, et samarbejde mellem Dansk Brand- og Sikringsteknisk Institut og ERIK arkitekter.

Publikationen henvender sig primært til projekterende arkitekter og brandrådgivere, som har begrænset erfaring med brandforhold ved renovering og transformation af ældre bygninger. Formålet er at give læseren et bedre grundlag for tidligt at identificere relevante dokumentationsmuligheder, tilrettelægge en hensigtsmæssig proces og vælge løsninger, der opfylder brandkravene uden unødvendige udskiftninger eller tilføjelser af materialer. Herved understøttes samtidig hensynet til ressourceforbrug, klima, arkitektur og kulturarv.

Publikationen fokuserer især på bygninger opført før 1900. De beskrevne dokumentationsveje, arbejdsprocesser og erfaringer kan dog også være relevante ved renovering og transformation af nyere bygninger og i enkelte tilfælde ved nybyggeri. Ved henvisning til bygningsreglement i denne publikation, menes der BR18, med mindre andet er angivet.

LÆSEVEJLEDNING

I kapitel 1 beskrives projektets anbefalinger, som er en opsamling på projektets vidensindsamling og er målrettet arkitekter, brandrådgivere, samt en enkelt anbefaling til branchen som helhed. I kapitel 2 beskrives den generelle viden, lovgivning og dokumentationsmetoder, som er relevant at kende i forhold til brand og renovering af bygninger. Herefter beskrives projektets eksempel-renoveringer, samt nogle af de væsentlige konstruktioner og brandmæssige problemstillinger, de repræsenterer, i kapitel 3.

I kapitel 4 beskrives typiske ældre konstruktioner, samt både de potentialer og problemstillinger, der knytter sig til dem. Desuden beskrives her projektets brandprøvninger af udvalgte konstruktioner og der præsenteres en analyse af deres påvirkning på klima og miljø.

Metode, proces og resultater ved projektets brandprøvninger kan findes i appendiks, se side 58.

Tusind tak til Grundejernes Investeringsfond og Realdania for støtte til projektet "*Kvalificering af brandstrategier i renoveringer*" og denne publikation. Desuden skal lyde en tak til Roskilde Kommune, Stiftelsen Sorø Akademi og Liljeborg Aktieselskab for brug af deres ejendomme som cases.

INDHOLD

FORORD	5
INDHOLD	6
INDLEDNING	8
1 ANBEFALINGER	10
2 LOVGIVNING OG STANDARDER	12
2.1 Fredning og bevaringsværdi	12
2.2 Metoder til sikring af overholdelse af brandkrav	12
2.2.1 Eksisterende godkendte forhold i renovering	12
2.2.2 Det danske klassifikationssystem	14
2.2.3 Alment teknisk fælleseje	15
2.2.4 Brandprøvninger som dokumentation	15
2.2.5 Kommisionsbeslutninger	17
2.2.6 Eurocodes	17
3 CASES	21
3.1 Gartnerhuset	23
3.2 Sorø akademi	27
3.3 Børnekulturens hus	30
3.4 Kurhuset	33
4 BYGNINGSDELE	37
4.1 Klimapåvirkning fra tilførte materialer	38
4.2 Træbjækelag med lerindskud	38
4.3 Murværk, lerpuds og bindingsværk	42
4.4 Dobbelt bræddeskillevæg	45
4.5 Gammelt træ	48
4.6 Oprindelige eller ældre fyldningsdøre	50
4.7 Gennemføringer i ældre byggeri	52
5 KONKLUSION	56
6 APPENDIKS	58

INDLEDNING

Byggebranchen leverer et livsnødvendigt bidrag til vores hverdag i form af opførelse og vedligehold af bygninger, men desværre bidrager den samtidig til en meget stor andel af presset på vores ressourcer og planetens systemer, herunder klimaet. Byggebranchen står således for over 40% af den danske affaldsskabelse¹, 30% af det danske råstofforbrug² og bygninger og byggeri udleder 30% af de danske drivhusgasser³.

I takt med den grønne omstilling i branchen udvikler sig, kommer der også et fornyet fokus på den rolle, som renovering, restaurering og transformation af den eksisterende bygningsmasse kan spille. På trods af at den enkelte renovering har lavere miljøbelastning end nybyggeri, forbruger de fortsat mange materialer tilsammen. Den danske bygningsmasse består af 855 mio. kvadratmeter⁴, og hvert år investeres der 100 milliarder i renoveringer⁵, hvortil produktionen af materialer hvert år udleder 0,9mio. tons CO₂e⁶. Det er altså vigtigt for den grønne omstilling, at også renoveringer udføres med mindst muligt materialeforbrug.

Renoveringer med færrest mulige udskiftninger er dog ikke kun godt for klima og miljø. Ofte vil den nænsomme og bevarende tilgang, som man arbejder med inden for restaurering af historiske bygninger, gå hånd i hånd med et lavt ressourceaftryk og et forbrug af materialer der har relativt lav klimapåvirkning. For eksempel vil man normalt finde et højere forbrug af materialer som ler, hamp, strå og andre biogene materialer i restaurering af en ældre ejendom sammenlignet med renovering af nyere, konventionelt byggeri.

Anvendelse af de rette materialer er afgørende i den eksisterende bygningsmasse, da byggematerialer ofte er en væsentlig del af en fredet bygning. Traditionelle materialer har desuden ofte gode byggetekniske egenskaber, en lang levetid, og det er ofte nemmere at reparere og vedligeholde byggeri udført i traditionelle materialer. De traditionelle materialer og konstruktioner i det historiske byggeri, hvoraf nogle er behandlet i denne publikation, kan derfor også med fordel bruges i nyere byggeri. Også her vil de have fordele som holdbare, tidløse materialer og, for nogles vedkommende, lavt klimaaftryk. Der er derfor potentialer ved at have mere viden om dem og deres egenskaber, så man kan bruge det bredt.

Anvendelse af traditionelle materialer kan dog besværliggøres af regulering, herunder ikke mindst kravene i bygningsreglementets kapitel 5 om brand. Mens bygningsreglementet ikke sætter direkte krav til materialetype eller omfang, blot til deres egenskaber, så sætter tilhørende vejledninger og rådgiveres viden en stor indirekte barriere for bestemte materialer, konstruktioner og løsninger. I praksis vil det ofte være et spørgsmål om manglende dokumentation for de traditionelle løsninger brandtekniske egenskaber, da mange af disse er baseret på erfaring. Der er således en videnskløft mellem de materialer og konstruktioner vi har brugt siden modernismens indtog og især 2. halvdel af det 20. århundrede, og de traditionelle løsninger, som vi ironisk nok har brugt i hundredvis af år inden da. Denne kløft afspejler sig i alment teknisk fælleseje, præ-accepterede løsninger i bygningsreglementets vejledningstekster og derfor også i kvaliteten af den rådgivning man kan få hos brandrådgivere. Mange restaureringsarkitekter, som projektets parter har været i kontakt med, udtrykker derfor en frustration over det, som de oplever er manglende kontrol over materiale- og designvalg, og at brandhensyn trumfer andre hensyn som for eksempel kulturarv.

Der foregår i disse år en udvikling af viden om nye, biobaserede konstruktioner, med det formål at gøre det lettere at anvende disse og dermed sikre et lavere klimaaftryk. Det var fra start projektets tese, at hvis man også kan skabe mere viden om brandegenskaber i traditionelle konstruktioner og typiske problemstillinger, kan man potentielt også sikre sig mod unødige udskiftninger og tilføjelser, samt en bedre proces og samarbejde mellem arkitekter og brandrådgivere.

Projektet har derfor set på fire udvalgte cases, der eksemplificerer typiske problemstillinger, som restaureringsarkitekter hos ERIK arkitekter oplever. Desuden er det i denne publikation beskrevet en række konstruktioner, og hvilken viden og tilgang man har til disse i dag, samt udvalgt enkelte konstruktioner, hvis brandegenskaber projektet har undersøgt nærmere i DBIs testfaciliteter. Derudover er det forfatternes håb, at publikationens opsummering af eksisterende viden om brand samt udvalgte anbefalinger, kan være en hjælp til at kvalificere fremtidige renoverings- og restaureringsprojekter, hvor traditionelle bygningsdele optræder og bidrage til at undgå unødvendigt eller uhensigtsmæssigt materialeforbrug.

1. Kommunernes Landsforening, Miljøstyrelsen og Danske Regioner 2025
https://edit.mst.dk/media/pvtgfkpm/analyse-af-byggeaffaldsdata_web.pdf
2. Værdibyg 2025
3. Rådet for Grøn Omstilling
4. Danmarks Statistik
5. Michael H Nielsen, Dansk Byggeri 2016
6. <https://www.strateginetvaerket.dk/wp-content/uploads/2026/05/Klimapotetiale-ved-renovering.pdf>

1 ANBEFALINGER

Disse anbefalinger er kommet ud af projektets analyser, workshop og interviews med restaureringseksperter og resultater af brandprøvninger.

1 KOM TIDLIGT IGANG

Brand har indflydelse på rigtig mange løsningers anvendelighed og materialevalg. Gå tidligt i gang med at overveje mulighederne og hvilke konsekvenser disse har for bygningens kulturværdier.

2 LAV TYDELIG FORVENTNINGSAFSTEMNING

Mange oplever at brandrådgivere

fremsender lovgivningens brandkrav til den konkrete bygningsdel i stedet for "reel rådgivning" med løsningsforslag – til stor frustration. Men ofte er det lige præcis dét, der er den certificerede brandrådgivers rolle. Husk altid tydelig kommunikation om hvad I forventer af hinanden, når projektet går i gang. Ved behov for hjælp til valg af løsningsforslag skal det afklares med brandrådgiveren, om vedkommende kan bistå.

3 HUSK DETALJEN

Selvom en given bygningsdel ved første øjekast virker uproblematisk, kan selv små ændringer i materialevalg, sammenbygningsdetaljer mod andre bygningsdele, tilføjelser af nye installationer m.v. have konsekvenser, hvis det ikke er gennemtænkt.

4 BRUG OGSÅ DET DANSKE KLASSIFIKATIONSSYSTEM

Bygningsreglementet giver fortsat mulighed for at anvende de tidligere danske brandklassifikationer. Fastlæggelsen af brandmæssige egenskaber for eksisterende bygningsdele kan således ske på baggrund af de danske klassifikationer og det alment tekniske fælleseje.

5 GÅ HELLERE EN BRANDKLASSE OP FOR TIDLIGT END FOR SENT

Ofte vil man have lyst til at blive i en lav brandklasse, men dette kan også give u hensigtsmæssige begrænsninger, og erfaringsmæssigt kan det være meget svært at holde en renovering i BK 1 eller 2. Fordelen ved en højere brandklasse er, at den certificerede brandrådgiver kan varetage flere fravigelser i projektet. Er du i tvivl om den rette brandklasse, kan det oftest betale sig at vælge den højeste.

6 FÅ STYR PÅ SENEST GODKENDTE FORHOLD

Tjek på byggesagsarkivet efter tidligere bygge- og ibrugtagningstilladelser. Hvis en løsning er godkendt på opførelsestidspunktet, er den også lovlig i dag, og man kan for eksempel godt bruge eller genskabe en konstruktion, som den er, hvis man har denne dokumentation.

7 LØBENDE DIALOG

Det er vigtigt at have en åben og løbende dialog mellem de involverede i et projekt, for brandkrav kan skifte i takt med at projektet udformes. Viden om praksis i renovering og fredningsprojekter er specialviden, også for brandrådgivere, hvorfor det giver god mening at opsøge samarbejdspartnere med kompetencer inden for netop dette felt.

8 VIDERE ARBEJDE

I dette projekt er der lavet indikative småskalafor søg af udvalgte konstruktioner. Hvis branchen går videre med udvikling og tests af de omtalte konstruktioner og materialer, kan disse potentielt blive langt lettere at anvende i fremtiden. For eksempel ser det ud til, at kalk- og lerpuds kan bestå en klassifikationstest som K₁ 10/B-s1,d0 og at en dobbelt bræddeskillevæg ligeledes kan bestå en EI 60-prøvning. Denne anbefaling er uddybet i publikationens konklusion.

2 LOVGIVNING OG STANDARDER

2.1 FREDNING OG BEVARINGSVÆRDI

Det er bygningsfredningslovens formål at beskytte vores fælles kulturarv og værne om bygninger af høj arkitektonisk, kulturhistorisk eller miljømæssig værdi, herunder bygninger, der belyser væsentlige træk ved de traditionelle bygninger, som vidner om periodebestemte lovmæssige, tekniske og samfundsmæssige forhold. Der er tre metoder til kortlægning, vurdering og udpegning af de arkitektoniske og kulturhistoriske bevaringsværdier; Kulturmiljø- KIP- og SAVE-metoden. I denne publikation beskrives SAVE-metoden, da SAVE fokuserer på de arkitektoniske værdier.

SAVE-vurderingen af bygninger sker på baggrund af fem forskellige parametre: arkitektonisk værdi, kulturhistorisk værdi, miljømæssig værdi, originalitet og tilstand. De fem parametre sammenfattes i én bevaringsværdi. Værdierne angives på en skala fra 1 til 9, hvor 1 er den højeste værdi. Bygninger med den højeste værdi (1) vil som oftest, men ikke altid, være fredede bygninger eller folkekirker. Karaktererne 1-3 regnes for en høj bevaringsværdi, 4-6 for middel bevaringsværdi og 7-9 for lav bevaringsværdi.

En bygning fredes i henhold til Bygningsfredningsloven. Når en bygning er fredet, må der ikke udføres bygningsarbejder uden tilladelse fra Slots- og Kulturstyrelsen (SLKS). Det samme gør sig ikke gældende for bevaringsværdige bygninger, hvor der ikke gælder de samme restriktioner. SLKS vurderer ansøgninger i henhold til den pågældende bygnings fredningsværdier, hvor materialer ofte spiller en væsentlig rolle. Derfor er det praksis, at der kun gives tilladelse til at anvende traditionelle byggematerialer og løsninger. Det medfører f.eks. at nye skillevægge skal udføres som oprindelige, og at nye gennemføringer ikke kan lukkes med brandplader eller lignende nye materialer. Ofte er selve konstruktionen en stor del af en bygnings fredningsværdier. Det betyder at arkitekten ofte vil gå langt for at sikre denne. Det kunne f.eks. være synlige bjælker, der ønskes bevaret.

2.2 METODER TIL SIKRING AF OVERHOLDELSE AF BRANDKRAV

Der er flere metoder til at sikre sig, at en løsning overholder kravene i bygningsreglementets kapitel 5 om brand. I dette kapitel kan du læse om de forskellige tilgange, og hvornår de med fordel kan anvendes.

2.2.1 Eksisterende godkendte forhold i renovering

Bygningsreglementet angiver, at hvis ombygningen ikke ændrer de forhold, der var lovlige på opførelsestidspunktet eller efter senere tilladelser, så er de eksisterende forhold stadig lovlige. Vejledningen understreger samtidig, at en bygningsdel som er lovligt opført, som regel ikke senere kan kræves opgraderet til nyere regler, medmindre der er særskilt hjemmel. Det er afgørende at kunne

skelne mellem *eksisterende* og *eksisterende godkendte forhold*. En bygningsdel er ikke per automatik omfattet, blot fordi den står der i dag. Hvis der ikke kan findes dokumentation for at den er godkendt, må den i de fleste tilfælde betragtes som ulovlig.

Ændringer, der reetablerer tilsvarende senest godkendte forhold, anses ikke nødvendigvis som en ændring. Det betyder konkret at man f.eks. godt kan bygge en ny BD60 væg, hvis der er dokumentation for at den har været godkendt, selv om den i dag er fjernet. Det betyder også at man i de fleste tilfælde må reparere bygningsdele, så længe man gør det med respekt for de godkendte forhold. Det kan f.eks. være en væg hvor pudsen er faldet ned, og man ønsker at pudse den på ny.

Det er vigtigt at have en god forståelse for hvor små ændringer, der kan udløse brandkrav. Et typisk eksempel vil være udskiftning af rør til radiatorer i ældre bygninger. Hvis installationen går fra et 1-rørs system til et 2-rørs system, er det første rør (forudsat det er jern udskiftet til jern) undtaget nye brandkrav, mens rør nummer to, som kræver en ny gennembrydning, kan kræve dokumentation efter BR18.

Ofte er det ikke den enkelte detalje, men summen af indgreb, der gør, at man ikke længere kun kan støtte sig til eksisterende godkendte forhold.

Det er altså ikke alle renoveringer, hvor der udløses nye brandkrav. De mest almindelige grunde til at der udløses nye brandkrav ved renovering er ændret anvendelse af bygningen, tilbygninger og udskiftning af bygningsdel eller materialer.

Det praktiske arbejde

Det kan kræve et betydeligt detektivarbejde at finde frem til lovlige forhold, en opgave som sjældent er fuldt indregnet i det indledende tilbud. I praksis starter arbejdet typisk med gennemgang af kommunens byggesagsarkiv. Derefter skal de indsamlede dokumenter sammenholdes med den eksisterende bygning hvor eventuelle afvigelser registreres.

Arkitekten bør tidligt afklare, hvilke forhold der kan dokumenteres som lovligt eksisterende, hvilke bygningsdele der faktisk berøres, og om projektet ændrer de brandmæssige forudsætninger for bygningen. Brandrådgiveren kan med fordel inddrages i denne proces.

Hvis der mangler dokumentation i byggesagsarkivet

Hvis der ikke foreligger dokumentation i form af byggetilladelse eller materiale fra den oprindelige byggesag, vil renovering og transformation kræve en nærmere undersøgelse og fastlæggelse af de eksisterende forhold.

Indledningsvist skal det historiske lovgrundlag fastlægges, dvs. hvilket regelsæt byggeriet oprindeligt er opført efter. Dette indebærer en gennemgang af tidligere bygningsreglementer, byggelove, bygningsvedtægter, regulativer mv.

Herefter kan det være nødvendigt at gennemføre en fysisk registrering og undersøgelse af de eksisterende bygningsdele, brandtekniske installationer og brandmæssige adskillelser mv. Denne registrering danner grundlag for at vurdere, om de eksisterende forhold kan opretholdes, og om de er udført i overensstemmelse med det daværende lovgrundlag.

Hvis der konstateres afvigelser fra forhold, som må anses for at have været acceptable efter den tidligere lovgivning, skal det afklares, om disse kan betragtes som lovligt etablerede, eller om de kræver opgradering i forbindelse med ombygningen. Dette vil typisk kræve en konkret vurdering i det enkelte projekt.

I visse tilfælde kan det være nødvendigt at supplere med yderligere undersøgelser, herunder destruktive indgreb, for at opnå tilstrækkelig viden om bygningens faktiske opbygning og tilstand.

Det er samtidig afgørende at fastlægge, hvilke funktionskrav bygningsdelene skal vurderes ud fra. Dette indebærer en afklaring af det oprindelige krav, som bygningsdelene er udført efter, og om dette fortsat kan anses som acceptabelt i forhold til de krav der følger med den planlagte anvendelse.

Det er i denne sammenhæng væsentligt at skelne mellem krav, der udløses af renoveringen, og forhold, der kan anses som eksisterende og lovligt etablerede. Projektets omfang og karakter har dermed afgørende betydning for, i hvilket omfang eksisterende forhold skal opgraderes til gældende bygningsreglement.

Samlet set forudsætter processen en systematisk og veldokumenteret tilgang, hvor historisk lovgrundlag, eksisterende forhold og fremtidig anvendelse indgår i en samlet vurdering. Arbejdet kan beskrives i et notat eller rapport som kan danne grundlag i det senere designarbejde af brand-sikkerheden i byggeriet i forbindelse med en renovering eller transformation. Denne rapport kan f.eks. danne grundlag for bygningens brandstrategi, hvis der er tale om ændring af de brandmæssige forudsætninger og der derved skal søges om byggetilladelse.

2.2.2. Det danske klassifikationssystem

Hvis forholdene i en renovering udløser nugældende krav til en bygningsdel, kan dette dokumenteres ved brug af enten de danske eller europæiske klassifikationer.

Det danske klassifikationssystem kan stadig anvendes til dokumentation af eksisterende bygningsdele og nye bygningsdele, hvor der ikke foreligger en harmoniseret standard. I bygningsreglementets vejledninger angives det i kantede parenteser, hvilken dansk klasse der for den konkrete bygningsdel svarer til den europæiske klasse, f.eks. EI 60 [BD-bygningsdel 60].

Systemet er ikke blevet vedligeholdt siden indførelsen af det europæiske klassifikationssystem i 2002 og bør kun anvendes til klassifikation i forbindelse med renovering, transformation og ombygning.

Det danske klassifikationssystem har rod tilbage til 1937, hvor forslaget omkring klassifikation af brandmodstandsevne for bygningsdele BD (branddrøj) og BS (brandsikker) første gang blev præsenteret. Det blev senere indskrevet i det første bygningsreglement i 1961. Klassifikationssystemet på beklædning (klasse 1 og 2) og materialeegenskaber blev indført i det andet bygningsreglement i 1966.

Det er vigtigt at bemærke, at klassifikationer i det danske system og det europæiske system bygger

på forskellige prøvningsmetoder og klassifikationskriterier, og at de derfor ikke kan sammenlignes direkte. 60 minutter i det danske system er ikke nødvendigvis det samme som 60 minutter i det europæiske system.

For eksempel testes materialer (for materialeklasse) i det danske system i lille skala på et plant emne, i det europæiske system testes der derimod i stor skala, i en hjørnekonfiguration bestående af to lodrette emner.

En vigtig forskel er, at europæiske klassifikationer normalt har et anvendelsesområde, som beskriver, hvor klassifikationen er gyldig, f.eks. i forhold til underlag, tykkelse, samlinger og montage. I de danske klasse A- og klasse B-materialeklassifikationer er materialeklassen derimod som udgangspunkt knyttet til selve materialet og ikke til en konkret anvendelse i en bygningsdel. Dokumentation efter det danske klassifikationssystem bør derfor alene anvendes som grundlag for brandtekniske vurderinger, når det kan sandsynliggøres, at den klassificerede bygningsdel svarer til den aktuelle løsning, og når der ikke foreligger dokumentation efter harmoniserede europæiske standarder. Anvendelsen bør altid bero på en konkret faglig vurdering af dokumentationens gyldighed og relevans i forhold til det pågældende projekt.

2.2.3. Alment teknisk fælleseje

Alment teknisk fælleseje er viden og løsninger, som er bredt anerkendt og brugt i byggebranchen. I BR18 nævnes bl.a. europæiske standarder fra CEN, ISO-standarder, danske standarder, SBI-/BUILD-anvisninger, BYG-ERFA-blade og erfaringsformidling fra byggeskadefondene som eksempler på alment teknisk fælleseje. Derudover bruges f.eks. også publikationer fra Træinformation og DBI ofte i branchen.

Formålet med alment teknisk fælleseje er at give byggeriets parter et fælles teknisk grundlag for projektering, udførelse og dokumentation. Det kan bruges, når en løsning ligger inden for et kendt og velbeskrevet område, og når kilden tydeligt beskriver, hvordan løsningen skal udføres og hvilke forudsætninger der gælder.

I BR18 nævnes alment teknisk fælleseje som en mulig del af dokumentationen for brandtekniske løsninger. Det betyder, at en anerkendt kilde kan bruges som grundlag, hvis den passer til den konkrete løsning og viser, at de relevante krav kan opfyldes. Hvis løsningen afviger fra det beskrevne, f.eks. på grund af ukendte materialer, gennemføringer eller ændrede lagtykkelser, skal det suppleres med mere konkret dokumentation.

2.2.4. Brandprøvnings som dokumentation

Brandprøvning kan med fordel bruges til at dokumentere en konkret løsnings brandegenskaber, især når eksisterende dokumentation ikke er tilstrækkelig, og samtidig reducere behovet for gentagne vurderinger.

Brandprøvnings som dokumentation kan være af forskellig karakter og omfatning og kan overordnet udføres enten med henblik på opnåelse af en klassifikation f.eks. B-s1,d0 eller brandprøvning for afklaring af de brandmæssige egenskaber når der afviges fra klassifikationsdokumentationen.

BR18 angiver i *kapitel 8: Eftervisning afsnit 8.7* fem forskellige typer

- a) Brandprøvning: Akkrediteret prøvning efter en standard med henblik på klassifikation.
- b) Orienterende brandprøvning: Akkrediteret prøvning med begrundede fravigelser, uden klassifikation.
- c) Orienterende brandprøvning ved brandrådgiver: som b, men ikke nødvendigvis under akkreditering.
- d) Forsøg med brandforhold: Eksperimentel afprøvning, der ikke er omfattet af kategori a-c.
- e) Forsøg med evakueringsforhold: Eksperimentel undersøgelse af evakueringsforhold.

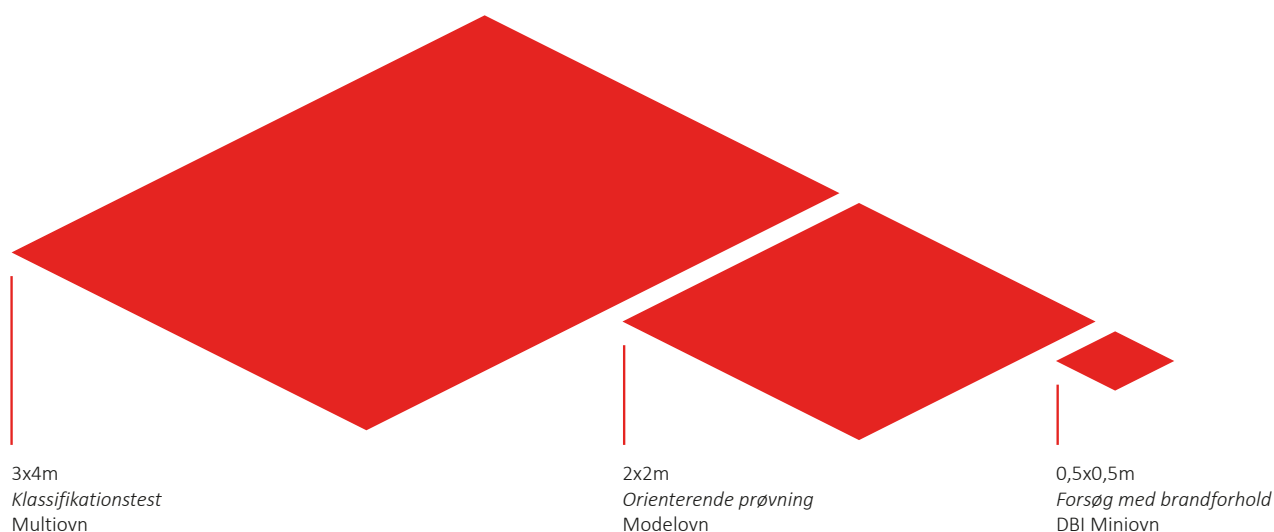
Kategori *a* og *b* kan anvendes som dokumentationsform i alle brandklasser. Anvendes kategori *c*, *d* eller *e* som dokumentationsform, skal byggeriet indplaceres i brandklasse 4.

Den mest anvendte brandprøvningsmetode i renoveringsprojekter vil være den orienterende brandprøvning som anvendes når en konkret bygningsdel eller materialeløsning ikke kan dokumenteres direkte med en klassifikation. Det gælder især, når løsningen afviger fra præ-accepterede løsninger, når der ikke findes en egnet prøvningsstandard, eller når man ønsker at undersøge betydningen af en variation i opbygningen.

Bygningsreglementets vejledning beskriver orienterende brandprøvning som forsøg, der dokumenterer en konkret identificeret brandteknisk løsnings egnethed. Forsøget skal repræsentere den løsning, der udføres i bygningen, men behøver ikke nødvendigvis være identisk med den. Resultatet kan bruges som supplement til andre dokumentationsmetoder, f.eks. brandteknisk dimensionering, komparativ analyse eller en konkret brandteknisk vurdering.

Et prøvningsresultat kan genbruges som dokumentation på tværs af flere lignende bygningsdele eller projekter, i stedet for at hver enkelt fravigelse skal vurderes og begrundes særskilt. Det kan reducere det samlede rådgivningsbehov over tid.

Hvis undersøgelsen er mere eksperimentel og afsøgende (kategori "d"), kan småskalaudstyr være



Figur 1. Eksempel på tre forskellige prøvningsmetoder som kan bruges til undersøgelse af beklædnings brandtekniske egenskaber

velegnet. I dette projekt blev DBIs miniovn (0,5x0,5m) brugt til at undersøge enkelte parametre i en bræddeskillevægs brandegenskaber. En miniovn kan, lige som de store ovne, udsætte prøveemner for en kontrolleret varmepåvirkning men gør det muligt at relativt hurtigt, og med små prøveemner, sammenligne flere varianter.

Resultater fra miniovn eller andre småskalaforsøg skal dog anvendes med vis forsigtighed. Skala, samlinger, montage og deformation kan have stor betydning for brandegenskaber.

2.2.5. Kommissionsbeslutninger

Kommissionsbeslutninger om CWFT (Classified without further testing) er EU-bestemmelser, som betyder, at nogle byggevarer og materialer under bestemte forudsætninger kan brandklassificeres uden at skulle brandprøves.

Det er i disse tilfælde vurderet, at der er nok viden om brandegenskaber, til at yderligere brandprøvninger ville være overflødige.

F.eks. kan man i Commission Decision 2006/213/EC udlæse, at et massivt bøgetræsgulv med overfladebehandling ("acrylic, polyurethane or soap, 50- 100 g/m², and oil, 20- 60 g/m²"), er brandklasse Cfl – s1, så længe densiteten er minimum 680kg/m³, tykkelsen er minimum 8mm, og gulvet er limet på et underlag med klasse A2- s1, d0.

Ligeledes kan man i 2000/147/EC læse at lerprodukter, hvis de indeholder mindre end 1% organisk materiale (vægt eller volumen), er brandklasse A1.

Beslutningerne siger ikke noget om samlede konstruktioner og bygningsdele, men kan bruges som dokumentationsgrundlag for et enkelt materiale, eller produkts brandklasse.

Relevante kommissionsbeslutninger for ældre byggeri:

- Tagdækning, 2000/553/EF: Kan være relevant ved vurdering af eksisterende tegltage, skifertage eller metal tage, hvor den udvendige brandpåvirkning skal dokumenteres uden ny prøvning.
- Gulve og paneler, 2006/213/EC: Kan være relevant ved bevaring af massive trægulve, træpaneler eller indvendige træbeklædninger.
- Mineralske produkter, 96/603/EC: Kan være relevant for traditionelle mineralske materialer som ler, kalk, gips, tegl, mørtel, natursten som under de angivne betingelser kan klassificeres som A1/A1FL uden brandprøvning.
- Træbaserede plader, 2007/348/EF: Kan være relevant ved bevaring eller genbrug af træbaserede plader, f.eks. krydsfiner, OSB, spånplader eller træfiberplader.

2.2.6. Eurocodes

Eurocodes er et opslag/beregningsværktøj der kan anvendes, når der skal tages stilling til, om en eksisterende konstruktion kan bære, enten som den er, eller efter en ombygning. Det er f.eks. relevant ved:

- Vurdering af eksisterende træbjælkelag
- Bevaring og vurdering af eksisterende tagkonstruktioner
- Afklaring af, om lokale forstærkninger er nok, frem for udskiftning

Eurocodes er europæiske konstruktionsnormer for dimensionering af bærende konstruktioner. I Danmark anvendes de sammen med nationale annekser, som fastlægger de nationale sikkerheds-niveauer.

Børnekulturens Hus (afsnit 3.3) er et eksempel på en bærende konstruktion, hvor man med de værdier, der er angivet i Eurocodes, har beregnet den eksisterende konstruktions bæreevne og brand-sikret den bærende konstruktion med påføring af træ. Dermed blev det muligt at undgå en løsning med gips og samtidig opfylde kravet om R 60.

Beregninger efter Eurocodes bygger på standardiserede modeller, som skal sikre et højt og ensartet sikkerhedsniveau. Det kan betyde, at vurderingen i nogle tilfælde er til den sikre side, særligt i ældre byggeri, hvor den faktiske konstruktion kan være svær at efterligne i beregningsmodellen.

I afsnittet *Gammelt træ* (afsnit 4.5) kan man læse om, hvordan disse vurderinger kan vise sig at være mere konservative end dem, der fås gennem praktiske eksperimenter.

Der kan derfor være tilfælde, hvor en eksisterende konstruktions fulde bæreevne ikke kan eftervises ved en beregning. I sådanne tilfælde kan brandprøvning eller en mere detaljeret vurdering være fordelagtig, før det konkluderes, at konstruktionen skal forstærkes eller udskiftes.

En ny (2.) generation af Eurocodes forventes implementeret i Danmark omkring 2027-2028. Den forventes bl.a. at give bedre værktøjer til vurdering og forstærkning af eksisterende konstruktioner, hvilket er særligt relevant ved renovering.



Billede 1. Kurhus Bygning 21, 1948. Foto: Stadsarkivet

3 CASES

I dette kapitel beskrives fire cases, der eksemplificerer traditionelle konstruktionstyper og mødet mellem hensyn til kulturværdier, æstetik og konkrete brandkrav, når en bygning skal restaureres.

Casenes formål er at eksemplificere problemstillinger, der kan opstå, når man skal vurdere og sikre brandmæssige egenskaber ved renovering og restaurering i den historiske bygningsmasse med konstruktioner, der adskiller sig fra moderne, veldokumenterede løsninger. Disse problemstillinger kan have forskellige konsekvenser; nogle gange vil kombinationen af krav med manglende viden betyde, at flere materialer udskiftes eller tilføjes, at man må gå på kompromis med æstetik og bevaringsværdier, eller at visse projektmål simpelthen ikke kan indfries. Andre gange kan det betyde usikkerhed, forsinkelser eller ekstra omkostninger til projektering og udførelse, og selvom løsningen i sig selv i sidste ende er tilfredsstillende, er processen det ikke nødvendigvis.

Den ovennævnte manglende viden kan dels handle om manglende kendskab til reelle brandmæssige egenskaber i konkrete konstruktioner og materialer, en viden der kan være svær at tilegne sig for den ældre bygningsmasse. Det kan også være manglende viden hos såvel arkitekt som brandrådgiver om, hvordan man bedst bruger hinanden og får et godt samarbejde i projekter, hvor den gode løsning ikke altid kan dokumenteres kun ved anvendelse af eksisterende dokumentation og præ-accepterede løsninger.

Fælles for disse cases er dog, at de er endt med løsninger, som både arkitekt og brandrådgivere er tilfredse med, men som alligevel kan bidrage med inspiration såvel som belysning af potentielle problemer, hvis brandmæssige udfordringer ikke løses igennem et godt samarbejde mellem arkitekt og brandrådgiver. Dette dog med undtagelse af casen Kurhuset, som endnu ikke er projekteret, og de endelige løsninger, såvel som mulige problemstillinger, kan ikke fuldt ud belyses ved udgivelsen af denne publikation.

Casene er udvalgt for at repræsentere forskellige typer historisk byggeskik og konkrete udfordringer ved forskellige typer af materialer og konstruktioner: tegl, ler, strå, kalk og træ. Casene er indhentet fra ERIKs team af restaureringsarkitekter og der er både bevaringsværdige og fredede bygninger imellem.

Kapitlet kan læses som introduktion til og eksemplificering af projektets udvalgte konstruktioner tests af disse. Det kan dog også læses alene som inspiration til forskellige måder at løse brandproblematikker på, og forskellige bygningstypers og materialers egenskaber og brandrådgiveres potentielle tilgang til disse.



Billede 2. Gartnerhuset efter restaurering. Foto: ERIK

Info om Gartnerhuset
Bygget: 1815
Restaureret: 2023
Frednings- og bevaringsstatus: Bevaringsværdigt
Relaterede kapitler: 4.2 Træbjælkelag med lerindskud, 4.3
Murværk, lerpuds og bindingsværk og 4.5 Gammelt træ

3.1 GARTNERHUSET

Når nye konstruktioner indpasses i historiske bygninger, er det ofte nødvendigt at afveje brandkrav mod hensynet til bygningens arkitektur og bevaringsværdier. Gartnerhuset tager udgangspunkt i etableringen af et nyt træbjælkelag med brandmodstand REI 30, hvor ønsket om synlige trækonstruktioner stillede særlige krav til den brandtekniske løsning.

3.1.1. Projektbeskrivelse

Gartnerboligen i Sct. Hans Have blev opført i 1815 og hører til blandt de tidligste bygninger på Sct. Hans Hospital. Huset er samtidig særligt bemærkelsesværdigt, fordi det er bygget i stampet lerjord – en teknik kendt som pisé, hvor lerjord komprimeres lag for lag i en forskalling, som flyttes i takt med opførelsen. Gartnerhuset anses muligvis for at være det eneste bevarede eksempel på et pisébyggeri fra perioden 1800–1860.

Gartnerhuset gennemgik i 2023 en omfattende restaurering efter mange års behov for vedligehold. Projektet omfattede renovering af facade og vinduer, udskiftning af taget, nye installationer samt en istandsættelse af de indvendige vægge, overflader og træbjælkelag.

3.1.2. Vægge i ler

Husets vægge består af ler. Ydervæggene er opført i stampet lerjord, men på grund af problemer med den rette fugtighed under opførelsen, blev det meste af den sydlige facade allerede året efter opførsel suppleret med en forsatsmur i en blanding af ubrændte og brændte tegl. Denne blanding bestod af forhåndenværende sten, som blev genbrugt i muren. Indvendigt består ydervæggene af stampet lerjord, og indvendige vægge er i bindingsværk udfyldt med en blanding af lersten og tegl.

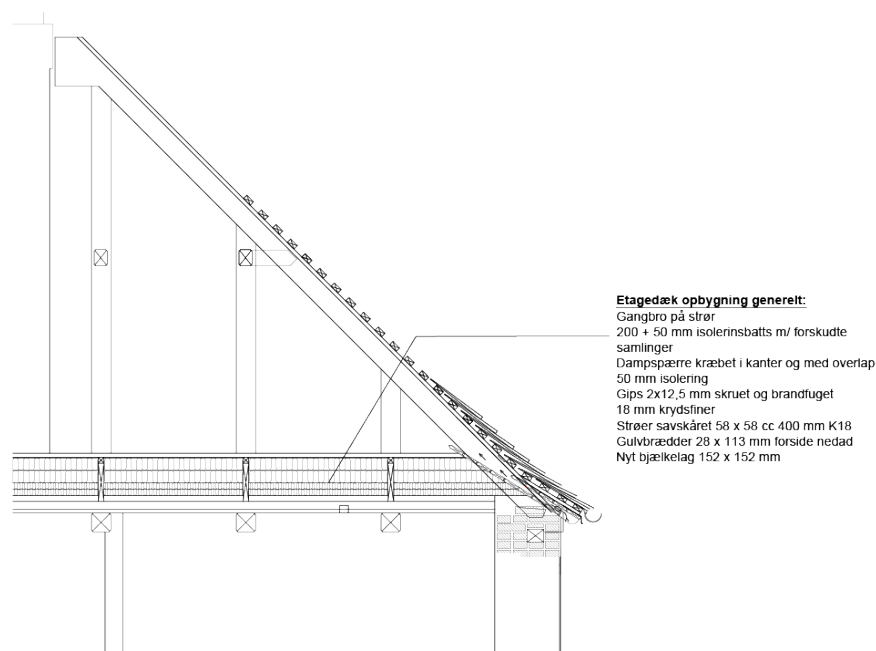
3.1.3. Træbjælkelag

For at være tro mod husets oprindelige arkitektur, var det et ønske, at træbjælkelaget mellem stueetage og op mod loftsrums, samt et nyt installationsrum under taget, skulle udføres i biogene materialer. Da huset var i meget dårlig stand, var det ikke muligt at bevare det eksisterende træbjælkelag, og når konstruktionen alligevel skulle udskiftes, ville man gerne udnytte muligheden til at øge loftshøjden.

Man ville derfor gerne undgå beklædning på undersiden, og ønskede det bærende bjælkelag blotlagt med udsyn til bræddeloftet (REI 30-konstruktion). Dette lykkedes i det meste af huset på

nær den del af dækket der adskiller køkkenet i stueetagen og ventilationsrummet på første sal, hvor kravet var højere (REI 60-konstruktion). Her blev der indbygget brandgips i konstruktionen, og undersiden blev udført med forskallingsbrædder og loftpuds på rørvæv.

Da etageadskillelsen skulle udføres som REI 30-konstruktion, gav ønsket om blotlagte bjælker med direkte udsyn til de ovenliggende gulvbrædder udfordringer. Løsningen for at undgå beklædning på lofternes underside blev at dække oversiden, der stødte op mod et ubenyttet loftsrum. Her blev anvendt to lag almindelig 12,5 mm gips, og dette blev accepteret af brandrådgiver såvel som arkitekt. Udfordringen bestod således ikke i, at der ikke kunne findes en løsning, men at der skulle undersøges og forhandles en del, før den endelige løsning faldt på plads. Hertil kommer, at man måtte gå på kompromis over køkkenet, i en bygningstypologi, hvor restaureringsarkitekter principielt ikke er glade for at anvende gips.



Billede 3

Etageadskillelse 1:20

300 mm + 30 til sammenfald papirisolering

Gips 2x12,5 mm skruet og brandfuget

21mm OSB plader (OSB blev også benyttet til midlertidigt dæk i byggeperioden)

Gulvbrædder 28 x 113 mm forside nedad

Nyt bjælkelag 152 x 152 mm



Billede 4. Det færdigrenoverede Gartnerhus med pudsede vægge og synlige bjælker, der giver højere til loftet end før renoveringen og som ved opførelsen. Foto: ERIK



Billede 5. Vægge i Rektorboligen på Sorø akademi efter restaurering. Foto: ERIK

Info om Sorø Akademi

Bygget: 1836

Restaureret: 2023

Frednings- og bevaringsstatus: fredet

Relaterede kapitler: 2.2.1 Eksisterende godkendte forhold i renovering, 2.2.2

Det danske klassifikationssystem og 4.4 Dobbelt bræddeskillevæg

3.2. SORØ AKADEMI

Når eksisterende konstruktioner får en ny brandteknisk funktion, kan der opstå behov for at dokumentere deres brandtekniske egenskaber i forhold til nutidens krav. Rektorgården på Sorø Akademi tager udgangspunkt i en traditionel bræddeskillevæg, der skulle fungere som brandadskillende bygningsdel.

3.2.1. Projektbeskrivelse

Sorø Akademi består af flere bygninger med forskellige funktioner. Vest for hovedbygningen ligger Rektorgården, der består af en toetagers forbygning mod øst sammenbygget med en énetages sidelænge mod syd – begge bygninger er fredede. Forbygningen og sidelængen ligger omkring et gårdrum, der lukkes af en toetagers bagbygning og en mur.

Rektorgårdens forbygning er fra 1836, og der er dele af sidelængen, der kan spores helt tilbage til senmiddelalderen. Bygningerne anvendes som bolig for rektor, samt værelser til elever. Forbygning og sidelængen blev restaureret i 2023. I den forbindelse skulle der etableres et nyt køkken.

3.2.2. Indvendige vægge

De eksisterende indvendige vægge i Rektorgården er traditionelle dobbelt bræddeskillevægge, der er placeret henholdsvis vertikalt og diagonalt, på overfladen er monteret rørvæv og kalkpuds. Pudsen har den fordel, at den kan pudses helt op mod tilstødende eksisterende bygningsdele, hvilket er vigtigt, når man i fredede bygninger ikke må fuge.

Da der skulle flyttes en væg for at gøre plads til køkkenet til eleverne, udløste dette krav til brandadskillende bygningsdel, for at køkkenet kunne fungere som en separat brandcelle. Da bygningen er fredet, kan væggene ikke bygges på andre måder end ovennævnte dobbelte bræddeskillevæg, der må ikke fuges med gummifuger omkring den eller beklædes med gips. Hvis væggen med ovennævnte opbygning ikke kunne godkendes som en løsning, der tilfredsstiller brandkrav, ville konsekvensen derfor ikke være merforbrug af materialer eller lignende, men simpelthen, at køkkenet til eleverne ikke ville kunne blive en realitet.

Typisk vil en eksisterende væg dokumenteres ved eksisterende godkendte forhold eller brug af alment teknisk fælleseje, men i tilfælde af at der bliver stillet andre funktionskrav, kan det blive en udfordring. Der blev fra arkitektens side henvist til Byggebogen⁷, der refererer til netop disse bræd-

7. P.Kjærgaard, 1948, Byggebogen, Nyt Nordisk Forlag

deskillevægge som standard BD60, og denne vægtype er da også den mest almindelige frem til midten af det 20. århundrede. For at den kan være en brandvæg efter gamle normer, er der krav til sammenkobling med andre vægge og dækket. Væggen er ikke klassificeret som EI 60 inden for det europæiske system, og brandrådgiver var derfor i tvivl om lovligheden af denne løsning. Vægopbygningen blev godkendt, men sagsarkitekten udtaler, at processen gav anledning til ekstra tidsforbrug og usikkerhed.

Det skal her bemærkes, at konstruktioner angivet som eksempelvis BD 60 fortsat kan anvendes som dokumentationsgrundlag under de relevante forudsætninger, men det er alligevel restaureringsarkitekternes erfaring, at langt fra alle brandrådgivere godtager dette. Det medfører derfor ekstra tid til projektering og kommunikation med brandrådgiver. En kollega udtaler, at pågældende ofte har følelsen af at skulle være "heldig", hvis man, som det ofte er i restaureringsprojekter, har brug for at få godkendt en løsning, der ikke er klassificeret efter det europæiske system. Dette er nok en af grundene til, at vægtypen sjældent anvendes i ikke-fredede bygninger, selvom det er en



Billede 6. Nye bræddeskillevægge på Rektorboligens 1.sal. Foto: ERIK

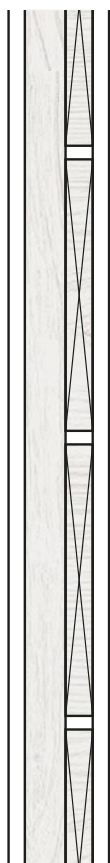
løsning, hvis æstetiske og materialemæssige kvaliteter passer til en stor del af den ældre danske bygningsmasse og har lavere klimaaftryk end konventionelle skille vægge.

3.2.3. Brandprøvninger af dobbelt bræddeskillevæg

I udviklingsprojektet *Kvalificering af brandstrategier i renovering*, som denne publikation er en del af, blev der set nærmere på den dobbelte bræddeskillevæg og kalkpudsens brandegenskaber, du kan læse mere om disse i afsnit 4.4.

Resultaterne fra den valgte småskala testopstilling viste, at rørvæv og kalkpuds kunne yde en beskyttende effekt i cirka ni minutter. Forsøgene viste desuden, at vægkonstruktionen havde et relevant potentiale i forhold til EI 60, vurderet ud fra temperaturudviklingen i den anvendte småskalaopstilling.

Den fulde rapport findes i Appendiks, kapitel 6.



Billede 7. Opbygning af dobbelt bræddeskillevægge 1:50:
12mm (minimum) kalkpuds
30mm lodrette brædder
20mm diagonale brædder
12mm (minimum) kalkpuds

Info om Børnekulturens Hus
Bygget: 1901
Restaureret: 2022-2023
Frednings- og bevaringsstatus: Bevaringsværdigt, SAVE-01
Relaterede kapitler: 2.2.6 Eurocodes og 4.5 Gammelt træ

3.3. BØRNEKULTURENS HUS

Når eksisterende trækonstruktioner ønskes bevaret synlige, kan brandkrav stille særlige krav til den brandtekniske projektering. I Børnekulturens Hus skulle ønsket om synlige bjælker forenes med kravet om R 60 til den bærende tagkonstruktion. Casen viser, hvordan en eksisterende trækonstruktions bærevne under en brand kan dokumenteres med relativt simple beregninger, så bjælkerne kan bevares synlige uden beklædning med gips.

3.3.1. Projektbeskrivelse

Den tidligere klosterforvalterbolig i Roskilde har siden 2018 fungeret som et kulturhus for børn. Huset gennemgik en større istandsættelse fra 2022 til 2023, der havde til formål at sikre en bedre tilgængelighed og udnyttelse af huset generelt. Som en del af projektet blev eksisterende krybekælder gravet ud og trapperummet blev ført ned til kælder. Den eksisterende vindeltrappe i stål, blev fjernet, og der blev bygget en ny trappe af træ, der ligeledes fungerede som flugtvej. Hertil kom restaurering og brandsikring af den bærende tagkonstruktion.

Bjælkekonstruktion

Ønsket var, at der i det store rum på 1. sal skulle åbnes til kip, dermed blev isoleringen flyttet til taget, og hanebånd og templer synlige. I brandstrategien er det beskrevet, at bjælkekonstruktionen skal opfylde R 60, for at rummet kan bruges som en del af kulturhusets tilbud til børn. For at de eksisterende konstruktioner kunne opfylde kravet til bæreevne, blev det derfor i første omgang foreslået, at de skulle dækkes med gips. Dette blev anset som en æstetisk alt for klodset løsning i en bygning af høj bevaringsværdi (SAVE-1) og løsningen blev i stedet at beklæde konstruktionen med træ. Der anvendes 25mm spejlskårne planker af tætåret og knastfattigt fyrretræ i A kvalitet.

For at opfylde R 60 skal der efter 60 minutters brandpåvirkning være et tilstrækkeligt stort ubørørt tværsnit tilbage til at opretholde bæreevnen under belastningen fra tagkonstruktionen. Man kan anvende forskellige tilgange. Den enkleste beregningsmæssige løsning ville være at tilføje en trætykkelse uden på de eksisterende spær svarende til den forventede indbrænding efter 60 minutter, ligesom man ved beskyttelse med brandgips ville tilføje to lag. Dette ville dog give nogle meget kraftige spær.

Beregningen af den nødvendige mængde af nyt træ i Børnekulturens Hus tog udgangspunkt i at behandle det eksisterende og nye træ som ét samlet tværsnit, og de tilførte 25mm er et tåleligt indgreb i konstruktionens udtryk.



Billede 8. Indpakning af søjler og bjælker i træ blev anset som et godt kompromis, selvom de dermed blev kraftigere, og det originale træ ikke ses. I toppen af billedet ses de oprindelige dimensioner på hanebåndene, der ikke er pakket ind.



Billede 9. Kurhusets Bygning 21, ca 1966. De bærende bjælker i trædækket over gangen er synlige, og man ønsker at bevare dette udtryk efter renoveringen.

Info om Kurhusets bygning 21

Bygget: 1880'erne

Projektstatus: under projektering

Frednings- og bevaringsstatus: bevaringsværdigt

Relaterede kapitler: 2.2.1 Eksisterende godkendte forhold i renovering, 2.2.6 Euro-codes, 4.2 Træbjælkelaag med lerindskud og 4.3 Murværk, lerpuds og bindingsværk

3.4. KURHUSET

Når en eksisterende bygning ændrer anvendelse, følger der ofte nye brandkrav, som kan få betydning for eksisterende konstruktioner. Kurhuset tager udgangspunkt i transformationen af et tidligere hospitalsbyggeri til boliger, hvor de eksisterende træbjælkelaag skal vurderes i forhold til de nye brandkrav og bygningens bevaringsmæssige kvaliteter.

3.4.1. Projektbeskrivelse

Kurhuset er den tidligste del af Sankt Hans Hospital og består af en række bygninger, der alle enten er fredede eller klassificeret bevaringsværdige. De ældste bygninger er fra 1860'erne, og i 1870'erne og 80'erne blev der tilføjet nye vagtafdelinger, for eksempel til de sydlige fløje. Kurhuset er tegnet af Gottlieb Bindesbøll og blev bygget, da Sct. Hans skulle forbedres i 1860 ifm. at overlæge Johan Henrik Seidelin fik opgaven med at modernisere den hidtidige funktion af et sted for både sindslidende og fattiglemmer til et egentligt psykiatrisk hospital. Bygningernes arkitektur og områdets lys og luft blev anset som en vigtig del af patienternes behandling, og Kurhuset fungerede som psykiatrisk hospital frem til 2018.

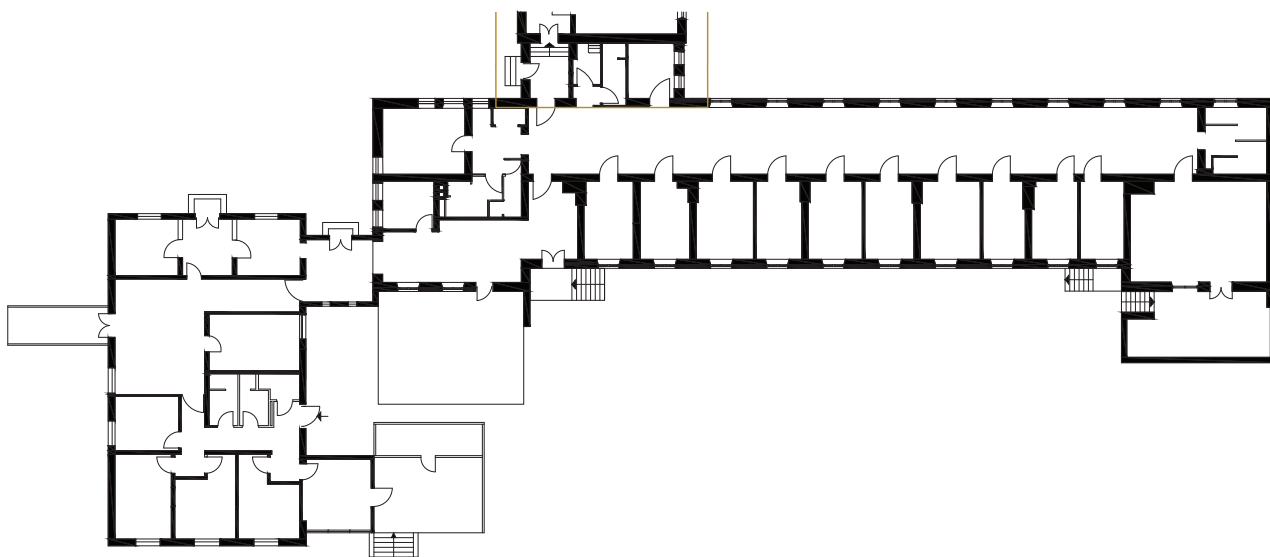


Billede 10. Oversigtsfoto over Kurhuset, bygning 21 i nederste højre hjørne.

Foto: <https://skraafoto.dataforsyningen.dk/>

Hele bygningskomplekset er nu privatejet, og står over for en større renovering. Hospitalet skal transformeres til boliger, let erhverv, fælles faciliteter og samlingssteder for både beboere og den øvrige bydel.

Bygningskomplekset er så stort, at de enkelte dele er nummererede (se billede 10), og der skal flere steder oprettes nye brandmæssige opdelinger, eller sikres eksisterende, da Kurhuset strækker sig over flere matrikler. I bygning 21, den sydøstlige længe i Kurhusets bygningskompleks, som tidligere husede nogle af de fattigste patienter, skal der indrettes nye boliger. Den nuværende planløsning består af en øst-vestgående gang med en række af sydvendte værelser. Disse slås sammen til boliger på tværs af gangens løbelængde, og i de nuværende værelser etableres stuer og køkkener, mens der i den nuværende gang etableres værelser og bad. Alt i alt betyder disse planer, at der skal etableres mange brandadskillende bygningsdele, både horisontalt og vertikalt.



Billede 11. Bygning 21 stueplan, eksisterende forhold. Tegning: ERIK

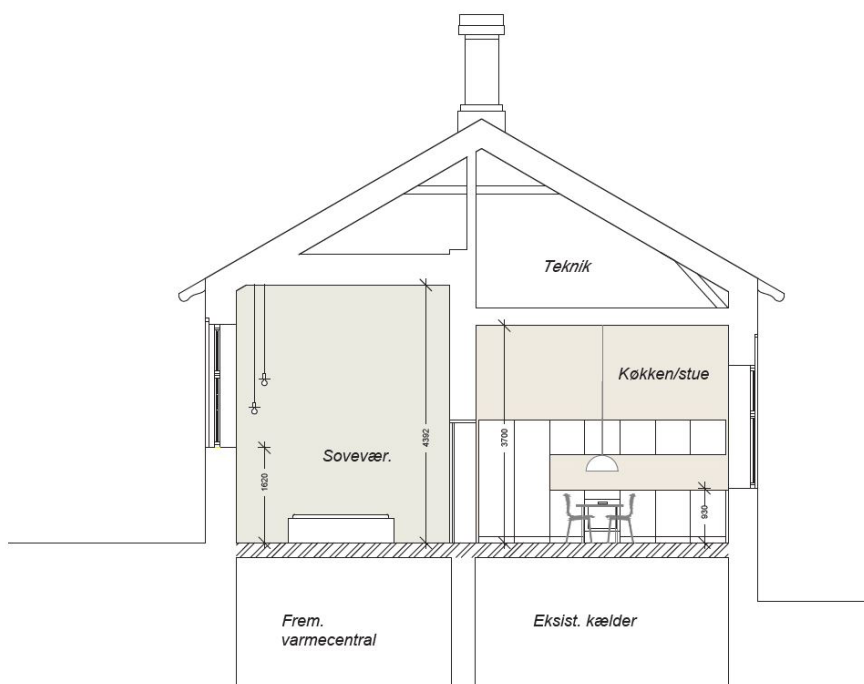
Bygning 21 er ikke en del af den fredede del af Kurhuset, men det er vigtigt for arkitekterne og bygherren, at der renoveres med respekt for og anvendelse af oprindelige materialer og udtryk. Bygningens arkitektur er domineret af lyse tegl, og dette materiale ønskes anvendt videst muligt, f.eks. også ved etablering af nye vægge. Der er mange ens døre i kurhuset, der muligvis ikke lever op til gældende krav efter transformationen, og der arbejdes i projektet på at finde løsninger for at de kan genbruges med mindre tilpasninger. Du kan læse mere om døre i afsnit 4.6. Bygningens træbjælkelag mellem stueetage og loftsrum ønskes desuden bevaret og det forventes, at særligt disse bygningsdele skal projekteres med særlig omsorg for at balancere brandkrav og arkitektoniske værdier.

Da brandstrategien endnu ikke var udarbejdet ved casestudiets afslutning, dokumenterer casen ikke en gennemført løsning. Kurhuset indgår derfor som en perspektiverende problemcase, der synliggør behovet for tidligt at afklare funktionskrav, eksisterende dokumentation og mulige Lösungswege, når bevaring af et eksisterende træbjælkelag skal forenes med ændret anvendelse og nye brandkrav.

3.4.2. Etageadskillelser

Træbjælkelaget mellem kælder og stueetage er et støbt betondæk, som der ikke bliver ændret ved undtagen tilføjelse af diverse gulvbelægninger.

Dækket mellem stueetage og loftsrum er i træ, og kommer fremover til at adskille de enkelte boliger mod loftsrummet, der skal indeholde en del teknik, og skal derfor formentlig være REI 60. Dækket består af to dele, det ene over gangen og det andet over værelserne. Over gangen har dækket nedadtil blottede træbjælker, som man ønsker at bevare. Oven på disse bjælker ligger brædder, ler og mineraluldsisolering. Over værelserne er dækket beklædt på undersiden med brædder og puds, og mellem bjælkerne er desuden indskudsbrædder og lerindskud. Øverst ligger gulvbrædder og isolering. Ved anvendelsesændring i bygningen og etablering af teknik på loftet skal det derfor undersøges, hvilke brandegenskaber disse nuværende opbygninger har, og hvordan dækket sikres til REI 60 uden at gå for meget på kompromis med materialitet og æstetik.



Billede 12. Fremtidige forhold, skitseprojekt. Tværsnit gennem de planlagte boliger i Kurhusets bygnings 21. Soveværelser etableres i den eksisterende gang, og køkken/stue i de nuværende patientværelser. Tegning: ERIK



Billede 13. Bindingsværkswæg, bræddeskillevæg og træbjælkelag med lerindskud i Sorø Akademis rektorbolig. Foto: ERIK

4

BYGNINGSDELE

De fremhævede bygningsdele i denne publikation er udvalgt ud fra et ønske om at vise eksempler på de dilemmaer der kan opstå, når nutidige brandkrav møder traditionelle konstruktioner. Vi har valgt at se nærmere på døre, murstensvægge, gennemføringer, synligt konstruktionstræ, bræddeskillevægge og dæk med lerindskud, hvoraf de sidste to er blevet testet i DBIs faciliteter.

Mange af de konstruktioner, der har været i brug i hundredvis af år i traditionel dansk byggeskik, er ofte udviklet netop med tanke på at kunne modstå brand- dette gælder for eksempel især for dækket med lerindskud – men de præcise brandegenskaber er ikke klassificeret og afprøvet inden for moderne standarder. Ofte finder man dog ud af, at egenskaberne rent faktisk kan modsvare moderne krav, og denne mangel på opdateret viden synes derfor u hensigtsmæssigt.

Når man renoverer en bygning, er der flere forhold, der skal afvejes ved valg og fravalg af materialer og indsatser. For at overholde kravene til brand, kan det ofte virke lettest at anvende veldokumenterede materialer med Europæiske klassifikationer, men hertil kommer overvejelser om kulturværdier og materialernes indvirken på klima, miljø og ressourcer.

4.1. KLIMAPÅVIRKNING FRA TILFØRTE MATERIALER

For alle bygningsdele beskrevet i dette kapitel er der regnet på den indlejrede klimapåvirkning i eventuelt tilførte materialer. I en LCA (Life Cycle Assessment) beregnes sædvanligvis en byggevarer eller et byggeris klimapåvirkning over en fuld livscyklus med en 50-årig betragtningsperiode efter standard ISO14040. For renoveringer er det komplekst at lave en LCA, især hvis man vil sammenligne resultatet med andre projekter, da disse kan have helt forskellige forudsætninger for at opnå en lav klimapåvirkning igennem den eksisterende materialesammensætning, eksisterende energiforbrug, potentialer for genbrug og så videre. I dette projekt ser vi på eventuelt tilførte materials indlejrede klimapåvirkning gennem råstofudvinding, transport og produktion – også kendt som fase A1-A3 – samt affaldsbehandling og bortskaffelse C3-C4. Da renoveringsprojekter kan have helt forskellige behov for tilførte materiale sammenligner vi materialernes klimapåvirkning per m² overflade af den givne konstruktion, og altså ikke per m² for det samlede byggeri. Vi har indhentet data fra ÖKOBAUDAT⁸ og EPD Danmark⁹.

LCA er et rigtigt godt redskab til i videst muligt omfang at kvantificere og sammenligne klimapåvirkning på tværs af materialetyper. Bæredygtighed og lav klimapåvirkning er dog ofte mere kompliceret end dette. For eksempel har en enkelt almindelig gipsplade ikke nogen meget høj klimapåvirkning i sig selv. Til gengæld kan en gipsplade forringe en historisk bygnings æstetiske, arkitektoniske og kulturelle værdi, og dermed potentielt dennes fremtidige levetid. Denne forringelse af bygningens kvalitet er dog svær at sætte tal på.

4.2. TRÆBJÆLKELAG MED LERINDSKUD

Træbjælkelag med lerindskud er en udbredt type etageadskillelse i danske etageejendomme opført frem til begyndelsen af 1900-tallet. Konstruktionen består typisk af et bærende træbjælkelag, der hviler på ydervæggene og eventuelt en hovedskillevæg. Mellem bjælkerne ligger lerindskud på indskudsbrædder, mens træbjælkelaget typisk afsluttes med gulv på oversiden og et pudset loft på undersiden.

Lerinskuddet blev oprindeligt anvendt blandt andet som en brandhæmmende foranstaltning og bidrog samtidig til konstruktionens varme- og lydisolerende egenskaber.

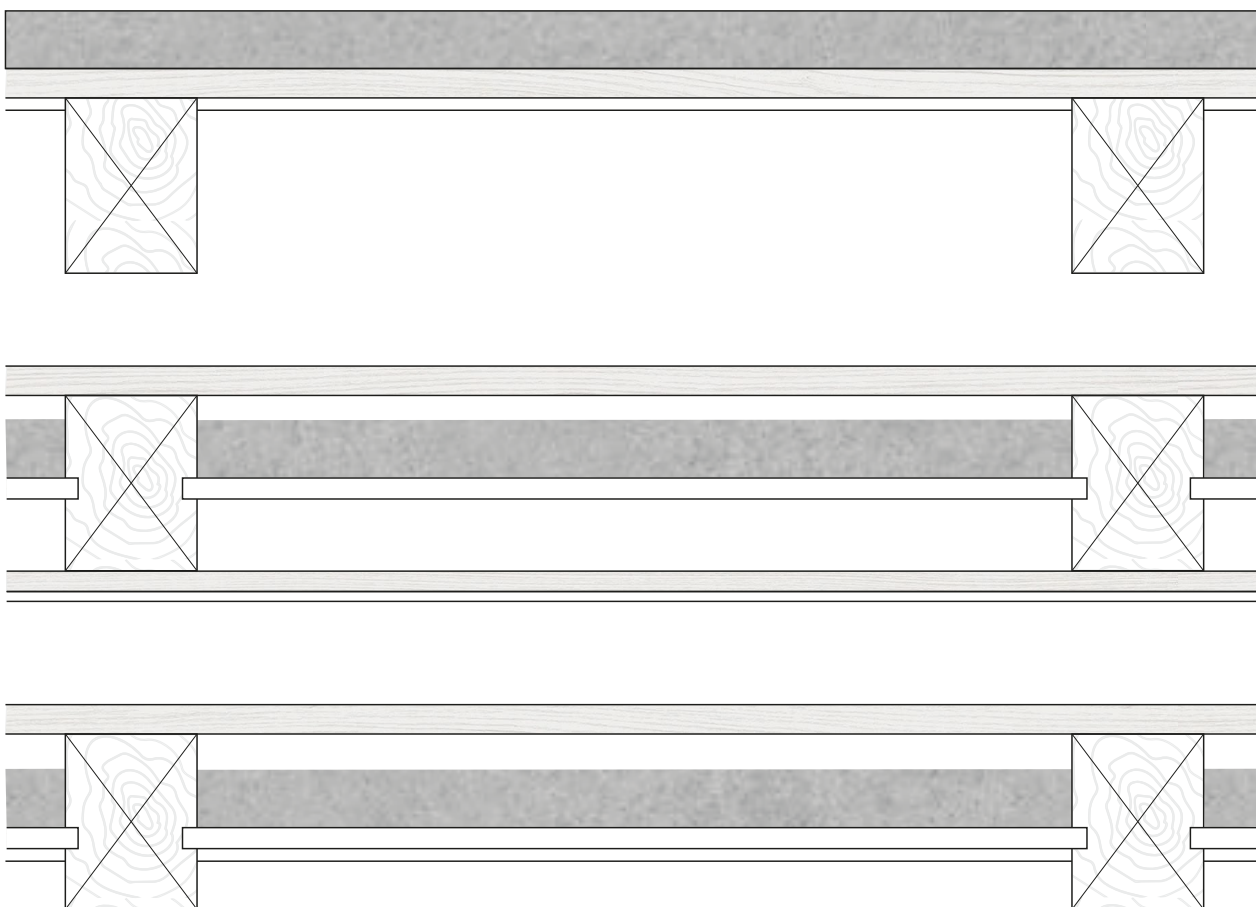
Selvom konstruktionens grundprincip er det samme, kan opbygningen variere betydeligt. Variationerne skyldes blandt andet datidens byggeskik, materialevalg og håndværksmæssige udførelse samt senere ombygninger, reparationer og naturlig ældning.

4.2.1. Kulturværdier

Træbjælkelaget udgør loft, gulv eller begge dele. Gulve og lofter kan have stor betydning for en bygnings fredningsværdi og kulturhistorie. Synlige bjælker i lofter viser datidens konstruktioner og byggeskik, mens gulvbræddernes håndværksmæssige udførelse og brugsspor kan fortælle om bygningens historie. Disse bygningsdele kan derfor have væsentlig arkitektonisk og kulturhistorisk værdi.

8. <https://www.oekobaudat.de/>

9. <https://www.epddanmark.dk/>



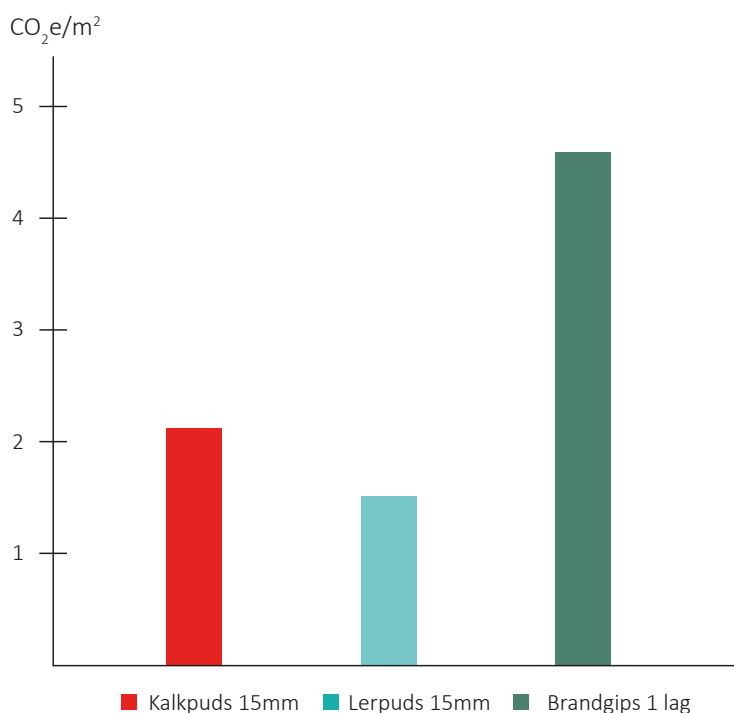
Billede 14. Træbjælkelag med lerindskud. Øverst: som i Kurhuset over gang med synlige bjælker og ler oven på gulvbrædder på loftet. I midten: almindeligt træbjælkelag: 15mm rørvæv og puds, 25mm brædder, 150x200mm bjælker, 25mm indskudsbrædder, 70mm lerindskud, 35mm gulvbrædder. Nederst: variant med synlige bjælker og lerindskud, udvalgt af ERIK arkitekter og testet som beskrevet i appendiks kapitel 6.

I fredede bygninger kræver væsentlige ændringer af dækkonstruktionen som udgangspunkt tilladelse fra Slots- og Kulturstyrelsen. Lerinskuddet bør som udgangspunkt søges bevaret, når det har arkitektonisk, kulturhistorisk eller byggeteknisk betydning.

4.2.2. Klimapåvirkning

Ved brandsikring af træbjælkelag med lerindskud har valget af tilførte materialer betydning for klimapåvirkningen. En traditionel beklædning på undersiden af indskudsbrædder er strå og kalkpuds, som har en lavere klimapåvirkning end en almindelig gipsplade. Produktionen af ny kalkpuds udleder ca. 2 kg CO₂e/m² ved en pudstykkelser på 15 mm, mens en plade brandgips udleder ca. 4,6 kg CO₂e/m² (se fig. 2 på næste side). Ved anvendelse af lerpuds reduceres udledningen til ca. 1,5 kg CO₂e/m². Her er ikke taget højde for rørvæv i pudsen, da det var svært at finde en troværdig LCA-kilde, men rørvæv må forventes yderligere at reducere af klimapåvirkning.

Den største klimagevinst opnås ved at bevare den eksisterende konstruktion i videst muligt omfang. En ny opbygning som vist i figur 2 udleder ca. 22,5 kg CO₂e/m², forudsat den bygges i disse biogene materialer. Hertil kommer den reduktion af andre miljøpåvirkninger, der opnås ved at undgå udskiftning.



Figur 2. klimabelastning fra forskellige beklædningstyper

4.2.3. Brandbeskyttelse på undersiden

Når den eksisterende konstruktion ikke kan dokumenteres brandteknisk, og der ikke er krav til ubrændbar bærende konstruktion (krav hvis over 12m til øverste gulv), etableres der i praksis ofte brandbeskyttelse på undersiden af etageadskillelsen. Typisk er løsningen et ikke-bærende beklædningssystem, f.eks. gipsbaserede løsninger, der opfylder klassifikationen K₂ 60/A2-s1,d0. Eksempler på sådanne løsninger er beskrevet i BYG-ERFA-blad (23) 26 02 21, *Brandsikring og lydisolation af træetageadskillelser – ombygning og renovering*¹⁰.

Brandbeskyttelsen kan bidrage til at opfylde de brandtekniske krav, men medfører samtidig indgreb i den eksisterende bygning. Det oprindelige loft skjules eller erstattes, og installationer skal ofte omlægges. Hvis der samtidig skal opfyldes akustiske krav, kan det være nødvendigt at etablere et nedhængt loft eller en tilsvarende loftskonstruktion. Indgrebene reducerer loftshøjden og kan ved renovering af beboede bygninger medføre behov for midlertidig genhusning.

Behovet for supplerende brandbeskyttelse skyldes ikke nødvendigvis, at den eksisterende konstruktion har utilstrækkelig brandmodstandsevne, men kan i stedet skyldes, at der mangler et tilstrækkeligt dokumentationsgrundlag for konstruktionens brandtekniske egenskaber.

4.2.4. Historiske klassifikationer og brandprøvninger

Træbjælkelag med lerindskud har tidligere været omfattet af historiske klassifikationer. I BR-66 var konstruktionen angivet som en BD-bygningsdel 60, når den var udført i overensstemmelse med

10. Schmidt, L., Christensen, J. & Rasmussen, B. (2026). Brandsikring og lydisolation af træetageadskillelser – ombygning og renovering. BYG-ERFA erfaringsblad (23) 26 02 21. København: Fonden BYG-ERFA. <https://byg-erfa.dk/brandsikring-og-lydisolation-af-traeetageadskillelser-ombygning-og-renovering>

den angivne opbygning. Med BR-77 blev konstruktionseksemplerne flyttet fra lovteksten til et tilhørende bilag. De historiske klassifikationer kan imidlertid ikke uden videre anvendes som dokumentation efter de gældende regler.

Der er tidligere gennemført brandprøvninger af forskellige træbjælkelag med lerindskud. Vi kan finde dokumentation for dette tilbage til 1946¹¹. Resultaterne er dog knyttet til de konkrete prøvningsopbygninger og kan ikke uden videre overføres til andre etageadskillelser.

DBI gennemførte ved en tidligere demonstrationsdag¹² en orienterende modelovnsprøvning af et træbjælkelag med lerindskud, opbygget efter beskrivelser i Alment teknisk fælleseje, bl.a. BYG-ER-FA og SBI-anvisning. Konstruktionen tog udgangspunkt i en dimensionering som kunne forventes være til den svage side, for at etablere en form for "worst-case". Dog var udførelsen mere ensartet og præcis udført end de træbjælkelag, der typisk findes i ældre bygninger. Prøveemnet blev udført med tætte samlinger og et homogent, stampet lerlag. Gulvet bestod af 30 mm fer- og not med små tolerancer. Et mere repræsentativt dokumentationsgrundlag ville derfor kræve yderligere prøvninger.

4.2.5. Resultater og anvendelse

Den tidligere demonstrationsprøvning viste, at et træbjælkelag under de givne prøvningsforudsætninger kunne modstå 60 minutters brandpåvirkning. Prøvningen blev gennemført i modelovn og uden mekanisk belastning. Resultatet udgør derfor ikke grundlag for en klassifikation og kan ikke overføres direkte til eksisterende træbjælkelag. De kan indgå som supplerende viden ved vurdering af tilsvarende konstruktioner, men kan ikke stå alene som brandteknisk dokumentation. Se afsnit 2.2.4 om orienterende prøvninger for en nærmere beskrivelse af, hvordan resultater fra denne type prøvning kan anvendes.

Arbejdet med dokumentation af eksisterende træbjælkelag videreføres i andre initiativer. Et eksempel er projektet *LERDÆK – Bygbar transformation af tagrum til bolig*¹³ som undersøger, hvordan eksisterende træbjælkelag med lerindskud kan bevares og opgraderes under hensyn til brand, akustik, miljøpåvirkning og bygbarhed. Et centralt formål er gennem brandprøvninger at etablere et fælles referencegrundlag for vurdering, udvikling og prøvning af denne type dæk.

4.2.6. Gennemføringer i træbjælkelag med lerindskud

Gennemføringer til tekniske installationer, herunder ventilation, afløb, vand og el, kan udgøre et kritisk punkt i træbjælkelag med lerindskud. Når der etableres gennemføringer, kan lerinskuddet forskydes eller falde ud, så der opstår skjulte hulrum. Det kan forringe etageadskillelsens brandtekniske egenskaber og øge risikoen for spredning af brand og røg. Se afsnit 4.7 om gennemføringer.

Brandtætningsprodukter prøves ofte i standardiserede understøttende konstruktioner, f.eks. dæk

11. Sammenlignende forsøg med forskellige indskudsmaterialer i etageadskillelser (1946). Meddelelser fra Københavns Bygningsvæsen, nr. 2, s. 9-19. Kilde: <https://danskbyggeskik.dk/>

12. <https://brandogsikring.dk/nyheder/2026/etagedaek-lerindskud-brandtest/>

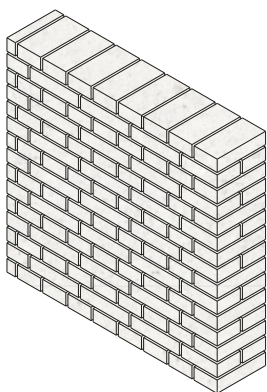
13. DBI. (2026, 13. juli). Gamle tagrum kan blive til nye boliger. <https://brandogsikring.dk/nyheder/2026/gamle-tagrum-kan-blive-til-nye-boliger/>

af porebeton. Dokumentation fra sådanne prøvninger kan derfor ikke uden videre overføres til træbjælkelag med lerindskud.

Der findes leverandørdokumentation for brandtætningsprodukter (afsnit 4.7), derudover findes løsninger beskrevet i almen teknisk fælleseje, f.eks BYG-ERFA-blad (23) 26 02 21, Brandsikring og lydisolations af træetageadskillelser – ombygning og renovering.

De tidligere nævnte prøvninger og konstruktioner kan anvendes som referencegrundlag ved fremtidig udvikling og prøvning af løsninger til gennemføringer og brandtætninger i denne type etageadskillelser. Da prøvningerne blev gennemført uden gennemføringer, dokumenterer de ikke i sig selv konkrete gennemføringsløsninger.

4.3. MURVÆRK, LERPUDS OG BINDINGSVÆRK



Figur 3. Murstensvæg

4.3.1. Generelt

Visse brændte og ubrændte lerprodukter, der er omfattet af produktlisten i Kommissionens beslutning 96/603/EF (afsnit 2.2.5), kan klassificeres som A1 uden prøvning, når de opfylder beslutningens betingelser. En af betingelserne er, at indholdet af homogent fordelt organisk materiale højst må udgøre 1%. Hvis andelen er forskellig, alt efter om den opgøres efter vægt eller volumen, gælder den højeste andel.

4.3.2. Brændte mursten

Vægge af brændte mursten giver normalt ikke udfordringer ved dokumentation af brandforhold, da konstruktionstypen er velkendt og gennem mange år har været beskrevet i bygningsreglementer, vejledninger og standarder.

Fra slutningen af 1800-tallet og frem til 1970'erne blev indvendige vægge ofte udført som grundmurede, massive og pudsede murværksvægge, typisk af billigere tegl end ydervæggene. Væggene havde ofte en bærende funktion. Overliggere blev oprindeligt udført af træ. Fra slutningen af 1940'erne blev de ofte udført af stål og senere af ståltegl.

Brandtekniske Meddelelser nr. 7 fra 1939 indeholder eksempler på bygningsdele, der opfyldte

datidens brandklassifikationer. En væg af hule, helbrændte mursten, molersten eller kalksandsten kunne opfylde BS 60, mens en ½-stensvæg af massive sten, pudset på begge sider, kunne opfylde BS 120. Acceptkriteriet omfattede blandt andet en maksimal temperaturstigning på 150 °C. I DS 1052:1966 blev dette ændret til en middeltemperaturstigning på 140 °C og en højeste temperaturstigning på 180 °C.

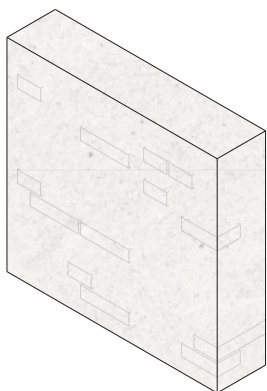
I BR-66, BR-72 og BR-77 blev murværk af blandt andet teglsten, kalksandsten og betonsten anerkendt uden yderligere brandprøvning. En bærende væg på 23 cm kunne klassificeres som BS-væg 120 og en væg på 11 cm som BS-væg 60. En ikke-bærende væg på 17 cm kunne klassificeres som BS-væg 120. Konstruktionerne skulle udføres efter de gældende normer for dimensionering, materialekvalitet og udførelse.

I BR-82 blev en ikke-bærende murværksvæg på 168 mm anerkendt som BS-væg 120. I BR-95 blev klassifikationen for bærende vægge desuden knyttet til væghøjden. En bærende BS-væg 120 kunne udføres som 228 mm murværk eller som 168 mm murværk i højder op til 3,8 m, mens en BS-væg 60 kunne udføres som 108 mm murværk i højder op til 2,6 m. Brandmodstanden blev dermed relateret til både vægtykkelse, højde og bæreevne. I 1999 udgik konstruktionseksemplerne af bygningsreglementet og blev videreført i DBI Vejledning 30.

I dag kan murværk i mange tilfælde dokumenteres efter DS/EN 1996-1-2 ved tabelopslag for bærende og ikke-bærende vægge. Det kræver blandt andet kendskab til murstenstype, mørteltype, densitet og væghøjde.

I fredede bygninger skal afblænding af muråbninger som regel udføres i samme materiale som den eksisterende væg, da man ikke må indføre nye materialer.

4.3.3. Ubrændte mursten



Figur 4. Stampet lervæg

I modsætning til brændte mursten nævnes ubrændte lermaterialer sjældent i historiske brandtekniske kilder. I Brandtekniske Meddelelser nr. 7 fra 1939 understreges det imidlertid, at der skal anvendes "helbrændte mursten" for at opfylde BS 120. Det kan tyde på, at der blev skelnet mellem brændte og ubrændte mursten.

Ubrændte lermaterialer findes i historisk byggeri i mange former, blandt andet som lersten, lerpuds, lermørtel, pisé (stampet) og lerindskud i etageadskillelser.

Der er forskel på komprimerede lersten og formede eller ekstruderede lersten. Komprimerede lersten produceres i dag flere steder i Danmark, men er en relativt ny opfindelse. Ubrændte lersten i ældre byggeri vil derfor typisk være formede eller ekstruderede.

I et fransk studie fra 2025¹⁴ blev brandmodstanden for murværk af ubrændte lersten undersøgt som en del af B2M-projektet, hvor blandt andre CRAterre, CTMNC og CSTB deltager. Studiet omfattede formede, ekstruderede og komprimerede lersten og viste gode brandegenskaber, herunder EI 120 for alle fire murede prøvevægge og REI 120 for to bærende vægge. De formede og ekstruderede lersten i studiet indeholdt mere end 1 % organisk materiale og kan derfor ikke automatisk klassificeres som A1 uden prøvning i henhold til Kommissionens beslutning 96/603/EF.

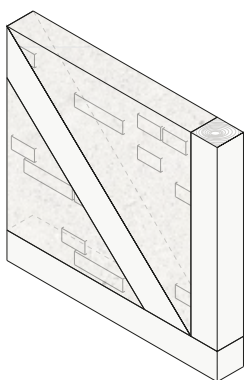
Derudover angiver den schweiziske producent Terrabloc, at en 14 cm tyk, ikke-bærende væg af komprimerede Terrabloc M-lersten er klassificeret som EI 120 på baggrund af en brandprøvning fra 2022¹⁵.

4.3.4. Lerpuds

Lerpuds har historisk været anvendt på bindingsværk, fuldmurede konstruktioner, bræddeskillevægge og lofter med rørvæv. Som en del af projektet blev der gennemført småskalaforsøg af emner opbygget som dobbelte bræddeskillevægge med kalk- og lerpuds. Under de givne prøvningsforudsætninger viste lerpudsens bedre brandbeskyttende egenskaber end kalkpudsens. Se appendiks, kap. 6. Resultaterne ligger i forlængelse af Johanna Libliks ph.d.-arbejde ved Tallinn University of Technology, hvor 15-20 mm lerpuds på korrekt fastholdt puds bærer indikerede en brandbeskyttende effekt i størrelsesordenen 10-18 minutter.

4.3.5. Bindingsværk

Bindingsværksvægge blev anvendt som lejlighedsskel og bærende indervægge i københavnsk etagebyggeri gennem hele 1800-tallet. I SBI's beskrivelser af periodens etageboligbyggeri fremgår det, at væggene typisk var udført som udfyldt bindingsværk og pudset, også over stolper og skråbånd.



Figur 5. Væg i bindingsværk

14. Pimienta, P. et al. (2025). Projet B2M: Résistance au feu de maçonneries en briques de terre crue. Academic Journal of Civil Engineering, 43(6), 1–12. <https://doi.org/10.26168/ajce.43.6.8>

15. Terrabloc SA (2022). Reconnaissance AEAI – Résistance au feu Terrabloc M, EI 120. https://www.terrabloc.ch/s/Feu_TerrablocM_AEAI_EI120_F.pdf

Det er brandteknisk relevant, fordi en pudset bindingsværksvæg normalt er lettere at vurdere end en åben bindingsværksvæg, hvor fugerne mellem træ og tavl er direkte eksponerede.

Ved vurdering af bindingsværksvægge må der tages stilling til, hvilken funktion væggen har i det pågældende byggeri. Hvis væggen ikke er brandadskillende, vil vurderingen normalt tage udgangspunkt i kravene til indvendige overflader. Hvis væggen derimod skal fungere som brandcelle- eller brandsektionsadskillelse, skal den vurderes som en samlet brandadskillende konstruktion. Her er det ikke nok at se på tavlmaterialet alene. Fugerne mellem træ og tavl, puds, gennemføringer og tilslutninger mod dæk, loft og tilstødende vægge vil ofte være afgørende for, om væggen kan opretholde tæthed, isoleringsevne og eventuelt bæreevne.

I en tysk undersøgelse af Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer¹⁶ blev 19 forskellige bindingsværksvægge prøvet i en mindre brandprøvningssovn. Forsøgene viste, at vægge med utilstrækkelig tætning typisk lå omkring F 30 (omtrent 30 minutters brandmodstand), mens vægge med god tætning mellem træ og tavl samt sammenhængende puds- eller pladelag kunne opnå F 60 eller F 90 (omtrent 60 eller 90 minutters brandmodstand). Der blev fremhævet som en egnet tætning mellem tavl og træ, men resultaterne var indikative og kan ikke sidestilles med klassifikationstests.

Dokumentation af bindingsværksvægge kan ske ved prøvning af den konkrete vægtype eller ved en brandteknisk vurdering baseret på registrering og sammenligning med relevante forsøg. Ved registreringen bør væggenes opbygning, pudstykkelser, fuger mellem træ og tavl, gennemføringer og tilslutninger dokumenteres.

4.3.6. Klimapåvirkning

Udvinding og forarbejdning af lerprodukter har en reelt lav klimapåvirkning, medmindre leret brændes til tegl. Almindelige røde teglsten udleder omkring 400 kg CO₂e pr. m³, mens udledningen fra ubrændte lersten er ca. en fjerdedel så stor. En stampet lervæg udleder omkring 25 kg CO₂e pr. m³. Traditionelle metoder til at bygge med ler, hvad enten leret stemples, presses til sten, lægges som gulv eller anvendes som del af bindingsværk, har en relativt lav klimapåvirkning sammenlignet med brændt tegl, så længe metoderne ikke forudsætter et uforholdsmæssigt større materialeforbrug.

4.4. DOBBELT BRÆDDESKILLEVÆG

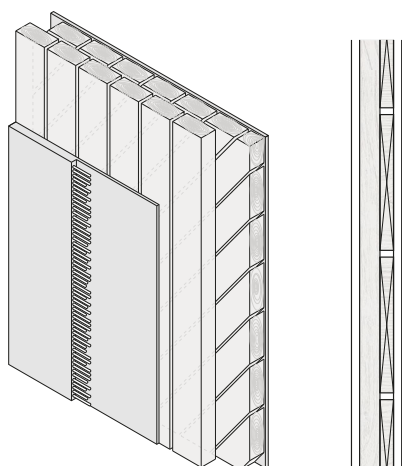
Den mest almindelige type indervæg frem til 1950'erne var den dobbelt bræddeskillevæg. Væggen består af to lag sammensømmede brædder – et lodret og et skråtstillet lag afsluttet med puds på begge sider. Det lodrette lag er lidt kraftigere end det skråtstillede, og de to lag er tilsammen ca. 50 mm tykke. Med pudsbærer i form af rørvæv og puds er væggen ca. 80 mm tyk¹⁷.

Den dobbelte bræddeskillevæg anvendes almindeligvis som ikke-bærende adskillelse inden for samme lejlighed eller mellem beboelses-, arbejds- og øvrige rum¹⁸.

16. Leimer, H.-P. (1998). Bestimmung der Feuerwiderstandsdauer von Fachwerkwänden. Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzen, 4(2), 113–124. <https://doi.org/10.1515/rbm-1998-5256>

17. Kilde: <https://danskbyggeskik.dk/dyk-ned-i-historien/bygningsdel/indervaege/braeddevaegge>

18. Byggebogen



Figur 6. Dobbelt bræddeskillevæg, aksonometri og 1:100 snit

De fleste fredede bygninger er opført før vægge beklædt med pladematerialer som f.eks. gipsplader blev almindelige. Fredningsmyndigheden stiller derfor krav om, at der ikke anvendes gips ved ombygning og istandsættelse af bygningerne.

4.4.1. Småskalaforsøg af dobbelt bræddeskillevæg

PROJEKTETS TESTBIDRAG

- Nye måledata. Småskalaforsøgene tilfører frit tilgængelige måleresultater for traditionelle bræddeskillevægge med rørvæv og puds.
- Beskyttelse af træ. Rørvæv og kalkpuds beskyttede i forsøget det bagvedliggende træ i cirka ni minutter- tæt på temperaturkriteriet for K₁ 10.
- Potentiale for EI 60. Vægkonstruktionen viste en temperaturudvikling med relevant potentiale i forhold til en brandmodstandsevne som EI 60.
- Udførelsen er afgørende. Pudsens fastholdelse og udførelse kan have mindst lige så stor betydning som pudstykkelsen.

Resultaterne er indikative og kan ikke anvendes som klassifikation eller som selvstændig dokumentation for en konkret konstruktion.

Baggrund

Da der ofte stilles spørgsmål til væggenes faktiske brandtekniske egenskaber målt efter de europæiske prøvningsmetoder, blev der som en del af dette projekt gennemført en forsøgsserie med brandprøvninger. Tvivlen drejer sig ofte om konstruktionstypens egnethed som brandadskillende bygningsdel, men også om, hvor godt kalkpuds på rørvæv beskytter, da udførelsen kan variere meget. Forsøgsserien havde derfor til formål at afdække både hele konstruktionens brandmodstandsevne og pudstykkelsens betydning for beskyttelsen af det bagvedliggende brændbare materiale

Forsøg

Forsøgene blev udført som småskalaforsøg i en miniovn. Læs mere om de forskellige typer af brandprøvninger i afsnit 2.2.4. Metoden giver ikke grundlag for en klassifikation, men kan anvendes til sammenlignende undersøgelser og til at belyse specifikke parametres betydning.

I forsøgsserien blev der opbygget prøveemner af dobbelte bræddeskillevægge med rørvæv og forskellige tykkelser kalkpuds samt et prøveemne med lerpuds.

Resultat

I den anvendte småskalaopstilling indikerede målingerne, at rørvæv og kalkpuds kunne beskytte det bagvedliggende træ i cirka ni minutter, hvilket er tæt på temperaturkriteriet, der kræves for en beklædning klassificeret som $K_1 10 / B-s1, d0$ [klasse 1-beklædning], men kan ikke sidestilles med en klassifikationsprøvning.

Forsøgene viste desuden, at vægkonstruktionen havde et relevant potentiale i forhold til EI 60, vurderet ud fra temperaturudviklingen i den anvendte småskalaopstilling. Der blev dog ikke observeret en entydig positiv sammenhæng mellem øget pudstykkelse og forbedret brandmæssig ydeevne, da tykkere pudslag ikke nødvendigvis forbedrede konstruktionens opførsel under brandpåvirkning. Resultaterne giver grundlag for at undersøge, om dobbelte bræddeskillevægge med rørvæv og kalkpuds kan bestå en klassifikationsprøvning.

Resultaterne tilfører et tilgængeligt, empirisk grundlag, som kan supplere historiske kilder, kvalificere en brandteknisk vurdering og understøtte tilrettelæggelsen af fremtidige prøvninger. Resultaterne kan ikke stå alene som dokumentation for en konkret løsning.

Den fulde rapport findes i appendiks s. 58.

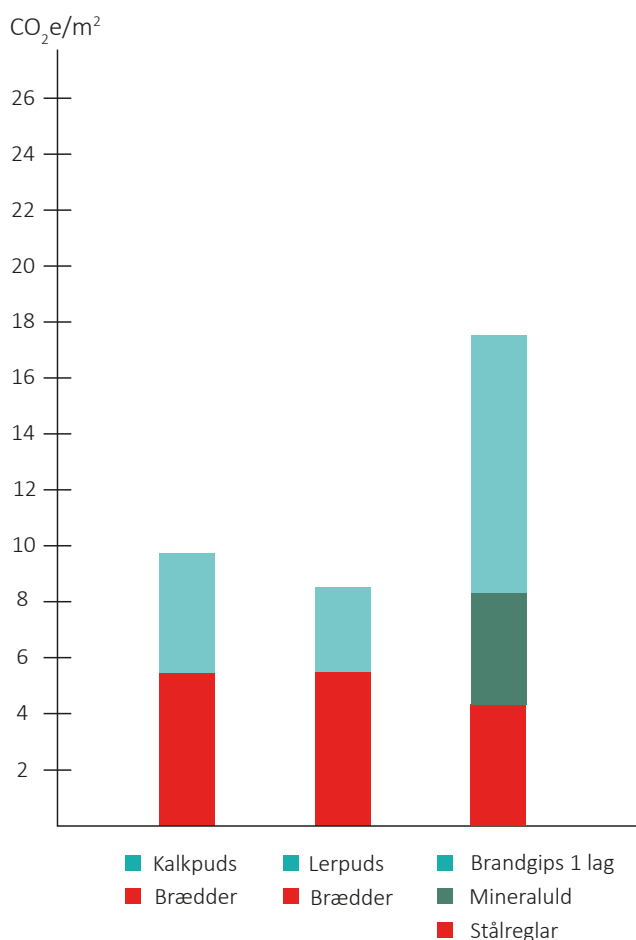
4.4.2. Historiske klassifikationer

I Brandtekniske Meddelelser nr. 7 fra 1939 gives eksempler på bygningsdele, der opfyldte datidens brandklassifikationer. I brandtekniske meddelelser angives dobbelt bræddeskillerum af 25 mm puds med mindst 12 mm kalkpuds på begge sider som BD60.

Dobbelt bræddeskillevægge har gennem bygningsreglementerne været anerkendt som brandadskillende konstruktioner, når de blev udført efter de i reglementerne angivne konstruktive principper. En dobbelt bræddeskillevæg var i BR-66 angivet som en BD-bygningsdel 60, når den var udført med et lag 31 mm lodrette brædder og et lag 19 mm skråtstillede brædder samt rørvæv og 12 mm kalkpuds på begge sider af væggen, samt en række konkrete tilslutninger til tilstødende bygningsdele. Ifølge BB 323.13 fra 1968 kunne rørvæv og puds erstattes af 13 mm gipsplader på begge sider. Konstruktionen kunne anvendes uden brandprøvning, forudsat at den blev udført i overensstemmelse med de gældende normer og de i reglementet angivne forudsætninger.

Konstruktionen blev videreført i BR-72 og BR-77 og angivet som BD-væg 60. Med BR-77 blev de konkrete konstruktionseksempler flyttet fra selve reglementsteksten til et bilag.

Ved vurdering af eksisterende bygninger kan en dobbelt bræddeskillevæg med denne opbygning derfor som udgangspunkt tillægges en brandmodstandsevne svarende til BD-væg 60, når konstruktionen er udført i overensstemmelse med datidens byggeskik og normgrundlag og fremstår intakt. I de senere bygningsreglementer udgik konstruktionen af de brandtekniske eksempler.



Figur 7. Klimapåvirkning fra skillevægge

4.4.3. Klimapåvirkning

En traditionelt opbygget dobbelt bræddeskillevæg med to lag brædder samt rørvæv og kalkpuds på begge sider vil, hvis den opføres i dag, udlede 9 kg CO₂e pr. m² væg.

Lerpuds er en smule mindre klimabelastende end kalkpuds. Hvis lerpuds anvendes i stedet, kan udledningen reduceres med ca. 0,5 kg CO₂e pr. m².

Til sammenligning vil en konventionel EI 60-væg med stålreglar, mineraluld og to lag brandgips på begge sider udlede 17,5 kg CO₂e.

4.5. GAMMELT TRÆ

Biogene materialer er blevet populære i ny arkitektur som led i at reducere byggeriets klimapåvirkning. Træ har traditionelt været en fast del af dansk byggeskik, blandt andet i bindingsværk, træbjælkelag og spærkonstruktioner. Bindingsværk og træbjælkelag behandles i afsnit 4.3.5 og 4.2. I dette kapitel er fokus på bevaring af eksisterende spærkonstruktioner, hvor synlige dele af det bærende træ kan være en vigtig del af den historiske byggeskik og bygningens arkitektoniske udtryk.

Det kan være en udfordring at bevare synligt træ ved renovering og transformation, når konstrukti-

onen samtidig skal opfylde de gældende brandkrav i BR18. Tidligere praksis blandt statikere var at vurdere gammelt træ på lige fod med nyt, da kvaliteten ofte blev anset for at være tilsvarende eller højere. Denne antagelse understøttes blandt andet af artiklen *Den ældre boligmasses bygningsmæssige kvalitet*. 1. Forsøg med træbjælker fra 1981¹⁹.

Med BR18 og de tilhørende dokumentationskrav er der imidlertid kommet større forsigtighed i vurderingen af gammelt træes bæreevne. Brandkravene til bærende konstruktioner er tæt knyttet til de statiske forhold, da det skal dokumenteres, at resttværsnittet har tilstrækkelig bæreevne efter den krævede brandpåvirkning. Det kræver dokumentation af det eksisterende tømmeres bæreevne og brandegenskaber, herunder indbrændingshastigheden.

Indbrændingshastigheden er den hastighed, hvormed træ forkuller, når det udsættes for brand. I EN 1995-1-2, Eurocode 5, som vedrører brandteknisk dimensionering, er indbrændingshastigheden, defineret som 0,65 mm/min for konstruktionstræ i nåltræ og bøg med en densitet over 290 kg/m³ ved endimensionel indbrænding, og 0,8 mm/min hvis flere sider af bjælken er eksponeret. Indbrændingshastigheden anvendes til at beregne det resterende tværsnit efter en given brandpåvirkning og indgår i vurderingen af, om en ældre bærende konstruktion skal beskyttes eller forstærkes.

I projektet *Upcycle Orangeri 2.0*²⁰ bidrog DBI med undersøgelser om genanvendt konstruktionstræ brænder anderledes end nyt konstruktionstræ. I samarbejde med BUILD blev det besluttet at udføre en prøvning af endimensionel indbrænding. Indbrændingen blev løbende registreret ved hjælp af termoelementer indfræset i prøveemnerne.

Det er ikke kun træets alder, der afgør dets brandegenskaber. Gamle bjælker er ofte kendetegnet ved store svindrevner, irregulære overflader og huller efter rør- eller ledningsgennemføringer. For at undersøge, om disse forhold havde indflydelse på, hvordan branden påvirkede bjælkerne, og hvilken betydning eksponering fra fire sider havde, blev der også gennemført en komparativ prøvning. Her blev bjælker af forskellig alder sammenlignet med nye bjælker af gran og fyr. De gennemførte brandprøvninger viste, at indbrændingshastigheden for det genanvendte konstruktionstræ, uanset træets alder og sort, lå under de indbrændingshastigheder, der er angivet i Eurocode 5.

Når brandrådgiveren har fastlagt brandkravet, og statikeren har vurderet det eksisterende træes bæreevne, vil det ofte være nødvendigt at forstærke konstruktionen. En enkel metode er at påføre konstruktionen med nyt styrkesorteret træ. Da indbrændingshastigheden for nyt træ er kendt, kan det resterende tværsnit efter en given brandpåvirkning beregnes. Hvis en bjælke på 150 × 150 mm forstærkes med 45 mm træ på den eksponerede side, tager det beregningsmæssigt 69 minutter, før de 45 mm er forkullet, ved en indbrændingshastighed på 0,65 mm/min. Ved en indbrændingshastighed på 0,8 mm/min. er tiden 56 minutter.

19. Carlsen, B. E., & Engelmark, J. (1981). Den ældre boligmasses bygningsmæssige kvalitet. 1. Forsøg med træbjælker. Byggeindustrien 6/7. Kilde: <https://danskbyggeskik.dk/>

20. Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut (DBI) (2023). Upcycle Orangeri 2.0: Projektnotat – beskrivelse af forløb og konklusioner. <https://brandogsikring.dk/forskning-og-udvikling/udvikling-af-brandsikre-biobaserede-og-cirkulaere-byggevarer/orangeri/>

4.5.1. Synligt træ i præ-accepterede løsninger

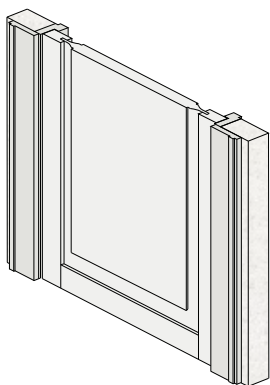
Hvis projektet skal dokumenteres ved brug af præ-accepterede løsninger, kan synligt træ i bærende konstruktioner med brandmodstandsevne R 60 udgøre op til 20 % af rummets samlede væg- og loftareal i bygninger, hvor gulvet i øverste etage ligger mellem 5,1 og 12 m over terræn. Det forudsætter, at træet mindst er klassificeret som D-s2,d2, og at de øvrige væg- og loftoverflader mindst udføres som K₁ 10 / B-s1,d0. Inden for disse rammer behøver træet ikke beklædes med ubrændbart materiale.

I casen om Børnekulturens Hus (se afsnit 3.3.) ønskede arkitekterne at bevare udtrykket med den eksponerede trækonstruktion. Da konstruktionen viste sig at være for tynd til at opfylde brandkravet, valgte man at påføre den med brædder på alle sider. Udtrykket blev ikke helt det samme, da den oprindelige konstruktion var udført af gammelt fuldtømmer og fremstod noget mere spinkel. Løsningen gjorde det muligt at bevare konstruktionen synlig frem for at beklæde og skjule den. Både arkitekterne og kunden var tilfredse med resultatet.

4.5.2. Klimapåvirkning

Træ er et biogent materiale, som optager CO₂ under væksten. Træ har derfor en relativt lav klimapåvirkning, som blandt andet afhænger af forarbejdningen i produktionsfasen og håndteringen ved endt levetid. Skal en bjælke påføres med træ, som i eksemplet fra Børnekulturens Hus, vil en 25mm tyk træbeklædning udlede 3,1 kg CO₂e pr. m², mens en beklædning med et lag brandgips á 15mm udleder 4,6 kg CO₂e pr. m².

4.6. OPRINDELIGE ELLER ÆLDRE FYLDNINGSDØRE



Figur 9. Fyldningsdør

4.6.1. Bevaringsværdier og udskiftning

I mange danske ejendomme findes fortsat oprindelige eller ældre fyldningsdøre. De kan have stor betydning for en bygnings samlede udtryk, fredningsværdi og kulturhistorie og er ofte udført i materialer af høj kvalitet og med stor håndværksmæssig omhu. Deres detaljering, profilering og øvrige stiltræk afspejler forskellige perioder og stilretninger og kan derfor bidrage til datering.

Dørene markerer desuden ofte rummenes indbyrdes hierarki. En hoveddør vil eksempelvis typisk være mere detaljeret udført end en dør i en skillevæg. Det kan derfor være vigtigt at bevare dørene i forbindelse med istandsættelser og ombygninger, da de kan have væsentlig arkitektonisk og kulturhistorisk værdi.

I praksis bliver oprindelige eller ældre fyldningsdøre alligevel ofte udskiftet. Det skyldes ikke nødvendigvis utilstrækkelige brandtekniske egenskaber, men at deres ydeevne ikke kan dokumenteres i forhold til de brandkrav, der gælder for den konkrete anvendelse.

Hvis en dør tidligere har været brandgodkendt eller brandklassificeret, gælder – ligesom for andre brandtekniske bygningsdele – at dokumentationen kun kan anvendes, så længe de brandmæssige forudsætninger er uændrede. Flyttes døren, eller ændres bygningens anvendelse, skal det derfor vurderes, om den eksisterende dokumentation fortsat er relevant.

4.6.2. Brandkrav til døre

Kravene til en dør afhænger af dens funktion i bygningens brandstrategi. Nogle døre skal begrænse brandspredning mellem brandceller eller brandsektioner og klassificeres typisk som EI₂ 30-C eller EI₂ 60-C. Andre døre skal primært begrænse røgspredning, eksempelvis i eller mod flugtveje, og kan derfor være omfattet af supplerende krav til røgtæthed, såsom Sa eller S200.

Når dørens funktion og de brandtekniske krav er fastlagt, kan det vurderes, om døren kan bevares uændret eller efter mindre forbedringer, eller om den skal udskiftes.

4.6.3. Erfaringer fra røgtests

Manglende dokumentation betyder ikke nødvendigvis, at en eksisterende fyldningsdør skal udskiftes. I 2024 undersøgte DBI og A4 Arkitekter og Ingeniører A/S, hvordan en ældre fyldningsdørs røgtæthed kan forbedres. Som led i projektet udsatte DBI en ca. 100 år gammel fyldningsdør for en række røgtests- både kold- og varmtests. Mellem de enkelte tests blev døren løbende forbedret, så effekten af de enkelte tiltag kunne vurderes.

Der blev blandt andet arbejdet med:

- nye tætningslister i karmen
- tilpasning af tætningslisterne til dørens skævhed
- tætning af hulrum mellem karm og væg
- lukning af åbninger efter tidligere låse, dørspion og brevsprække
- montering af en krydsfinérplade på dørens indvendige side

Røgtestene viste, at flere relativt enkle forbedringer havde stor betydning for røgtætheden. Nye tætningslister og tætning mellem karm og væg havde god effekt på røgtætheden. Den største effekt blev opnået ved at kombinere de nye tætningslister med en krydsfinérplade på dørens indvendige side. Pladen øgede dørbladets stivhed og dækkede samtidig tidligere åbninger i døren.

4.6.4. Anvendelse i praksis

Resultaterne kan ikke uden videre overføres til andre oprindelige eller ældre fyldningsdøre. De peger imidlertid på, at en eksisterende fyldningsdørs røgtæthed i nogle tilfælde kan forbedres med forholdsvis enkle tiltag.

Selv om forbedringerne ikke i sig selv medfører en ny klassifikation, kan de indgå i den samlede brandtekniske vurdering. I nogle tilfælde kan en ændret brandcelle- eller brandsektionsopdeling være en mere hensigtsmæssig løsning end at udskifte døren.

Vurderingen bør altid ske som en del af bygningens samlede brandstrategi. Det bør samtidig undersøges, hvilke brandmæssige forudsætninger døren oprindeligt indgik under.

4.7. GENNEMFØRINGER I ÆLDRE BYGGERI

I et historisk perspektiv er gennemføringer med installationer i brandadskillende bygningsdele blevet udført på mange forskellige måder oftest med traditionelle materialer som f.eks. mørtel, puds eller lign.

Standard bygningsdele i brandprøvningsregi er gips- og betonvægge eller betondæk, hvilket er bygningsdele, der opfører sig anderledes brandmæssigt end de traditionelle konstruktioner. En brandlukningsløsning, der er klassificeret til en gipsvæg eller et betondæk, kan derfor ikke nødvendigvis anvendes direkte i en bræddeskillevæg uden yderligere vurdering.

For stort set alle tænkelige installationstyper findes der brandtætningsløsninger, men udfordringen ligger således i, at den bygningsdel, brandtætningen indbygges i, ikke stemmer overens med den bagvedliggende dokumentation.

4.7.1. Dokumentation – mulige veje frem

Når en brandtætningsløsning i en ældre brandadskillende konstruktion skal vurderes eller etableres, findes der flere mulige veje til dokumentation. De generelle metoder er beskrevet i kapitel 1: *Metoder til sikring af overholdelse af brandkrav*. Nedenfor beskrives de forhold, der er særligt relevante for gennemføringer:

1. Eksisterende godkendte forhold eller 1:1
2. Håndtering af fravigelse
3. Anvendelse af nuværende dokumentation
4. Orienterende prøvning og prøvningsmæssig bedømmelse
5. Leverandørdokumentation

4.7.2. Eksisterende godkendte forhold eller 1:1 udskiftning

Eksisterende gennemføringer som ikke skal ændres, vil som udgangspunkt være dækket af eksisterende godkendte forhold (afsnit 2.2.1). I ByggeBogen fra 1968 beskrives blandt andet ganske simpelt, at gennemføring i skillevæg af faldør *“føres gennem skillevæggen uden særlige foranstaltninger, og der pudses tæt om ledningen.”* Hvis gennemføringen derimod er ændret, beskadiget, eller hvis bygningens anvendelse ændres, kan der være behov for vurdering, udbedring eller supplerende dokumentation.

Ved etablering af nye gennemføringer, kan der i nogle tilfælde anvendes et 1:1 eller bedre princip. Det vil sige at brandtætningen af gennemføringen er godkendt, hvis den udføres som den ville have været udført på tidspunktet for seneste godkendte forhold eller bedre. 1:1-princippet vil oftest blive brugt, når man skifter et gammelt rør ud med et nyt, og brandsikrer tilsvarende den originale udførelse. I nogle tilfælde vil man acceptere, at der laves en ny gennemføring, som gør brug af det samme princip, så længe det ikke påvirker de brandmæssige forhold i bygningen.

Hvis man fører endnu et rør gennem en eksisterende gennemføring, eller udskifter selve røret fra f.eks. metal til plast betragtes det som en ny gennemføring.

4.7.3. Håndtering af Fravigelse

Såfremt der er tilknyttet en certificeret brandrådgiver til renoveringsprojektet, kan denne involveres i at håndtere fravigelsen ved brandtætningerne. Dette kræver dog som udgangspunkt, at der tilknyttes en certificeret brandrådgiver i minimum Brandklasse 3. Den certificerede brandrådgiver vil således udarbejde en brandteknisk begrundet vurdering (BBV) på baggrund af den bagvedliggende dokumentation for den brandtætningsløsning der ønskes anvendt. Denne vurdering indarbejdes så i den brandtekniske dokumentation. Hvis der er tale om renovering som ikke kræver byggetilladelse og der derved ikke er tilknyttet en certificeret brandrådgiver, vil det som oftest være mere oplagt at gøre brug af en anden metode end denne.

4.7.4. Anvendelse af nuværende dokumentation

Denne metode dækker over, at den bagvedliggende dokumentation i nogle tilfælde godt kan indeholde løsninger som passer de ældre bygningsdele. Hvis dette er tilfældet og den bagvedliggende dokumentation kan følges er der ikke behov for yderligere.

4.7.5. Orienterende Prøvning og Prøvningsmæssig Bedømmelse

I særlige tilfælde hvor det ikke er muligt at finde frem til en løsning via ovenstående muligheder kan udførelse af orienterende prøvning være relevant. Dette kan f.eks. være i tilfælde hvor det ikke er muligt at få fremskaffet den bagvedliggende dokumentation og/eller hvor den ønskede løsning afviger markant fra anvendelsen beskrevet i dokumentationen, se afsnit 2.2.4 om orienterende prøvning. På baggrund af den orienterende brandprøvning kan der så udarbejdes en prøvningsmæssig bedømmelse.

Hvis konstruktionen har væsentlige ligheder med en tidligere prøvet løsning, kan prøvningsdokumentation indgå i en prøvningsmæssig bedømmelse, uden behov for yderligere orienterende brandprøvning. Dette kræver dog adgang til henholdsvis prøvnings- og klassifikationsrapport for det anvendte brandtætningsprodukt. Denne Bedømmelse udarbejdes af et akkrediteret prøvningsinstitut som f.eks. DBI og vil kunne anvendes som dokumentation i alle brandklasser, hvorfor det ikke vil være nødvendigt at involvere en certificeret brandrådgiver.

4.7.6. Leverandørdokumentation

Leverandørdokumentation kan anvendes, når en leverandør dokumenterer og tager rådgiveransvar

for, at en konkret løsning er egnet til den planlagte anvendelse. Det kan f.eks. være en brandbøsning eller brandlukning, hvor leverandøren beskriver at den pågældende løsning kan anvendes og at funktionskravet stadig er opfyldt, selvom der er en afvigelse fra den bagvedliggende dokumentation f.eks. ved anvendelse i en udstøbning i træbjælkelag.

For arkitekten og den projekterende er det vigtigt at kontrollere, at dokumentationen passer til den faktiske løsning i projektet. Hvis der er afvigelser i f.eks. vægtype, dæctype, hulstørrelse, rørmateriale eller montage, bør leverandøren redegøre for, hvorfor løsningen fortsat kan anvendes.

Man skal være opmærksom på, om leverandørdokumentationen vurderer, at funktionskravet er opfyldt og relaterer sig til det specifikke projekt samt, at de fysiske forhold omkring brandtætningen er taget i betragtning. Ligeledes bør der stilles krav til, at den udarbejdende har indgående kendskab til hvordan brandtætningsprodukterne opfører sig, når de udsættes for brandprøvning. Et opmærksomhedspunkt er ligeledes, at leverandøren tager rådgiveransvar og ikke blot henviser til den certificerede brandrådgiver for godkendelse.

Hvis ovenstående er opfyldt og leverandørdokumentationen er udarbejdet jf. bygningsreglementets vejledning til kapitel 29- *Dokumentation af brandforhold*, er det ikke nødvendigt at involvere en certificeret brandrådgiver.

4.7.7. Rådgiverens overordnede vurdering på stedet

Ved besigtigelse bør rådgiveren kunne foretage en første sortering af eksisterende gennemføringer som en registrering, der hjælper med at prioritere indsatsen.

Herunder følger et par punkter som kan være udgangspunkt for prioriteringen:

- Er alle brandtætninger intakte?
- Skal der eller er der udført nye installationer i bygningen?
- Hvilke brandtætnings princip er der anvendt?
- Er der tale om ubrændbare rør, brandbare rør eller ventilationskanaler?
- Hvordan er de omkringliggende konstruktioner udført?

Hvis der skal udføres nye installationer i bygningen og disse tænkes udført f.eks. plast, så stiger kompleksiteten væsentligt og derfor bør opmærksomheden ligeledes skærpes for, at disse brandtætningsløsninger udføres forsvarligt.

Ved tvivl bør der rettes henvendelse til en brandrådgiver med indsigt i gennemføringer og brandtætninger i eksisterende byggeri, som så i fællesskab med arkitekt, leverandør m.v. kan hjælpe med at finde den forsvarlige løsning.

4.7.8. Tips til projektering af gennemføringer

I eksisterende byggeri er det sjældent selve gennemføringen, der komplicerer udførelsen af brandtætningen, men derimod de brandmæssige egenskaber af den tilstødende bygningsdel f.eks. i form af et træbjælkelag med træbjælkelag med lerindskud, som opfører sig væsentligt anderledes end et massivt betondæk. Det kan derfor generelt anbefales at anvende brandtætningsløsninger som

ikke er afhængige af den tilstødende konstruktion, her kan f.eks. nævnes gennemgående isoleringsrørskåle, som er fuget tæt med den tilstødende konstruktion.

Hvis man står med en blottet gulvkonstruktion, kan udstøbte løsninger være en god idé, men her er det afgørende, at udstøbningen har fat i den omkringliggende bærende konstruktion f.eks. ved anvendelse af karmskruer inden udstøbning. Man skal dog være opmærksom på vægtforøgelsen ved udstøbning, da de eksisterende konstruktioner har en begrænsning for hvor meget ekstra vægt de kan klare.

I fredede bygninger er der restriktioner på hvilke tætningsløsninger, der kan anvendes, og det er vigtigt, at løsningsmuligheder overvejes tidligst muligt i samarbejde med Slots- og Kulturstyrelsen. Hjælp til projektering kan findes i vejledninger som kan anses for at være alment teknisk fælleseje (afsnit 2.2.3). F.eks. BYG-ERFA-bladet for brandsikring og lydisolering af træetageadskillelser og Træ Informations TRÆ 78 træbyggeri i brandklasse 1 og 2.

Den tidligere anvendte DBI-vejledning 31 er udgået ift. anvendelse op imod kravene i BR18, men kan stadig fungere som hjælpeværktøj til eksisterende brandtætninger, hvor der ikke kræves ny byggetilladelse og input til vurderinger.

Den brandrådgiver, der agerer certificeret brandrådgiver på et projekt, kan som udgangspunkt ikke hjælpe med at projektere løsningerne, da dennes virke er at opstille funktionskrav så byggeriet opfylder kravene i BR18. Derfor skal projekteringshjælp hos en brandrådgiver findes uden for det certificerede virke.

5 KONKLUSION

Viden om brand

Der er mange metoder til at vurdere og dokumentere eksisterende bygningsdele. I projekter, hvor man oplever uhensigtsmæssige begrænsninger på grund af brandhensyn, dårligt samarbejde eller besværlige og fordyrende processer, handler det ofte om en misforståelse af de muligheder der allerede er inden for den gældende lovgivning og mangel på den rigtige viden blandt rådgiverne.

Synergier

Der er flere fordele ved at bevare eksisterende bygningsdele og anvende ældre konstruktionsmetoder. Som beskrevet i kapitel X, har flere traditionelle konstruktioner bygget i materialer som træ og ubrændt ler en lavere klimapåvirkning og – forudsat disse konstruktioner rent faktisk passer til den pågældende bygnings arkitektoniske stilart – et potentiale for at levetidsforlænge bygningen og sikre den rette æstetiske og materialemæssige samhörighed i projektet. Kan man bevare de eksisterende bygningsdele er potentialet endnu højere, og der bør altid være afsat tid og ressourcer til at sikre højest mulige genanvendelsesgrad af bygningens eksisterende ressourcer og kvaliteter.

Djævelen ligger i detaljen

Selvom en bygningsdel vurderes at have tilstrækkelige brandegenskaber i sig selv, kan detaljerne give store problemer. Dette kan være både detaljer i møderne med andre bygningsdele, og ved gennemføringer. Man skal derfor være meget opmærksom på, om den samlede løsning er lovlig, selvom en væg- eller dækkonstruktion i sig selv er hentet fra præaccepterede løsninger, eksisterende godkendte forhold eller lignende dokumentation.

På samme måde kan ubehagelige overraskelser opstå, når et projekt ”vokser”. Især hvis der ikke er tale om en professionel byggherre, kan en simpel anvendelsesændring eller introduktion af ny bygningsdel rent subjektivt virke som en lille detalje, men her kan det have konsekvenser for brandstrategien, og nogle gange for, om man må gå op i brandklasse. Sidstnævnte kan være ødelæggende for et mindre projekts samlede økonomi, især hvis det sker sent i processen. Er man i tvivl, kan det sikre fleksibilitet og potentielt bedre samarbejde at gå op i brandklasse hellere før end siden.

Kommunikation mellem brandrådgiver og arkitekt

Det er vigtigt at have en kommunikation om brandudfordringer i et projekt så tidligt i forløbet som muligt, vælge rådgivere med de rette kompetencer til opgaven, og i samme omgang tale åbent om gensidige forventninger og mulighederne for fleksibilitet i samarbejdet. Hvis økonomien giver mulighed for det, kan det i komplekse projekter være en fordel at have to forskellige brandrådgivere tilknyttet, hvoraf den ene kan fungere som projekterende rådgiver og sparre om mulige løsningsforslag, mens den anden varetager det certificerede virke og sikrer at løsningerne kan indgå i den brandtekniske dokumentation.

EFTERORD

Ved opstarten af projektet, var det med en antagelse om at der mangler dokumentation af visse bygningsdeles brandegenskaber, og dette resulterer i uhensigtsmæssige udskiftninger og merforbrug af materialer. Undervejs i caseanalyser og ved samtaler med både arkitekter og brandrådgivere, blev det klart, at udfordringerne oftere består i at viden om hvor dokumentation kan findes, og hvordan den kan bruges i samtaler med brandrådgiver i den tidlige fase. Vi håber med denne publikation, at vi kan bidrage til godt samarbejde mellem projekternes aktører, viden om dokumentation af bygningsdele og et mere fornuftigt ressourceforbrug i renoveringer.

6

APPENDIKS: SMÅSKALAFORSØG AF ÆLDRE BYGNINGSDELE

Som led i undersøgelsen af brandteknisk dokumentation for eksisterende bygningsdele blev der gennemført to forsøg med brandforhold (Læs mere om de forskellige typer af brandprøvninger i afsnit 2.2.4). Dels en BD60-dobbelt bræddeskillevæg (Læs mere om bygningsdelen i afsnit 4.4) samt en etageadskillelse med lerindskud (Læs mere om bygningsdelen i afsnit 4.2). Formålet var indikativt at undersøge konstruktionernes brandmodstandsevne, at vurdere hvilken betydning pudstykkelser havde for beskyttelse af det bagvedliggende brændbare materiale (EI- og K-kriterier), samt at vurdere hvorvidt den valgte metode for småskalaforsøg var egnet til konstruktionstypen.

Baggrunden for undersøgelserne var, at der ofte er tvivl om historiske konstruktioners brandegenskaber i renoverings- og transformationsprojekter, og at de til tider behandles som udokumenterede konstruktioner. I praksis kan dette medføre, at de eksisterende vægge og etageadskillelser ikke forudsættes at bidrage positivt til brandmodstandsevnen, og at de derfor skal overdækkes med nye godkendte beklædningssystemer. Dette kan være u hensigtsmæssigt både i forhold til ressourceforbrug, bevaringsværdi og arkitektonisk kvalitet, især hvis den eksisterende konstruktion faktisk har en væsentlig brandmæssig ydeevne.

Forsøgene blev udført som indikative brandprøvninger i DBI's miniovn. Denne metode giver ikke grundlag for en klassifikation, men kan anvendes til sammenlignende undersøgelser og til at belyse specifikke parametres betydning. I forsøgsserien blev der opbygget prøver af bræddevægge med rørvæv og forskellige tykkelser kalkpuds og en prøve med lerpuds, samt to etageadskillelser med lerindskud. Prøverne blev eksponeret for en standardiseret temperaturpåvirkning, og temperaturudviklingen blev registreret på udvalgte målepunkter. Der blev målt både med henblik på at vurdere temperaturudviklingen på den ueksponerede side og i tilfælde af bræddevæggen desuden på pudslagets evne til at beskytte det bagvedliggende træ.

Resultaterne for bræddeskillevægge indikerede, at rørvæv og kalkpuds kunne yde en beskyttende effekt i omtrent 9 minutter. Forsøgene viste desuden, at vægkonstruktionen havde et relevant potentiale i forhold til EI 60, vurderet ud fra temperaturudviklingen i den anvendte småskalaopstilling. Der blev dog ikke observeret en entydig positiv sammenhæng mellem øget pudstykkelser og forbedret brandmæssig ydeevne.

For etageadskillelserne viser resultaterne at der næsten ingen temperaturstigning er på den ueksponerede side. Resultatet skyldes formodentlig, at lerindskuddet er hærdet under de høje temperaturer, og da den fritbærende overflade ikke er større end 50x50cm, har det faste lerindskud formålet at blive hængende på ovnen, i stedet for at falde ud, som ville kunne ske ved et større prøveemne.

Småskalaforsøg kan give værdifuld viden ved sammenligning af prøveemner med lignende opbygning, men også at en kort spændvidde kan begrænse resultaternes repræsentativitet. Overordnet kan resultaterne bidrage til at identificere kritiske parametre og være retningsgivende for forsøgsdesign i større skala.

6.1. MATERIALER

Prøveemnerne blev bygget i størrelse 70x70cm.

Prøveemner:

- Bræddevæg Kalkpuds 13mm
- Bræddevæg Lerpuds 13mm
- Bræddevæg Kalkpuds 15mm
- Bræddevæg Kalkpuds 20mm
- 2 stk Etageadskillelse med lerindskud

6.1.1. Trækonstruktion

Dobbelt bræddeskillevæg

Konstruktionen består af 32x150 U/S-brædder, derefter påsømmes 19x100mm forskallingsbrædder, i en vinkel på 45° mod underliggende lag. Begge lag monteres med 10mm mellemrum mellem brædder.

På brædder fastgøres rørvæv, med klammer, med afstand på 15cm mellem klammer. Rør varierer i tykkelse mellem 8-12mm.

På den side af prøveemnet som bliver eksponeret i brandprøvningen, monteres to termoelementer, som kan måle temperaturen mellem brædder og kalkpuds, og derved vurdere pudsens evne til beskyttelse af brændbare materialer.

Etageadskillelse med lerindskud

Konstruktionen består af 25x100mm forskallingsbrædder monteret med 10mm mellemrum mellem brædder. På brædder fæstes rør, med klammer, med afstand på 15cm mellem klammer. Rør varierer i tykkelse mellem 8-12mm.

På siden uden rør lægges et 7cm tykt lag af fugtigt lerindskud direkte på brædderne, som pakkes let med håndkraft. Over lerindskud er der monteret 32x180mm gulvbrædder med fer og not. Opbygningen af en etageadskillelse hvor lerindskud udlægges direkte på loftsbrædder ses ofte i mindre byggerier, og i loftsetager, som ikke forventes at være udsat for gangtrafik.

6.1.2. Pudsning

Pudsning udføres i to lag. Første lag er noget tyndere og kastes ud sådan, at kalkpudsen kommer godt ind og får fat i de 10mm mellemrum der er mellem brædder.

Det første lag rives, sådan at en grov overflade dannes, for bedre vedhæftning af efterfølgende puds. Efter første lag er afsluttet, er enkelte strå synlige i overfladen, når tykkelsen på disse er over 10mm. Det første lag hærder i tre timer, før det afsluttes med en nyt tyndt lag puds.

Begge lag puds udføres med NHL 2-mørtel, 0-4mm 1:2. Der udføres ikke afsluttende finpuds på emnerne. Det er værd at notere, at udførelsen af puds, på grund af begrænset tid, ikke udføres helt efter anvisningerne. I anvisningerne skal det første lag tørre helt op, før det næste påføres. Det

vil typisk tage 5 dage eller mere. I dette projekt blev hele pudseopgaven udført i løbet af en dag. Ifølge håndværkere ville det også være en metode, der ofte blev brugt i virkeligheden, på grund af travlhed. Det er ikke undersøgt i dette forsøg, hvilken indflydelse denne udførelse har haft på resultaterne.

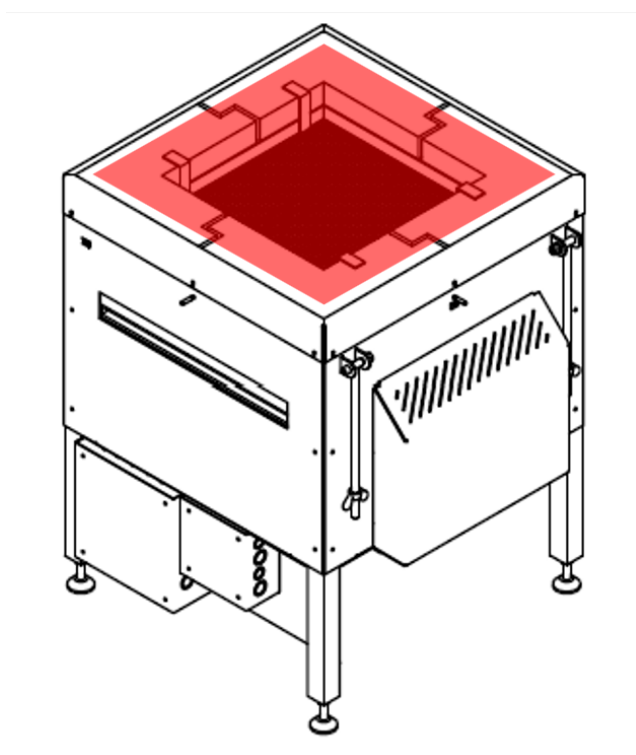
På dagen for prøvning, udstyres emnerne med fire termoelementer på den ueksponerede side, som kan måle emnets samlede isoleringsevne.



Billede 15. Konstruktion af emner

6.2. UDSTYR

Forsøgene blev udført i DBI's elektriske miniovn til småskalaforsøg. Ovnens har en eksponeringsåbning på 500x500 mm og er opbygget med ni elektriske varmeelementer. Ovnens kan styres efter forskellige brandpåvirkningskurver, herunder ISO 834, som også er kendt som "standardbrandkurven" og bliver brugt i de store prøvningsovne ved orienterende samt klassifikationstests. Prøvningsopstillingen kan instrumenteres med op til otte termoelementer til registrering af temperaturudvikling under forsøget. Derudover kan ovnen kombineres med infrarød billedteknologi, som giver mulighed for at følge varmeudviklingen på prøveemnets ueksponerede side og identificere lokale variationer. Minioven anvendes til indikative og sammenlignende småskalaforsøg, men resultater fra denne type brandprøvning kan ikke bruges til klassificering.



Billede 16. DBI's miniovn

6.3. MÅLEPARAMETRE

Temperaturmålinger bliver via termoelementer logget to steder i konstruktionen. Mellem kalkpuds og brædder (for bræddeskillevæggen), samt på den ueksponerede side af prøveemnet. Måden der bliver målt på, og temperaturkravene, er det samme som i en fuld skala klassifikationstest.

6.3.1. Beklædningens beskyttelsesevne under 10min brandpåvirkning (K₁ 10)

Mellem kalkpuds og brædder måles evnen hos pudsen til at beskytte et brændbart materiale. Denne temperaturmåling er et af kriterierne i K₁ 10-standardens. I den seneste udgave af standarden kan produktet forkulning.

Hvis man vælger kun at teste med temperatur er temperaturkravet lavere (sværere at bestå), end hvis man også måler på forkulling, som bliver vurderet visuelt efter afsluttet prøvning.

6.3.2. Isoleringsevne under 60min brandpåvirkning (EI 60)

På den ueksponerede side måles prøveemnets isoleringsevne (I), i dette tilfælde i hvor lang tid emnet kan holde bagsiden under en gennemsnitlig temperaturstigning på 140°C eller lokalt 180°C . Når temperaturen er opnået er prøvningen over. Et andet kriterium er integritet (E), hvor kriteriet er at ingen flamme eller gas formår at penetrere prøveemnet inden for den givne tidsramme. Kriteriet vurderes ved at en vatprøve holdes over en synbar gennembrydning, og hvis vatprøven forkuller, er prøvningen over. Hvis prøveemnet overholder disse to kriterier i 60 minutter, ville det i en fuld skala klassifikationstest få betegnelsen EI 60.

6.4. RESULTATER



Billede 17. Prøvning af testemne. Billede: DBI

6.4.1. Generelt

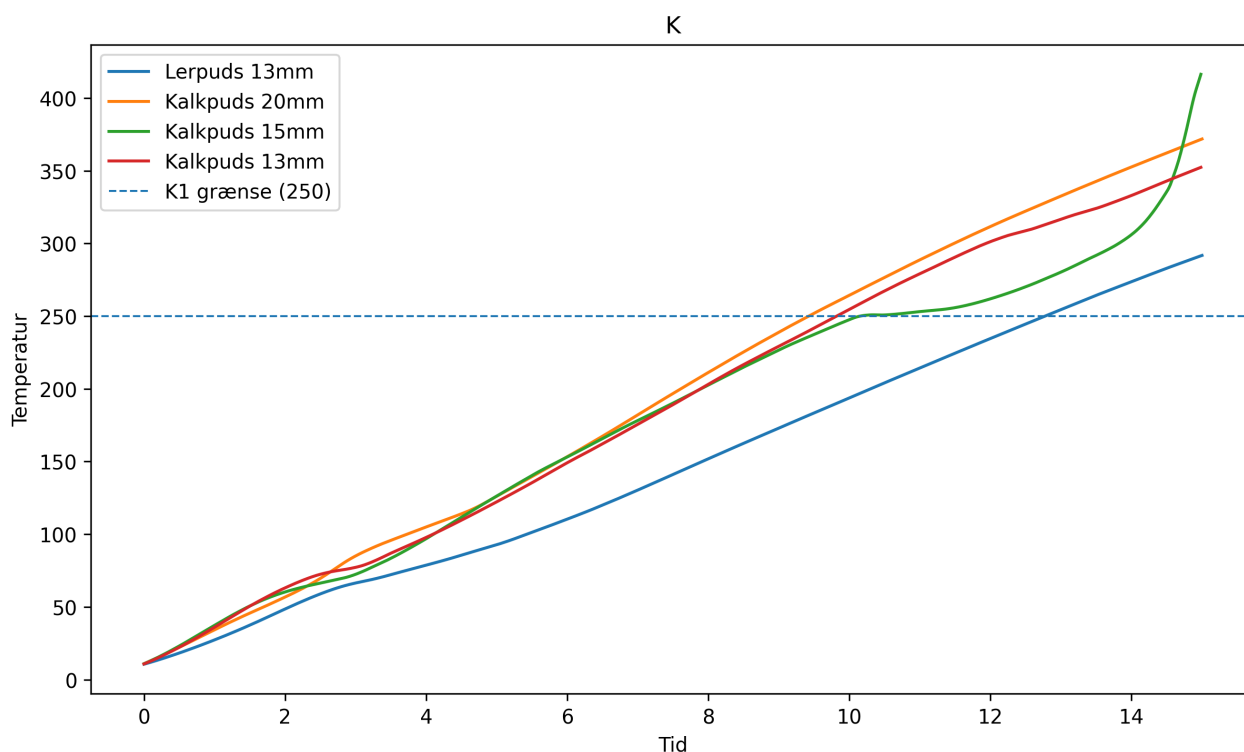
Da ingen af prøveemnene havde overskredet temperaturkriteriet på bagsiden efter 60 min, lod vi prøvningen køre 10 min overtid. Efter 70 min løftes emnene af ovnen.

6.4.2. Temperatur mellem pudslag og brædder (K₁ 10)

Målingerne er kun udført på bræddeskillevæg.

Temperaturmålingerne viser, at næsten uanset pudslagets tykkelse, stiger temperaturen over kravniveauet efter ca. 9 minutter. Lerpudsens udmærker sig ved at være væsentlig bedre end de andre. Grafen viser gennemsnitskurven for de to temperaturfølere, for hvert element.

For prøveemnet Kalkpuds 15mm ses et tydeligt fald på kurven efter 10 minutter, dette kan sandsynligvis forklares med nedfald af et større stykke puds, som kortvarigt blokerede for den opstigende varme, men betyder en efterfølgende hurtig stigning i temperaturen.

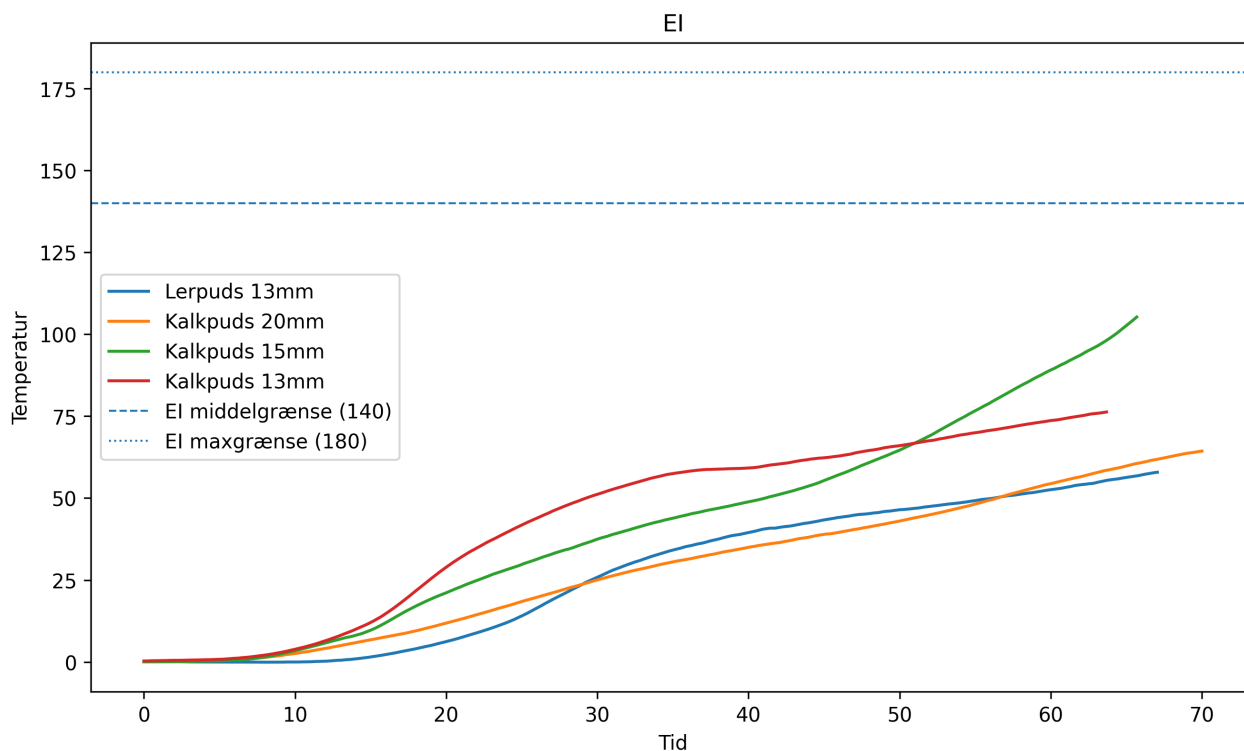


Figur 10. Temperaturudvikling mellem pudslag og bræddelag, eksponeret side

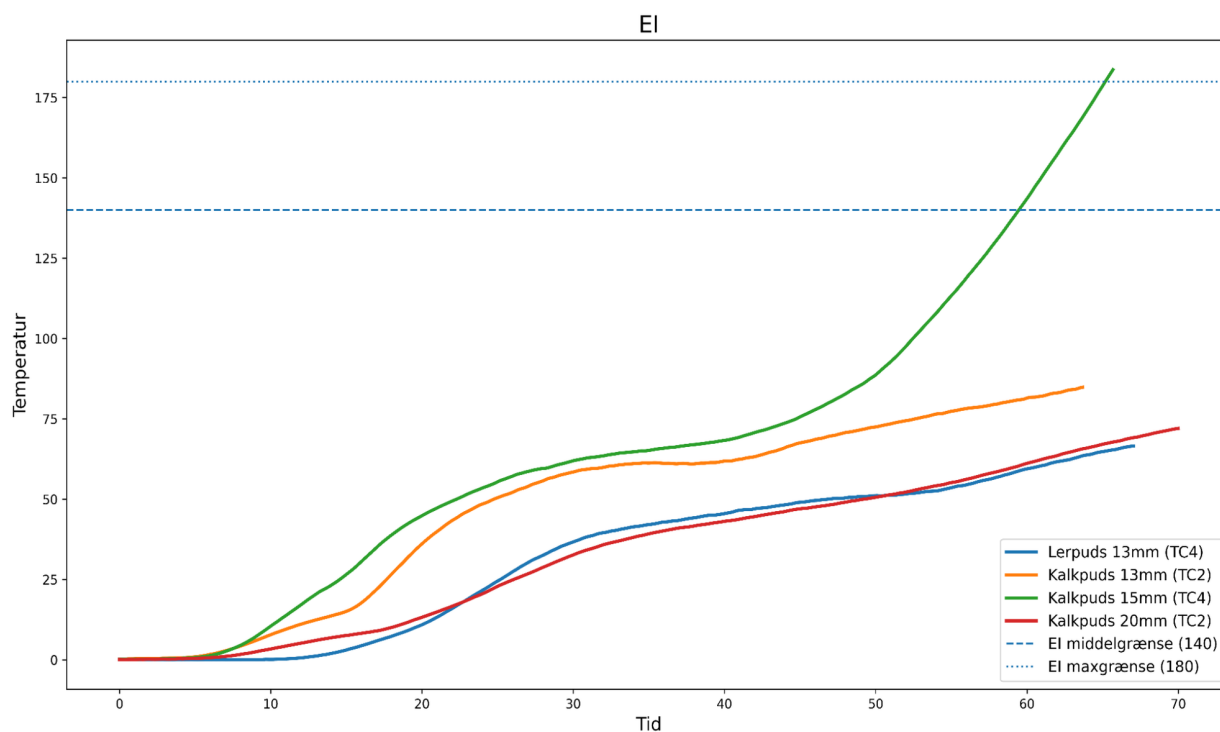
6.4.3. Temperatur på ueksponeret side (EI 60)

Bræddeskillevæg

Kurver i figur 11 repræsenterer et gennemsnit af fire målepunkter (fire målepunkter per emne). Temperaturen for Kalkpuds 15mm stiger hurtigt efter 40 min, hvilket primært skyldes temperaturudviklingen på et enkelt målepunkt, som ses i grafen (fig. 12) over målepunkt med højest temperatur for hvert emne. At et enkelt målepunkt bliver udsat for højere temperaturer end de andre, kan skyldes konstruktionens inhomogenitet. De to bræddelag, hver med 10mm mellemrum,



Figur 11. Graf over gennemsnit af fire målepunkter for hvert emne. Temperaturudvikling på ueksponeret side

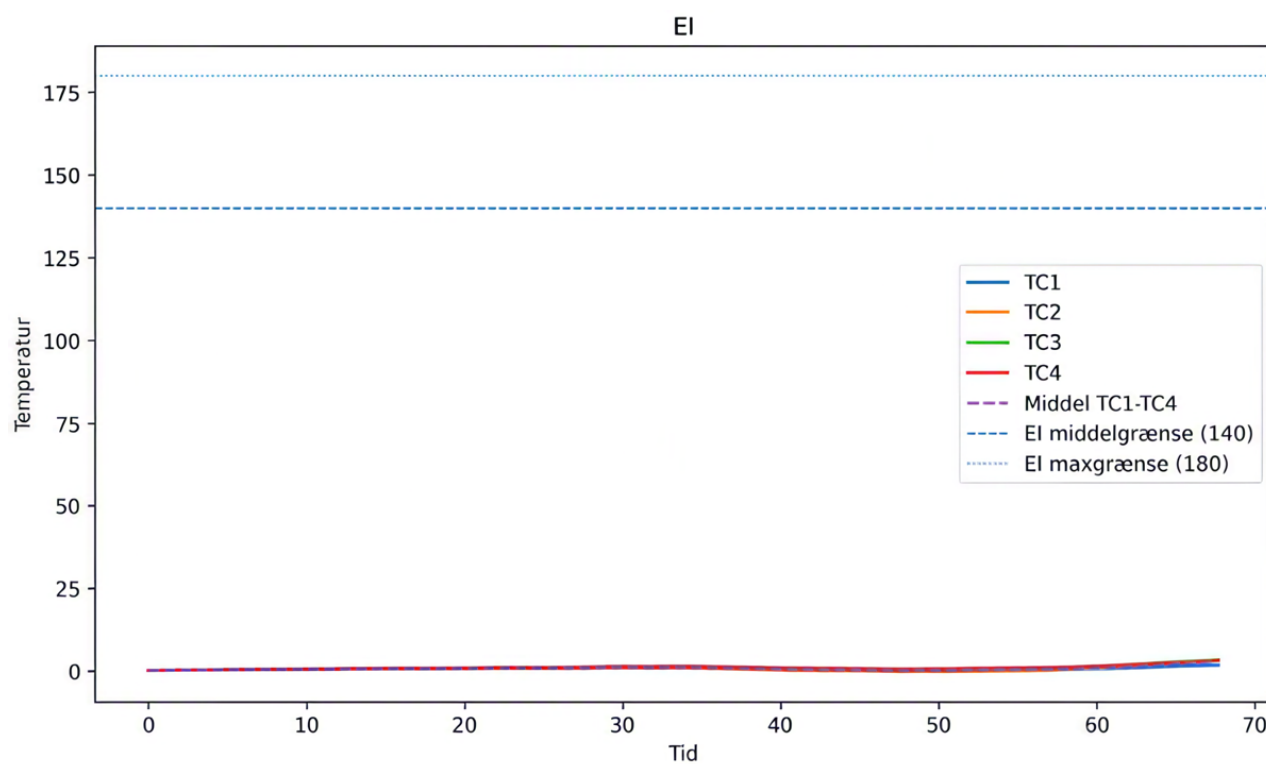


Figur 12. Graf over målepunkter med højest temperatur for hvert emne. Temperaturudvikling på ueksponeret side

forskellige rørtykkelser og kalkudkast med ujævn fordeling, kan alt sammen føre til, at der opstår lokale hotspots på bagsiden af emnet, hvor varme slipper igennem. Udviklingen korrelerer derudover med det nedfald af puds som registreres i K-målingerne, se figur 10.

Etageadskillelse

Målingerne viser at der nærmest ingen temperaturstigning er på den ueksponerede side. Resultatet skyldes formodentlig at lerindskuddet er hærdet under de høje temperaturer, og siden den fritbærende overflade ikke er større end 50x50cm, har det faste lerindskud formået blive hængende på ovnen, i stedet for at falde ud, som ville kunne ske ved et større prøveemne. Det vurderes at metoden ikke giver et retvisende resultat for konstruktionen, og prøveemne nummer to bliver derfor ikke testet.

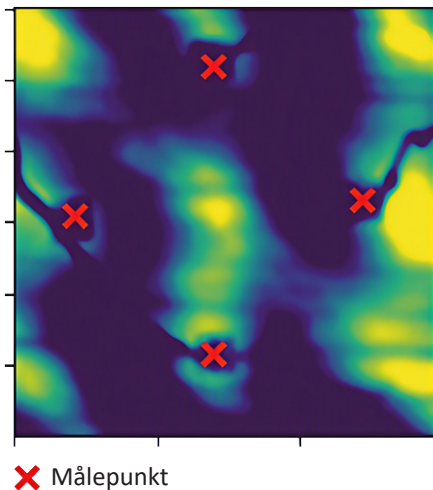


Figur 13. Prøvning af træbjælkelag med lerindskud

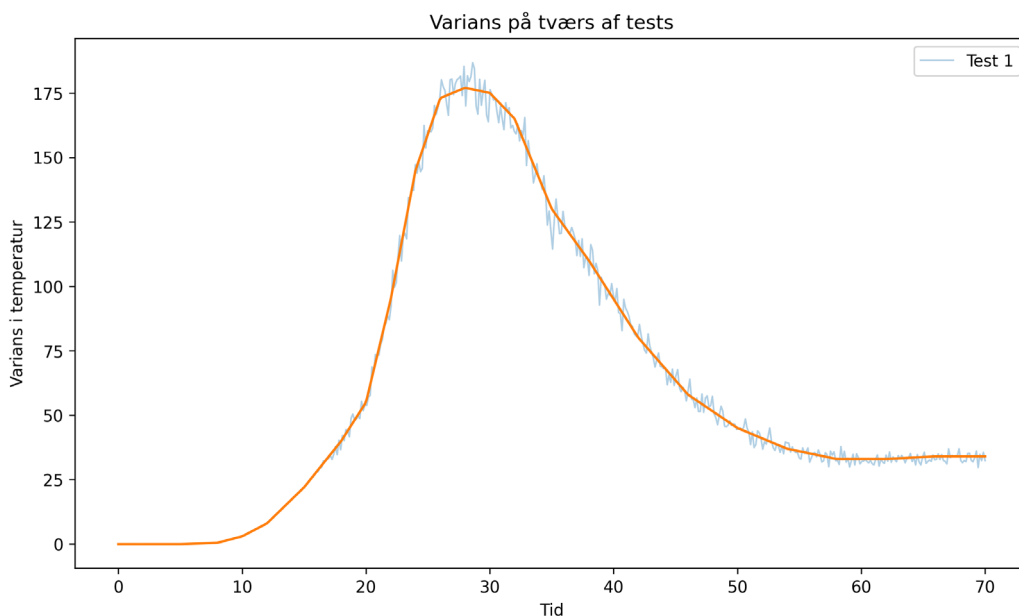
6.4.4. FLIR-kamera, ueksponeret side

Under en af prøvningerne af bræddeskillevæggen var et FLIR-kamera indstillet til at måle temperaturen på bagsiden. Her ses en tydeligt ujævn fordeling af varme, med store lokale variationer.

Figur 14 understreger betydningen af lokale variationer i prøvning af ikke-homogene konstruktioner. Halvvejs ind i prøvningen ligger variansen på 175 °C, hvorefter den aftager igen, se figur 15.



Figur 14. Temperaturforskelle på ueksponeret side



Figur 15. Variance i C over tid

6.5. KONKLUSIONER

6.5.1. Dobbelt bræddeskillevæg

For bræddeskillevæggen indikerede forsøgene, at rørvæv og kalkpuds kunne yde en beskyttende effekt i omtrent 9 minutter. Forsøgene viste desuden, at vægkonstruktionen havde et relevant potentiale i forhold til EI 60, vurderet ud fra temperaturudviklingen i den anvendte småskalaopstilling. Der blev dog ikke observeret en entydig positiv sammenhæng mellem øget pudstykkelse og forbedret brandmodstandsevne for den samlede konstruktion. Resultaterne tyder på, at tykkere pudslag ikke nødvendigvis forbedrede konstruktionens opførsel under brandpåvirkning.

En mulig forklaring er, at tykkere pudslag i højere grad kan revne og løsne sig under opvarmning. Den ekstra mængde kan bidrage til øget varmeoptagelse, men denne effekt kan modvirkes, hvis pudslaget mister vedhæftning og på grund af øget vægt falder af tidligere. Resultaterne peger derfor på, at pudsens fastholdelse, revnedannelse og samspil med rørvæv og underlag kan være mindst lige så væsentlige parametre som den faktiske pudstykkelse.

6.5.2. Etageadskillelse med lerindskud

For etageadskillelsen viste målingerne næsten ingen temperaturstigning på den ueksponerede side. Resultatet vurderes dog ikke som repræsentativt for konstruktionens opførsel i større skala, da den korte spændvidde sandsynligvis fastholdt lerindskuddet og forhindrede en mulig nedfaldsmekanisme. Forsøget dokumenterer derfor først og fremmest en begrænsning ved den valgte prøvningsmetode men giver også en indikation af brandmodstandsevnen, hvis lerindskuddet ikke falder ned.

6.5.3. Prøvningsmetodens anvendelighed

Resultaterne fra begge konstruktionstyper skal tolkes med forsigtighed. Der var tale om småskalaforsøg, og resultaterne kan ikke sidestilles med en klassifikationsprøvning i fuld skala. Prøvningsopstillingen afspejler ikke nødvendigvis deformation, vridning, samlinger, større pudsflader eller den fulde variation, der findes i historiske bygninger. Forsøgene viser samtidig, at metoden kan give værdifuld viden ved sammenligning af prøveemner med lignende opbygning, men at en kort spændvidde kan begrænse resultaternes repræsentativitet.

Undersøgelsen viser imidlertid, at forsøg med brandforhold kan være et værdifuldt redskab i arbejdet med eksisterende bygningsdele. Forsøgene kan bidrage til at identificere kritiske parametre, afklare usikkerheder og kvalificere beslutninger om, hvorvidt en konstruktion bør undersøges yderligere gennem fuldskalaforsøg eller indgå i en brandteknisk vurdering. Overordnet kan resultaterne være retningsgivende for prøvningsdesign i større skala. I dette tilfælde peger resultaterne på, at historiske bræddeskillevægge med rørvæv og puds ikke bør antages at være uden brandmæssig ydeevne alene på grund af manglende dokumentation.

2026

DANSK BRAND- OG SIKRINGSTEKNISK INSTITUT
ERIK ARKITEKTER