Splitkon KLT - fullskala branntest sept.2024

Dato: 02.03.2026
Versjon: 01

Sammendrag

Det er gjennomført branntester i 3 brannceller plassert inntil hverandre oppført med KLT-elementer. Branncellene ble gitt ulik overflatebehandling og innkledning av innvendig i rommene da et mål for testen var å registrere hvilken innvirkning dette hadde på brannforløpet.

Brannvesenet i Hallingdal stilte øvingsplassen på Torpomoen til disposisjon for branntestene, og bidro med mannskap til slokkeinnsats og kontroll underveis.

Resultater og observasjoner er presentert slik det ble registrert av flere observatører. Betydningen av overflatebehandling og innkledning av KLT var den viktigste observasjonen, men det ble i tillegg gjort flere tilleggsobservasjoner som også er referert i rapporten. Basert på tre testbranner er det ikke grunnlag for bastante konklusjoner, så vurderingene og resonnementene som er gjort må leses i lys av det begrensede testgrunnlaget.

Testtiden var 30 min for de to første testene og 60 min for den siste brannen. Brannene ble slokket med vann av brannvesenet og testriggen ble nedkjølt mellom hver test. KLT-elementene beholdt integriteten og hindret brannspredning mellom branncellene som var plassert vegg i vegg eller over hverandre. Som en kuriositet kan det nevnes at etter at testene var gjennomført var testriggen såpass intakt at Hallingdal brannvesen fjernet forkullet treverk og «pusset opp» branncellene slik at de kan benyttes til øvingsvirksomhet for brannvesenet.

Observasjonene og resultatene var for en stor del som forventet basert på bl.a kjent litteratur som RISE Fire Research sin rapport «Brannsikkerhet ved bruk av krysslaminert massivtre i bygninger - en litteraturstudie». Tildekking av KLT med gips hadde stor betydning for temperaturen som ble vesentlig lavere enn i de andre branncellene. Overflatebehandling med brannmaling syntes å ha begrenset innvirkning på brannutviklingen da den var virksom kun i kort tid før KLT ble involvert i brannen.
Temperaturen i branncellene ble raskt høye, spesielt etter overtenning som kom etter 7-9 minutter. Flammene ut av vindusåpningene var jevnt heftige, så forhøyet brannspredningsrisiko i fasadene er et aktuelt funn. Forkullingsdybder målt på teststykker tatt ut fra ulike steder i branncellene viste i snitt 0,6-0,7 mm/min som forventet.

Deltakere/medvirkende:
Splitkon: Knut-Arne Johansen, Robert Röhlig m. fl.
Hallingdal brannvesen: Jon Bjella m.fl.
Høgskolen på Vestlandet: - navn
Sweco (Oslo): Leif Tor Isaksen, Martin Hagen
Motek: - navn
Firesafe: - navn
Dynea: - navn
Fokus Rådgivning AS: Tanja Sletaker

Innhold

Sammendrag 2
Innhold 3
1 Innledning 4
1.1 Bakgrunn og mål 4
1.2 Begrensninger 4
2 Testoppsett og testbeskrivelse 4
2.1 Valg av testprogram 4
2.2 Brensel 6
2.3 Gjennomføring 6
2.4 Geometri og materialer 6
2.5 Målepunkter, registrering og instrumentering 7
3 Resultater med diskusjon 8
4 Referanser 10
5 Bilder 11
6 Vedlegg 13
6.1 Tegninger 13
6.2 Observasjoner – sammenstilt Sweco, Fokus Rådgivning 14
6.3 Instrumentering (Høgskolen Vestlandet) 15

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og mål

Splitkon ønsket å gjennomføre brannscenarier som lå så tett som mulig opp til det som ville være en reell brann i et småhus bygget med KLT-elementer. Det var allerede bygget et testbygg med 3 rom/branncelle som var benyttet til lydstester. Tanken var å møblere disse som typiske boligbranncelle. Brannene skulle få utvikle seg over en lengre tidsperiode for å se hvordan KLT-elementene inngikk i brannforløpet og hvordan de medvirket til å hindre brannpåkjenning og brannsmitte til nabobranncellen. Det var også ønske om å se hvordan ulike typer festemidler, plugger og dybler ble påvirket av og fungerte under brann, men dette er ikke referert i denne rapporten.

Brannrådgivere ble invitert til å komme med innspill til testoppsett og spesifikke egenskaper eller løsninger som kunne undersøkes under testene. Betydningen av overflateegenskaper for ubehandlet KLT, effekt av brannhemmende overflatebehandling og behov for å beskytte KLT-vegger og -himling med gips er et tema som er veldig aktuelt i byggeprosjektene. Det var derfor ønskelig å erfare hvordan ulike oppsett med dette påvirket brannutviklingen. Dette ble definert som den viktigste observasjonen mht. å underbygge mulighet for utildekket KLT og nødvendig omfang av brannbeskyttende tiltak. Plassering av brennbar isolasjon direkte på oversiden av KLT i tak, og gjerne plassert direkte over en skjøt, ville gi nyttig informasjon mht. behov for forsegling med ubrennbar isolasjon på oversiden av KLT-taket slik f.eks. TPF nr. 6 viser. Utover dette ble det registrert flere tilleggsobservasjoner som også er referert i rapporten.

Høgskolen på Vestlandet stilte med instrumentering og testutstyr for å måle temperaturpåvirkning i elementene. De har laget de grafiske presentasjonene av brannforløpene.

Hallingdal brannvesen sitt øvingsområde på Torpomoen ble benyttet til gjennomføringen. Brannvesenet så det som nyttig erfaring for deres arbeid å bistå med slokking og kontroll av branntestene.

1.2 Begrensninger

Testene fulgte ikke standardiserte testoppsett og kan ikke benyttes til dokumentasjon av løsninger. De kan benyttes som indikasjoner, til å underbygge annen dokumentasjon eller antagelser samt som utgangspunkt for fremtidige tester.

2 Testoppsett og testbeskrivelse

2.1 Valg av testprogram

Testobjektet er et bygg i KLT-elementer bestående av 3 rom hvorav det ene er plassert oppå de andre slik at det blir to etasjer. Det er i tillegg satt inn vinduer med 2-lags glass i hver av branncellene. Testobjektet var tidligere benyttet til lydtester og hadde derfor en satt geometri. For å komme nærmere opp til en faktisk boligsituasjon ble det satt inn vinduer. Siden det er 3 rom, vil det være aktuelt med 3 tester. Rekkefølgen ble valgt ut fra risikoen for å skade konstruksjonene som skulle testes i neste test. Det ble vurdert ulike forhold som kunne vært interessant å undersøke, men med en begrensning på 3 tester måtte dette avgrenses til noen rasjonelle områder.

Det ble valgt å kjøre 30 minutters test på de to første testene da 30 minutters brannmotstand (REI30) er vanlig referanse for lave byggverk til bolig, omsorgsbolig, barnehage o.lign i brannklasse 1. For den

siste testen ble det valgt 60 minutter for også å kunne studere et brannforløp tilsvarende brannmotstand i brannklasse 2 som er relevant for høyere byggverk.

2.1.1 Temperaturmonitorering

Termoelementer ble plassert i 3 høyder 3 cm inn i veggen på eksponert side for å registrere temperaturøkning underveis i brannforløpet. Der hvor det ble montert beskyttende gipsplater ble det også montert temperaturfølere mellom gips og KLT.

På kald side av KLT-element var det forventet lav og ubetydelig temperaturøkning, så her ble det ikke montert monitorerte termoelementer, men kun kontrollert manuelt.

2.1.2 Overflateegenskaper

Det var ønskelig å studere ulike overflateegenskaper i brannceller for boligformål. Dette kan være nyttig for bolig (og ev. skole), men spesielt nyttig med tanke på å vurdere mer bruk av treoverflater i risikoklasse 6 (omsorgsbolig, sykehjem, hoteller osv.). Det er etterspørsel etter dette, men i dag begrenses dette av ytelseskravene i VTEK17 som angir overflateegenskaper B-s1,d0 for risikoklasse 6.

De tre branncellene ble derfor utført som følger:
Branncelle 1: Himling og 3 av veggene ble kledd med 13 mm gips, Gyproc normalgips. Én langvegg ble beholdt med ubehandlet KLT.
Branncelle 2: Himling og 3 vegger ble malt med brannhemmende maling (Firesafe, B-s1,d0). Alle overflater med brannimpregnert KLT. Én langvegg ble beholdt med ubehandlet KLT.
Branncelle 3: Alle overflater var ubehandlet KLT

2.1.3 Lim

For undersøke hvordan KLT-elementer med MUF-lim (melamin) og PU-lim (polyurtan) ble påvirket av brannen, ble det montert frittstående veggelementer med disse limtypene inne i branncellene. Elementene forøvrig var utført med MUF-lim.

2.1.4 Elementskjøter og vinduer

For å studere om det er problematisk eller akseptabelt å benytte brennbar isolasjon på KLT ble det montert EPS på taket over en elementskjøt. Ellers så var det generelt av interesse å observere om det er problemer med røykspredning via elementskjøter.

Det var ønske om å observere om det blir vindusbrudd ved «vanlig boligbrann», eller om dagens vinduer hinder glassbrudd. Vinduene som ble plukket ut fra avfallsstasjonen og montert var 2 lags isolerglass.

Alle skjøter var utført som buttskjøter. Som del av den opprinnelige lyd-testen var det montert Sylomer i etasjeskiller mellom testrommene. Mellom tak og vegg ble det lagt en grusfylt Stripe.

2.1.5 Fuktighet i treet

Elementene produseres normalt med 12 % fuktighet. Etter en tids beboelse vil elementene normalt inneholde 6-10 % fuktighet. Elementene i testbygget har vært benyttet tidligere, tatt ned og satt opp igjen og vært utsatt for vær og vind. Ved teststart ble det målt 14-17 % fuktighet i treet.
Startbrannen hadde relativt rask brannutvikling med høy temperatur, så fuktigheten i treet er vurdert å ha liten betydning for resultatene her.

2.2 Brensel

For å få mest mulig sammenlignbare resultater må testoppsettet være så likt som mulig:

- Samme møblering. IKEA-møbler er ofte benyttet i branntester med få overraskelser, men trekrybber og/eller europaller vil også sikre sammenlignbare resultater. Det ble valgt trekrybbe. Mobil brannenergi utgjorde samlet 5250 kJ (300 kg, 17,5 kJ/kg) som er representativt for brannenergi i en liten leilighet. Verdien ble valgt da dette omregnet tilsvarer brannenergi på 550 MJ/m^2 (Gulvareal) som er vanlig for bolig. Denne brannenergien benyttes også i de aller fleste studiene og forsøkene som er gjort i verden så ved å velge denne får man et godt sammenligningsgrunnlag.
- Samme tennkilde i alle tester. Det ble det benyttet trelekter ble stablet 3x10 i høyden med kar med 2 liter sprit under.

2.3 Gjennomføring

Basert på erfaringer fra lignende tester ble følgende avtalt for praktisk gjennomføring:

- Døren må være åpen under testen for å sikre at brannen ikke dør ut av seg selv
- Man må være forberedt på å knuse vinduer underveis for å sikre sammenlignbare resultater i testene (at vinduene knuser omtrentlig på samme tid og gir samme ventilasjonsforhold i testene).
- Det må gjøres tiltak for å unngå brannspredning fra en branncelle til en annen via dør- og vinduåpninger. Gips er tilstrekkelig utvendig.
- I tillegg til instrumentering for monitorering av temperaturer, ble det satt opp kameraer som filmet hele forløpet. Det ble også manuelt registrert kritiske tidspunkter for ulike hendelser og overganger som antennelse av vegger og himling, overtenning, brann ut av dør, glassbrudd mm.

2.4 Geometri og materialer

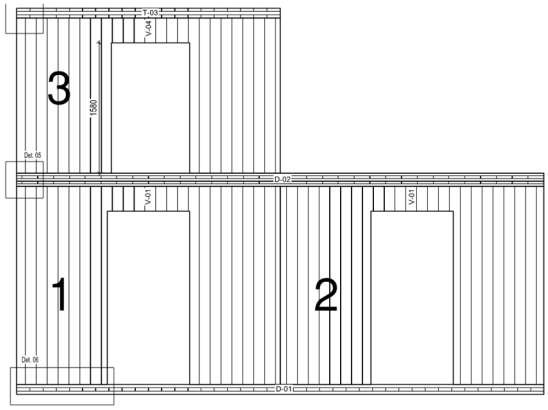
De tre rommene hadde tilnærmet samme omfang dører/vinduer. Den øverste boksen var litt lavere.

Testbygg

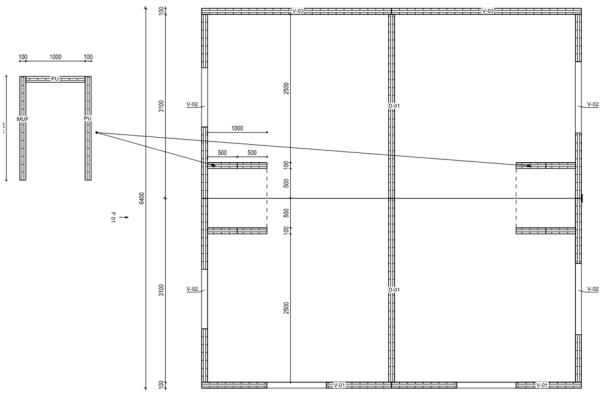
Trekrybbe

Det ble gjennomført 3 branntester, én i hvert rom. Det var avsatt tid til nedkjøling mellom hver test. I tillegg ble det montert gipsplater utvendig på det øverste rommet slik at dette ikke skulle involveres i brannene i underliggende plan via de åpne dørene. Branntest 1 ble gjennomført nede til venstre, branntest 2 nede til høyre og branntest 3 øverst.

De tre rommene var utført med ulik innvendig overflatebehandling for å registrere forskjellen i brannutviklingshastighet og tid før full overtenning. I tillegg ble det montert frittstående veggskiver som ble eksponert på begge sider. Disse var utført med ulikt limprodukt for å registrere delaminering og effekt av dette.



Oppriss

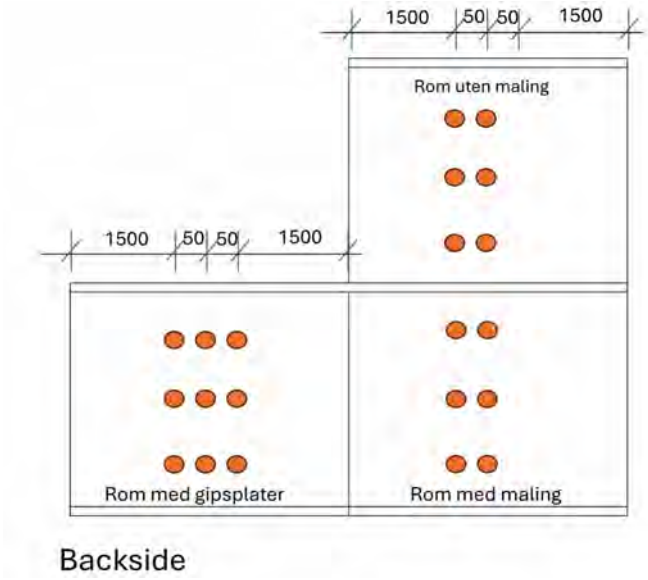


Veggelementer med MUF-lim og PU-lim

2.5 Målepunkter, registrering og instrumentering

2.5.1 Registrering underveis

Høgskolen Vestlandet sto for planlegging og gjennomføring av temperaturmålinger i treverket. Termoelementer ble plassert i 3 høyder 3 cm inn i veggen på eksponert side for å registrere temperaturøkning underveis i brannforløpet. Der hvor det ble montert beskyttende gipsplater ble det også montert temperaturfølere mellom gips og KLT. Opplegg er vist i sin helhet i vedlegg «Instrumentering». Resultater fra temperaturmålinger er vist i vedlegg «Brannforsøk ved Torpomoen 2024 Brann 1 – rom 1» og tilsvarende for rom 2 og rom 3?



Typisk oppsett av termoelementer

Visuelle observasjoner ble gjort av flere underveis i branntesten. Dette er oppsummert og sammenstilt i vedlegg «Observasjoner – sammenstilt». Det ble registrert tid frem til bl.a :

- Antennelse vegger og himling
- Overtenning
- Vindusbrudd
- Kollaps gips
- Flamme ut gjennom sylomerfuge og gjennom overganger/tilslutninger generelt.

2.5.2 Prøvetaking og registrering etter gjennomført test

Splitkon tok ut prøvestykker (sylindere) ulike steder på vegger og tak for å måle innbrenning og forkulling.

2.5.3 Løse veggelementer med MUF-lim o g PU-lim

For veggfeltene med MUF-lim og PU-lim ble det registrert delaminering og gjenstående intakte sjikt.

2.5.4 Slokkevannsbehov

Brannvesenet gjorde seg noen erfaringer mht. slokking av brann i bygning av KLT-elementer. Temperaturen ble målt til over 1000 ^{0}C oppunder taket og alle overflater inne i branncellen brant. Brannvesenet uttalte at de registrerte spesielt at det var høy intensitet og temperatur.

3 Resultater med diskusjon

3.1.1 Visuelle observasjoner

Det var lite eller ingen vind under gjennomføringen forsøkene. Det var oppholdsvær med sol og ca. 15-20 ^{0}C. Med åpen dør for god lufttilgang utviklet brannen seg raskt i alle tilfellene. Brannvesenet måtte dempe ned utvendig brann i noen tilfeller slik at det ikke smittet mellom branncellene fra utsiden. Dette for å sikre at branncellene ikke ble berørt før testen skulle gjennomføres i respektiv branncelle. Trekrybbene virket å antenne og utvikle seg noenlunde likt. For test 3, hvor branncellen hadde lavere høyde, ble krybben redusert med 2 høyder for å få tilnærmet samme høyde til taket.

3.1.2 Temperaturpåvirkning

Temperaturregistreringen viste for branntest 1 og branntest 2 at etter overtenning og etter at trevirket i KLT-elementene er involvert i brannen så ligger temperaturen ved taket godt over ISO-kurven og etter 30 minutter så har temperaturen stabilisert seg på rundt 1100 ^{0}C oppunder taket.

For branntest 3 synes det å ha spilt inn at denne branncellen var lavere enn de to andre og at ventileringen og tilluftstilførselen til brannen dermed ikke ble like effektiv. Brannen virket fetere og temperaturmålingen viste at temperaturen fulgte ISO-kurven, men at den hele veien lå litt under og stabiliserte seg på ca. 700 ^{0}C oppunder taket.

Temperaturøkningen 20 mm og 40 mm inn i treverket var knapt målbar de første 20 minuttene i alle tre testene. Unntaket var for 20 mm dybde i taket i branntest 2. Dette var testen med raskest temperaturstigning opp til over 1000 ^{0}C ved taket etter 10 minutter.

På kald side kunne man legge hånden på KLT-elementet og temperaturøkning var knapt eller ikke merkbar.

Selv om de ulike testoppsettene viste ulike temperaturkurver og svært høy temperatur over lang tid for de to branncellene med størst høyde, så ble ikke KLT-elementene skadet eller berørt annet enn i ytterste sjikt i brannrommet. Nabobranncellene ble ikke påvirket på motsatt side av KLT-elementet. Brannspredningsfaren ligger i vinduåpninger og døråpninger og flammer ut av disse. Siden temperaturen er høy og brenselstilgangen kontinuering når KLT-elementene inngår i brannen, så kan spredningsfaren til nabobrannceller eller nabobygninger være forhøyet i forhold til tilsvarende bygning med reisverksvegg med ubrennbar isolasjon. Tilførsel av luft til brannen synes å ha hatt stor påvirkning på maksimaltemperaturen, så det er flere variabler som påvirker brannforløpet.

3.1.3 Overflateegenskaper

Mht. temperaturutviklingen i rommet så påvirket ikke overflatene og kledningene denne i noen stor grad så lenge trekrybben brant friskt. Det ble likevel registrert visuelt at brannmalingen forsinket antennelse av treverket bak noe. Men dette var innenfor kun 1-3 minutters forsinkelse fra det ble synlig at malingen ble eksponert direkte for høy temperatur og flammer. Etter dette oppførte treverket seg på samme måte som ubehandlet treverk (ikke brannbeskyttet) og videre brannforløp var ikke påvirket av brannmalingen.

Gipskledningen bidro til at temperaturstigningen gikk langsommere og nådd 600 ^{0}C ca. 2 min senere enn de andre to. I tilfellet her så bidro trekrybben (mobil brannenergi) generelt mye til brannutviklingen i startfasen og til å opprettholde brannpåkjenningen langt ut forløpet. Hvor brannen starter og hva den antenner av inventar kan derfor synes å være mer utslagsgivende for brannforløpet enn overflateegenskapene på vegger og tak innvendig.

3.1.4 Forkulling

Forkullingdyde er målt med utfresing av flere prøvestykker tatt ut på ulike steder i vegg og tak.

Det ble registrert noe variasjon på forkullingsdybde, men i hovedsak mellom 0,6-0,7 mm/min. Noen prøvestykker lå litt høyere og noen litt lavere. Dette kan ha sammenheng med høy temperatur i brannrommet og plassering av ventilasjonsåpninger. Måleresultatene er samlet i en egen rapport fra Splitkon.

3.1.5 Lim

På teststykkene dekomponerte hele ytterste sjikt på elementet med PU-lim og falt av slik at frisk tre ble eksponert for brannen. På elementene med MUF-lim opprettholdt elementet alle sjikt som

forkullet og som dermed beskyttet bakenforliggende treverk mot eksponering. Det vil være avgjørende spesielt mht. bæreevne gjennom brannforløpet at tverrsnittet ikke reduseres for raskt. Bærende vegger med tosidig eksponering vil være spesielt sårbare.

I branntest 3 brant hele elementveggen med PU-lim opp. Pga. delaminering ble friskt tre eksponert raskere enn i elementet med MUF-lim.

Resultatene var som forventet.

3.1.6 Brennbar isolasjon på tak

Brennbar isolasjon som var plassert over elementskjøt i taket i brannrom 1. Denne ble ikke involvert i brannen. Temperaturøkning på kald side av KLT er bare noen få grader. Det er akseptabelt med glippe 2 mm mellom elementskjøter jf. Eurocode. Testen indikerte at brennbar isolasjon er tilstrekkelig beskyttet selv om den legges direkte på tredekket. Man bør likevel være obs på mulighet for antennelse pga. glipper som kan bli større over tid og beskytte/forsegle skjøtene mht. dette.

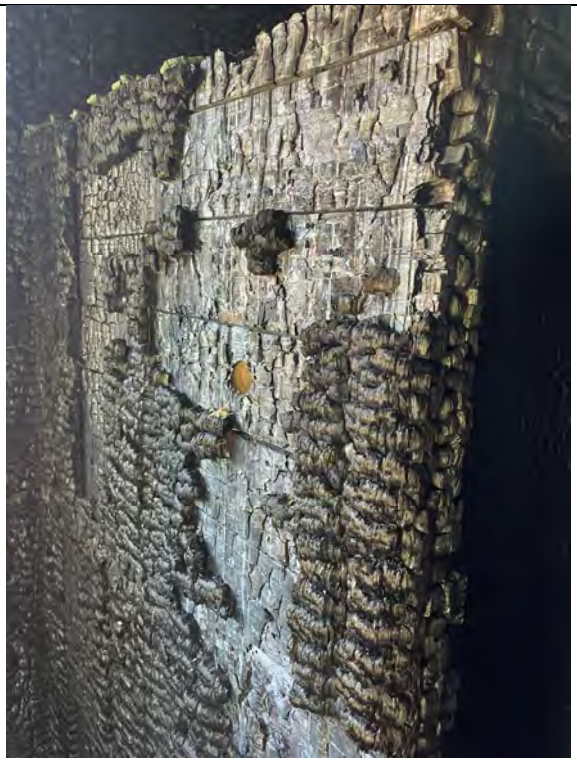
3.1.7 Elementskjøter og vinduer

Vinduene sprakk opp og knuste etter hhv. 17 min (1), 7-8 min (2) og 8 min (3). Testoppsettet med åpen dør (ca. 2 m^2) gir sannsynligvis ikke et realistisk bilde av startfasen for en boligbrann. Døren vil i de flest tilfeller være lukket slik at lufttilgangen vil være mindre gunstig for brannen. Det ble registrert ikke registrert røyklekkasje i skjøter før langt ut i brannforløpet på brann 3.

4 Referanser

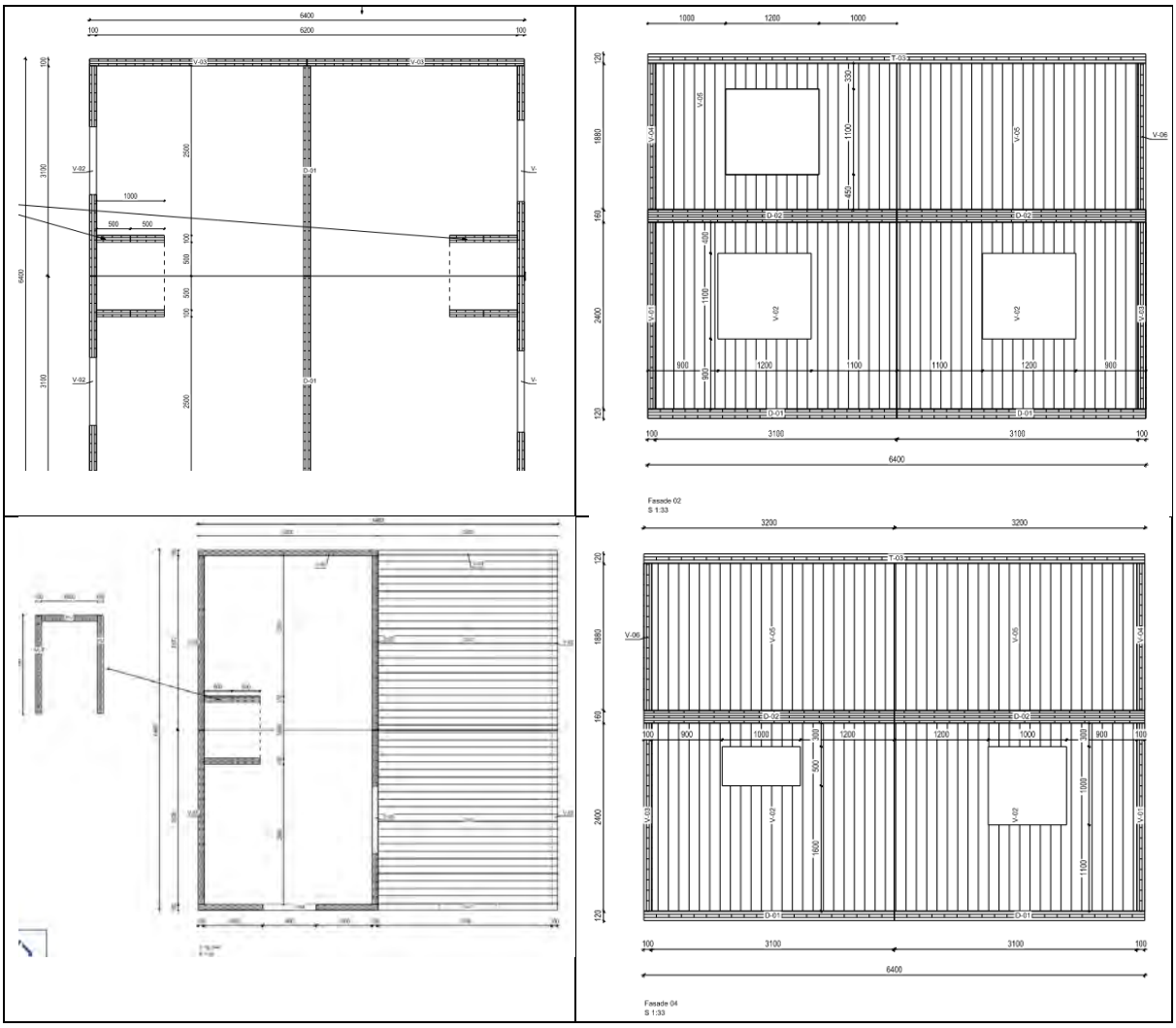
RISE Fire Research: «Brannsikkerhet ved bruk av krysslaminert massivtre i bygninger - en litteraturstudie» - 2019

5 Bilder

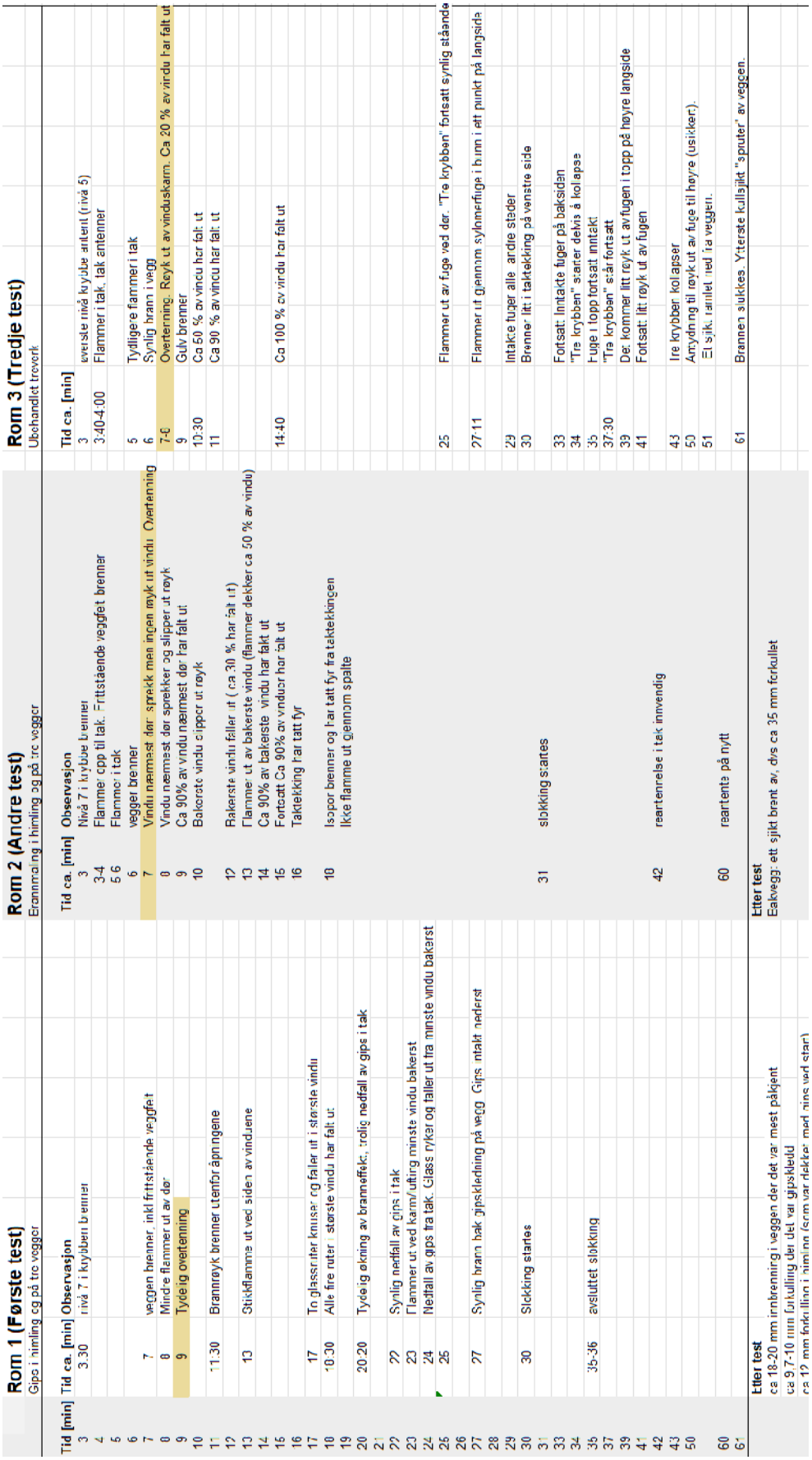


6 Vedlegg

6.1 Tegninger



6.2 Observasjoner – sammenstilt Sweco, Fokus Rådgivning



Rom 1 (Første test)
Gips i himling og på tre vegger

Tid [min]	Tid ca. [min]	Observasjon
3	3.30	nivå 7 i krybben brenner
4		
5		
6		
7	7	veggen brenner, inkl frittstående veggfelt
8	8	Mindre flammer ut av dør
9	9	Tydelig overtenning
10		
11	11:30	Brannrøyk brenner utenfor åpningene
12		
13	13	Stikkflamme ut ved siden av vinduene
14		
15		
16		
17	17	To glassruter knuser og faller ut i største vindu
18	18:30	Alle fire ruter i største vindu har falt ut
19		
20	20:20	Tydelig økning av brannseffekt, trolig nedfall av gips i tak
21		
22	22	Synlig nedfall av gips i tak
23	23	Flammer ut ved karm/utfôring minste vindu bakerst
24	24	Nedfall av gips fra tak. Glass rykar og faller ut fra minste vindu bakerst
25	25	
26		
27	27	Synlig brann bak gipskledning på vegg. Gips mtakt nederst
28		
29		
30	30	Slokking startes
31		
32		
33		
34		
35	35-36	avsluttet slokking
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
50		
60		
61		

Etter test
ca 18-20 mm innbrenning i veggen der det var mest påkjent
ca 9,7-10 mm forkulling der det var gipskledd
ca 12 mm forkulling i himling (som var dekket med gips ved start)

Rom 2 (Andre test)
Brannmaling i himling og på tre vegger

Tid [min]	Tid ca. [min]	Observasjon
3	3	Nivå 7 i krybbe brenner
4	3-4	Flammer opp til tak. Frittstående veggfelt brenner
5	5-6	Flammer i tak
6	6	vegger brenner
7	7	Vindu nærmest dør sprekk men ingen røyk ut vindu. Overtenning
8	8	Vindu nærmest dør sprekker og slipper ut røyk
9	9	Ca 90% av vindu nærmest dør har falt ut
10	10	Bakerste vindu slipper ut røyk
11		
12	12	Bakerste vindu faller ut (ca 30 % har falt ut)
13	13	Flammer ut av bakerste vindu (flammer dekker ca 50 % av vindu)
14	14	Ca 90% av bakerste vindu har falt ut
15	15	Fortsatt Ca 90% av vinduer har falt ut
16	16	Taktekking har tatt fyr
17		
18	10	Isopor brenner og har tatt fyr fra taktekkingen
19		Ikke flamme ut gjennom spalte
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30	30	slokking startes
31		
32		
33		
34		
35		
36	42	reartenrelse i tak innvendig
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
50		
60	60	reartenta på nytt
61		

Etter test
Bakvegg: ett sjikt brent av, dvs ca 35 mm forkullet

Rom 3 (Tredje test)
Ubehandlet treverk

Tid ca. [min]	
3	øverste nivå krybbe antent (nivå 5)
3:40-4:00	Flammer i tak, tak antenner
5	Tydlige flammer i tak
6	Synlig brann i vegg
7-8	Overtenning. Røyk ut av vinduskarm. Ca 20 % av vindu har falt ut
9	Gulv brenner
10:30	Ca 50 % av vindu har falt ut
11	Ca 90 % av vindu har falt ut
14:40	Ca 100 % av vindu har falt ut
25	Flammer ut av fuge ved dør. "Tre krybben" fortsatt synlig stående
27:11	Flammer ut gjennom sylinnerfuge i hjørn i ett punkt på langside
29	Intakte fuger alle andre steder
30	Brenner litt i taktekking på venstre side
33	Fortsatt: Intakte fuger på baksiden
34	"Tre krybben" starter delvis å kollapse
35	Fuge i topp fortsatt intakt
37:30	"Tre krybben" står fortsatt
39	Der kommer litt røyk ut av fugen i topp på høyre langside
41	Fortsatt litt røyk ut av fugen
43	Ire krybber kollapser
50	Antydning til røyk ut av fuge til høyre (usikker).
51	Ei sjikt i taket ned fra veggen.
61	Brannen slukkes. Ytterste kullsjikt "sprutet" av veggen.

6.3 Instrumentering (Høgskolen Vestlandet)

Brannforsøk ved Torpomoen 2024-Brann 1-rom 1 (Høgskolen Vestlandet)
Brannforsøk ved Torpomoen 2024-Brann 2-rom 2 (Høgskolen Vestlandet)
Brannforsøk ved Torpomoen 2024-Brann 3-rom 3 (Høgskolen Vestlandet)

(vedlegg bundet til pdf-fil)

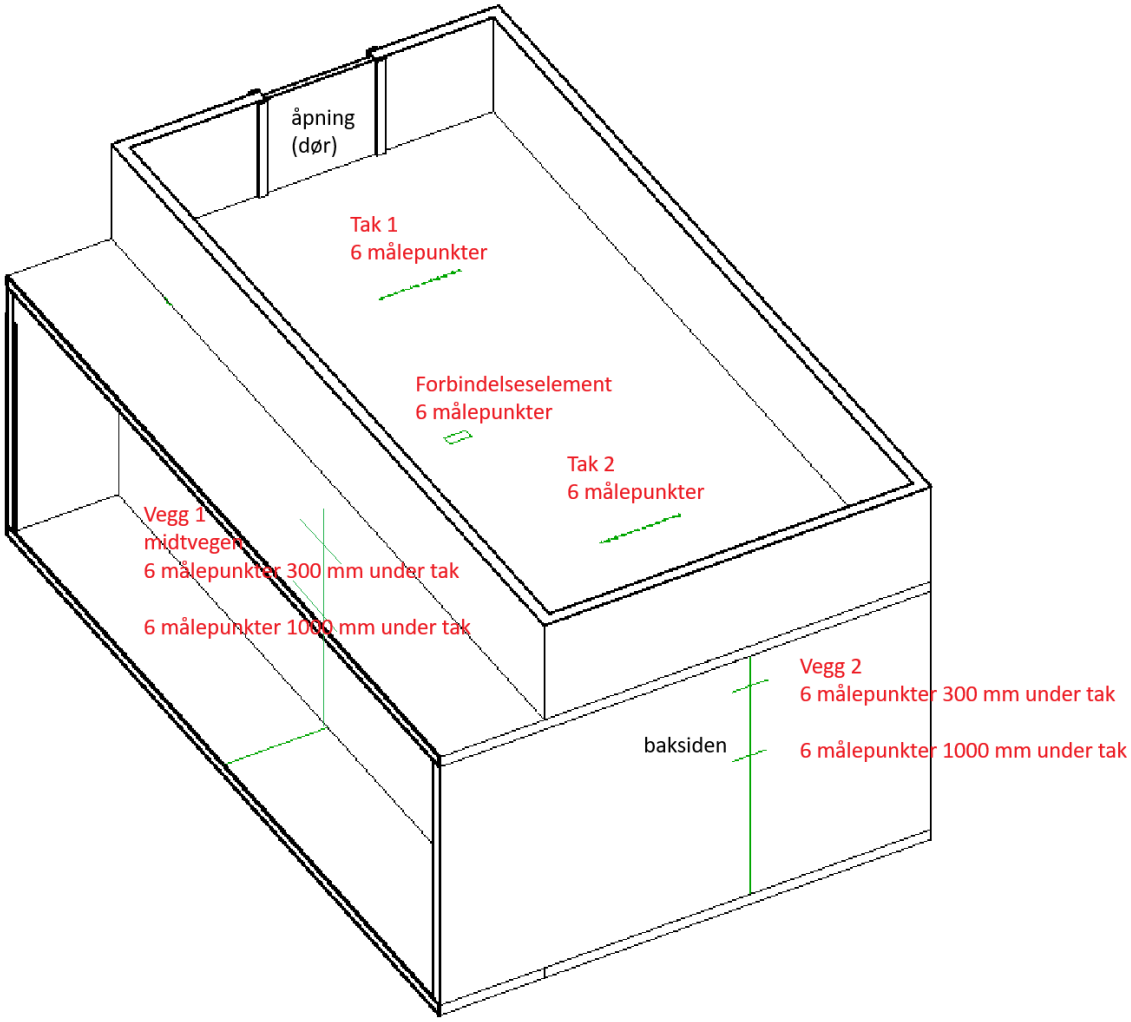
Torpomoen Brannforsøk 5+6.09.2024

Brannforsøk 1 5.09.2024

Vegene kled i gips

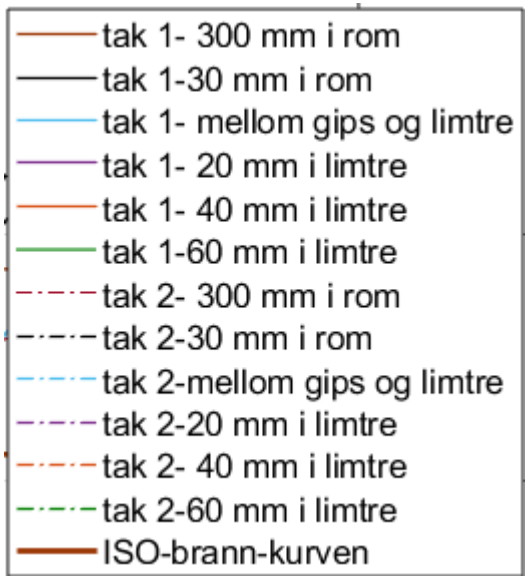
1.Instrumentering

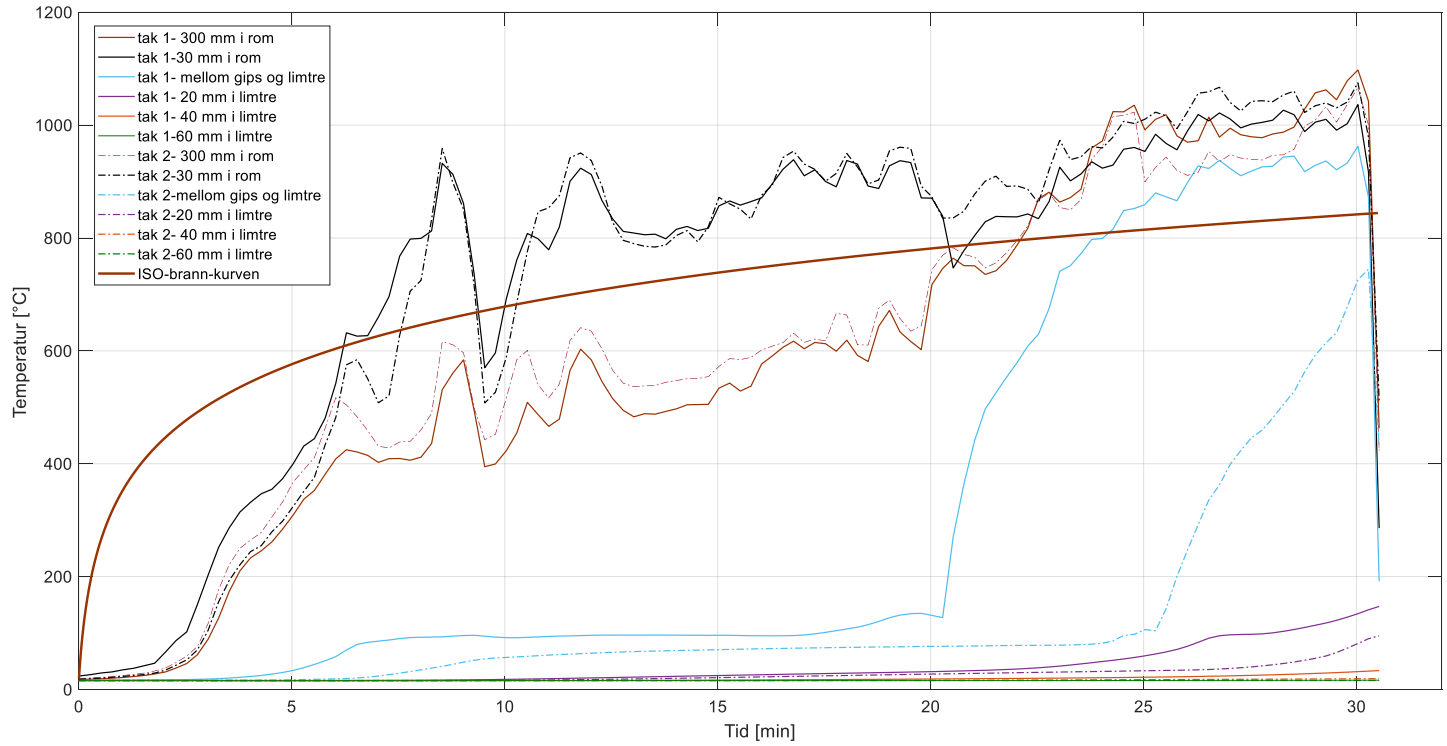
Figur 2: Brann 1- 1.etasje-venstre siden



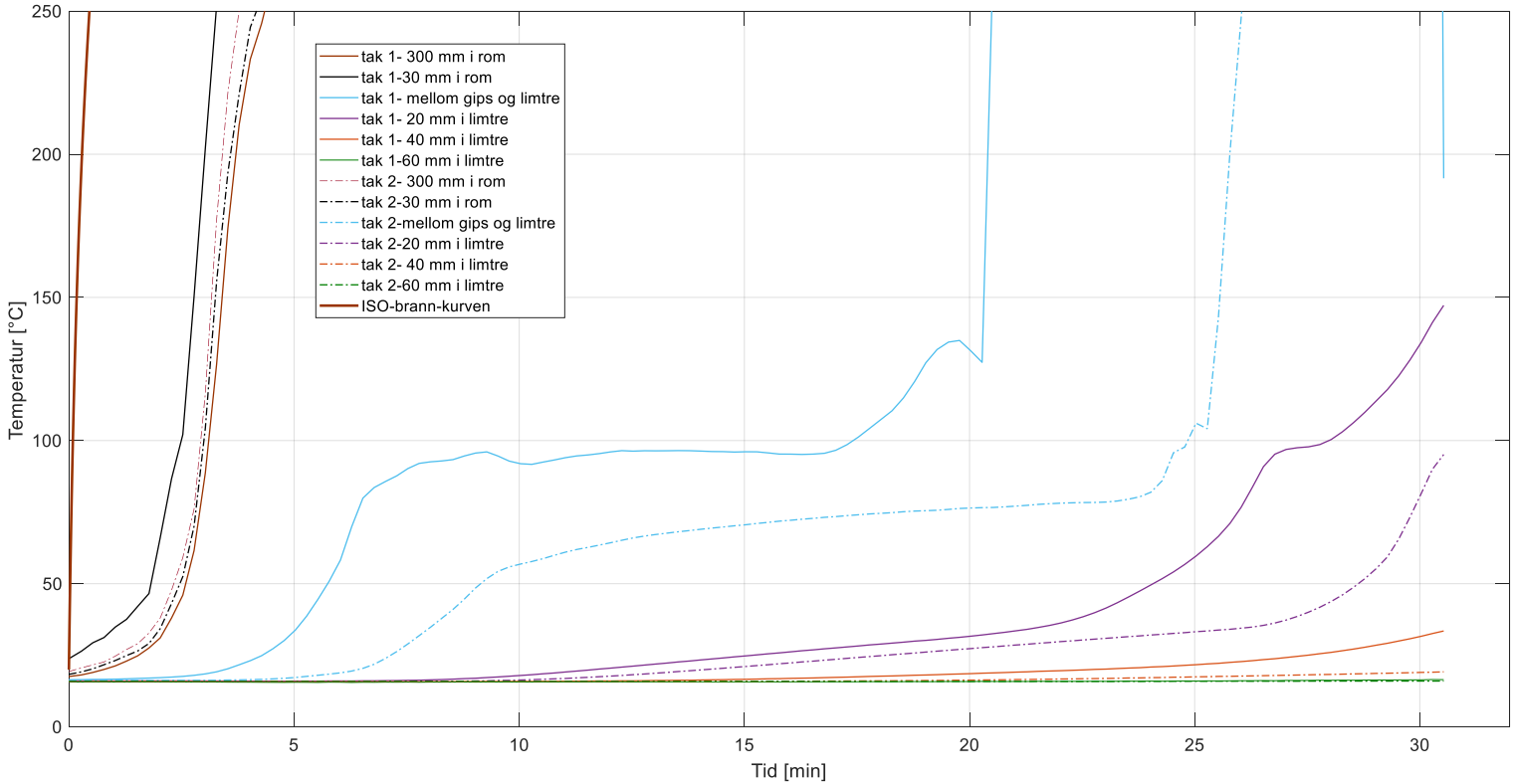
Figur 1: Brann 1 - Instrumentering

2. Temperaturen under og i tak



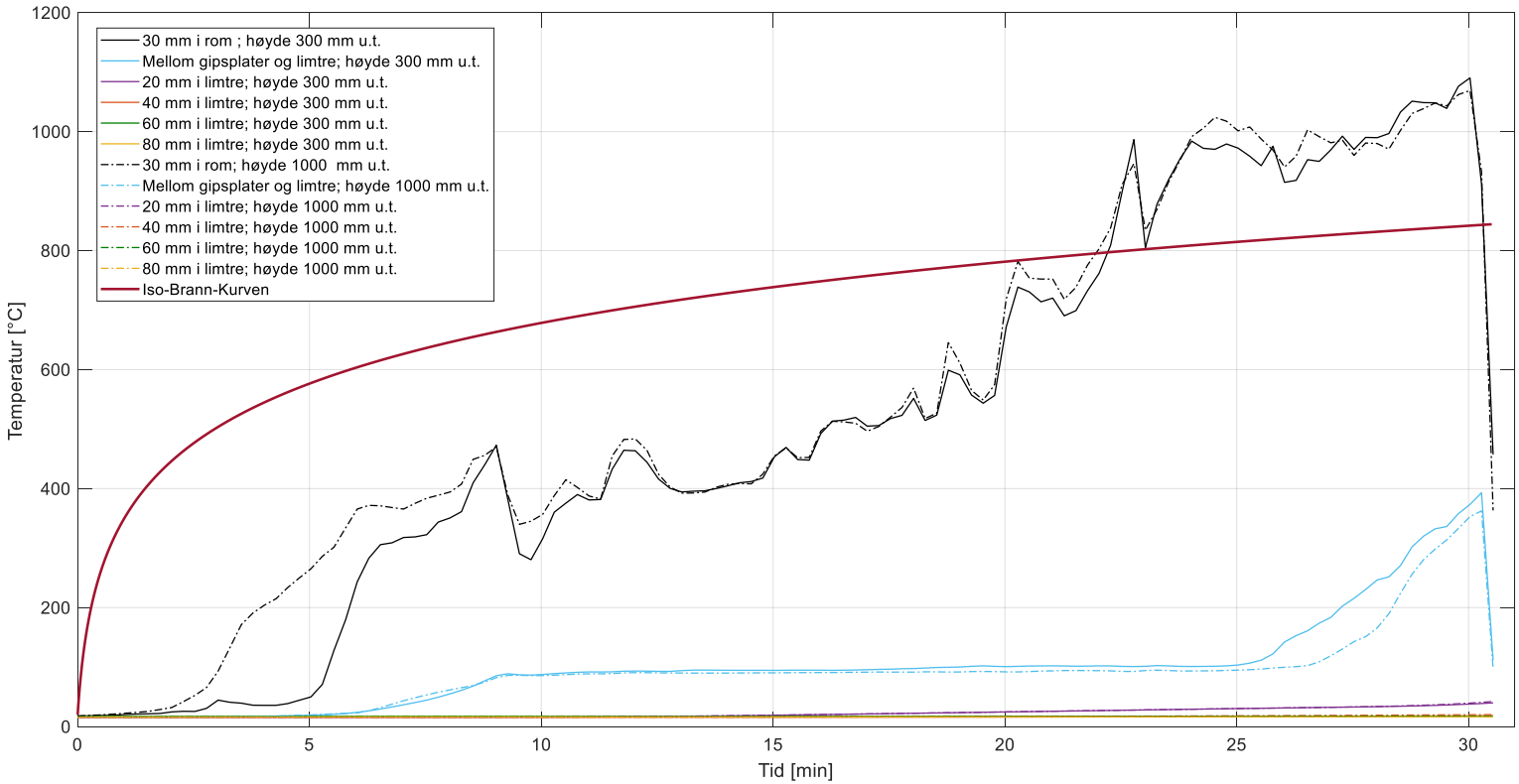


Figur 3: Brann 1- temperaturmålingen i tak 1 (front) og tak 2 (bak)

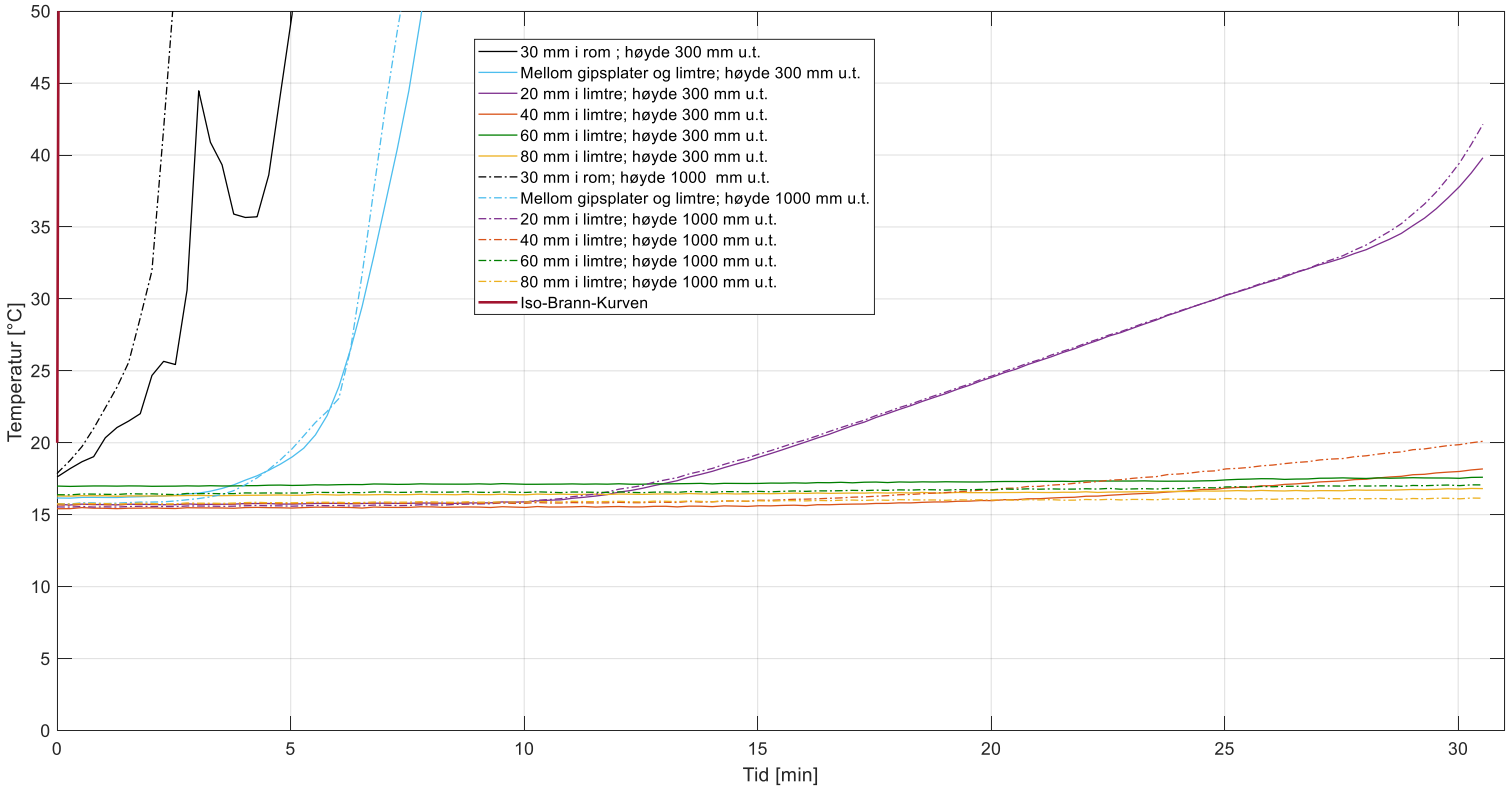


Figur 4: Brann 1- Temperatur fra 0-250°C

3. Temperaturen i vegg 1 (midtvegen)

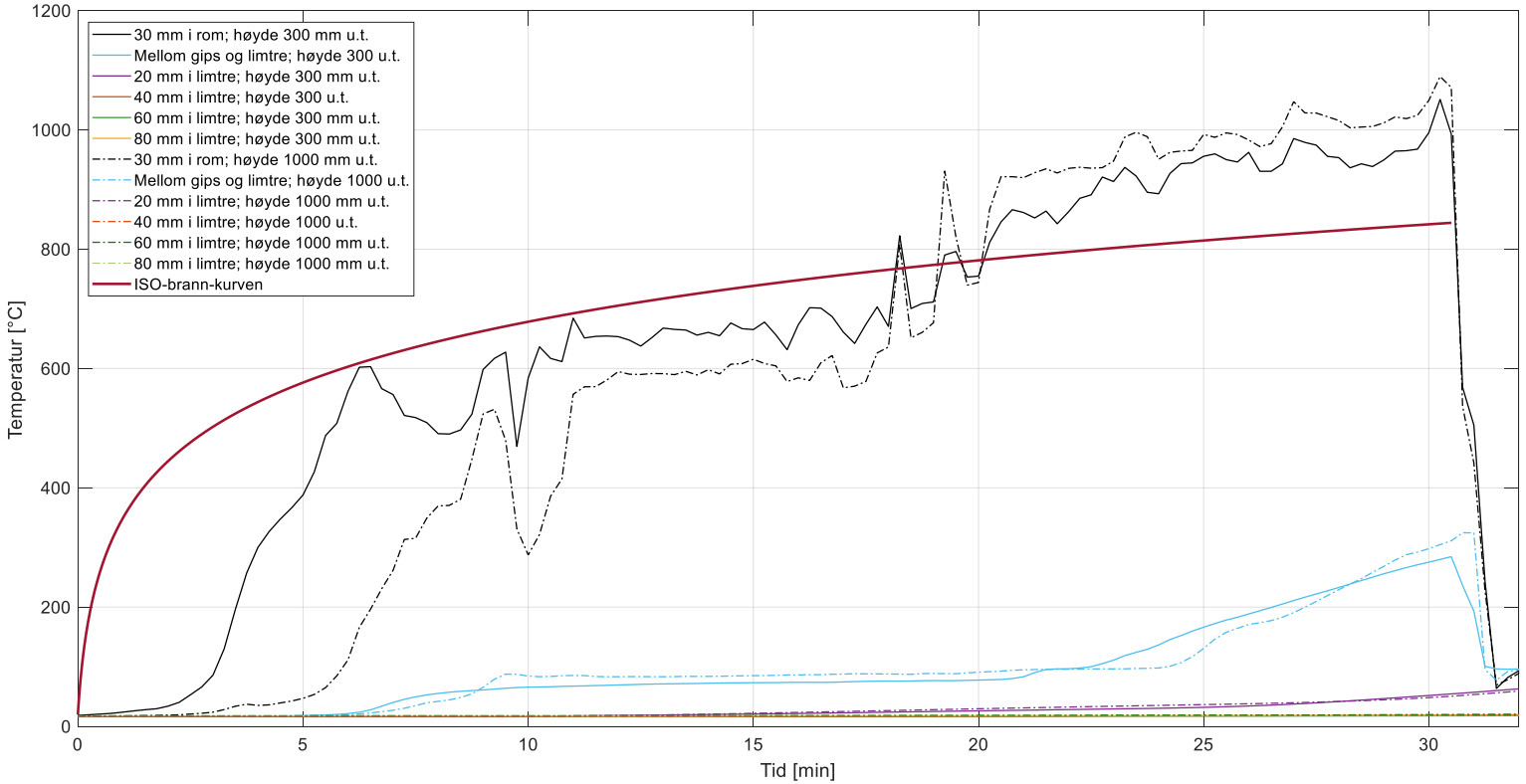


Figur 5: Temperatur i vegg 1 (midtvegen) med gips

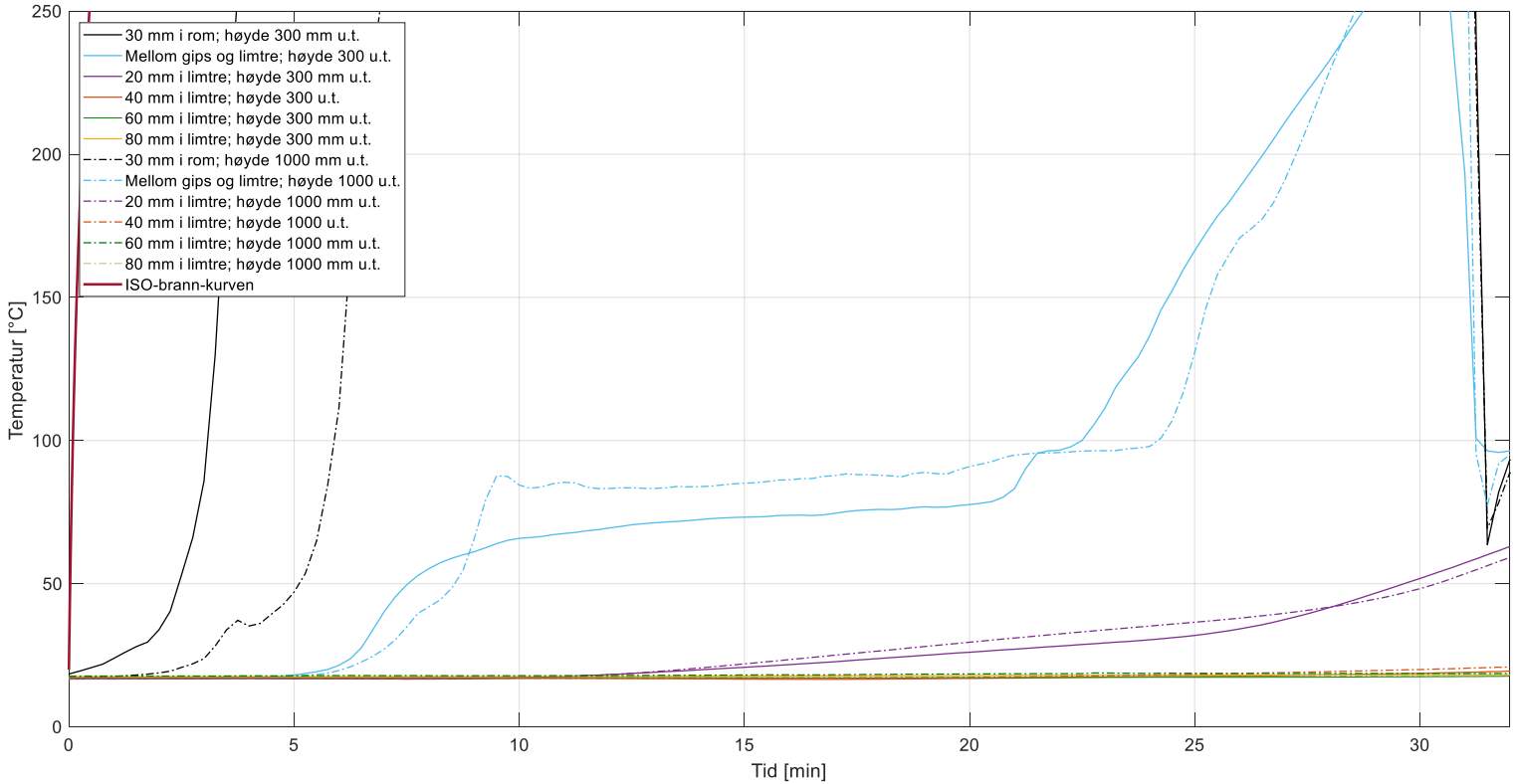


Figur 6: Vegg 1 (midtvegen) med gips- 0-50°C

4. Temperaturen i vegg 2 (baksiden)

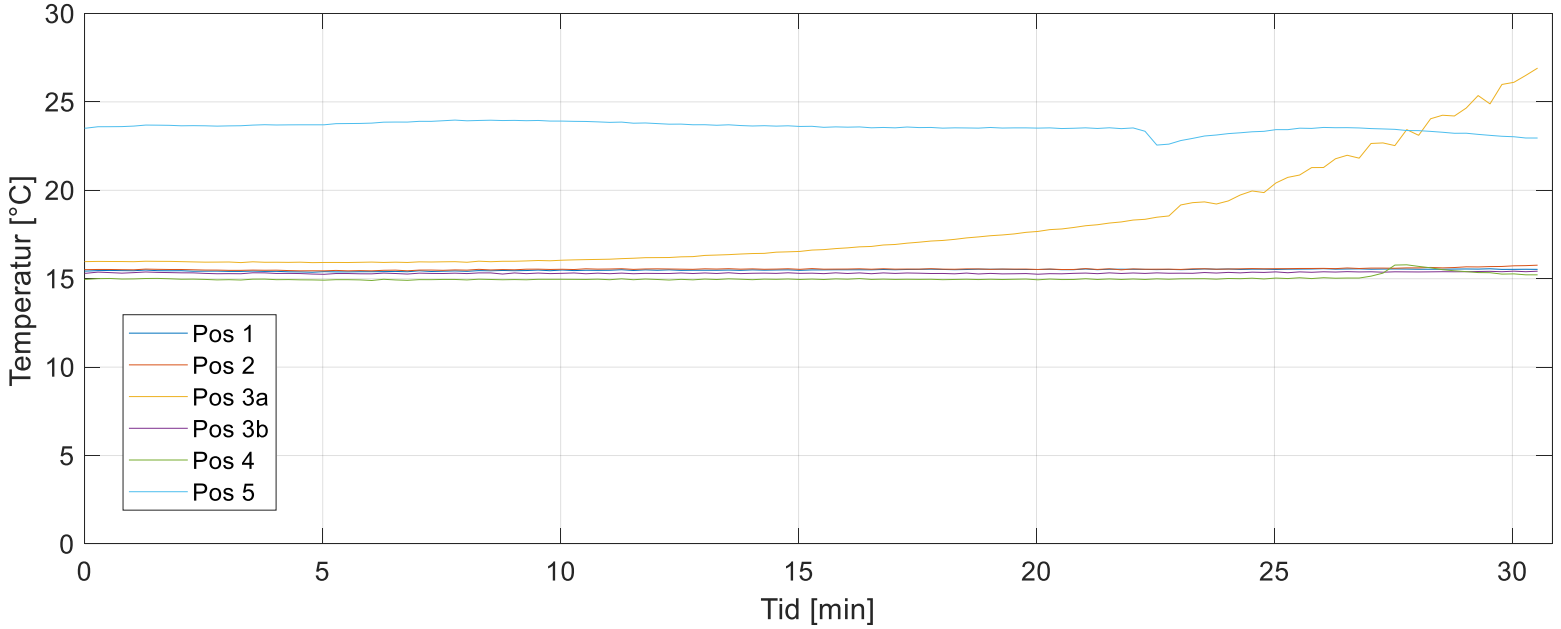


Figur 7: Brann 1- Vegg 2(baksiden) med gipsplater- 0-1200°C



Figur 8: Brann 1- Vegg 2 (baksiden)- med gipsplater-0-250°C

5. Temperaturen i forbindelseselement i tak; beskyttet med en treplate



Figur 9: Forbindingselement takplater under brann 1- 0-30 °C

Torpomoen Brannforsøk 5+6.09.2024

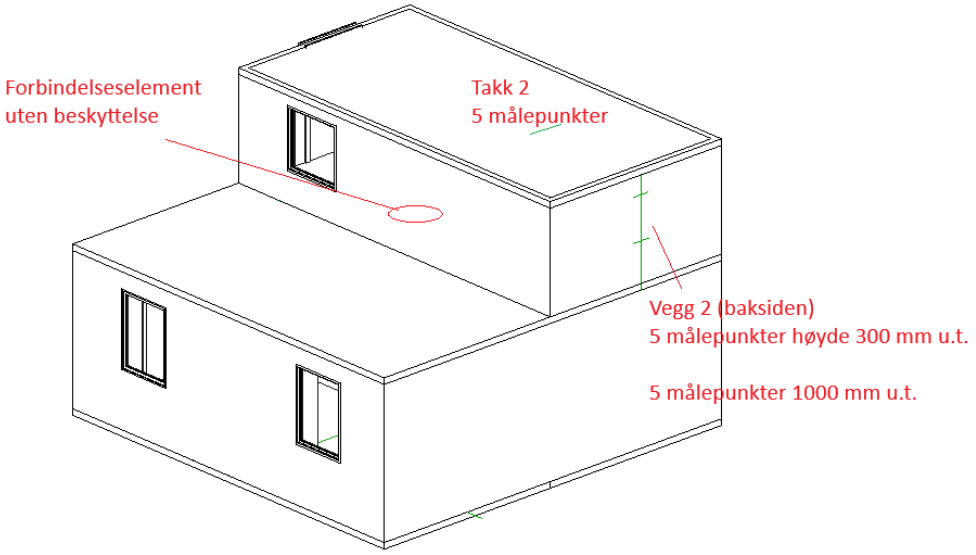
Brannforsøk ved Torpomoen 6.09.2024

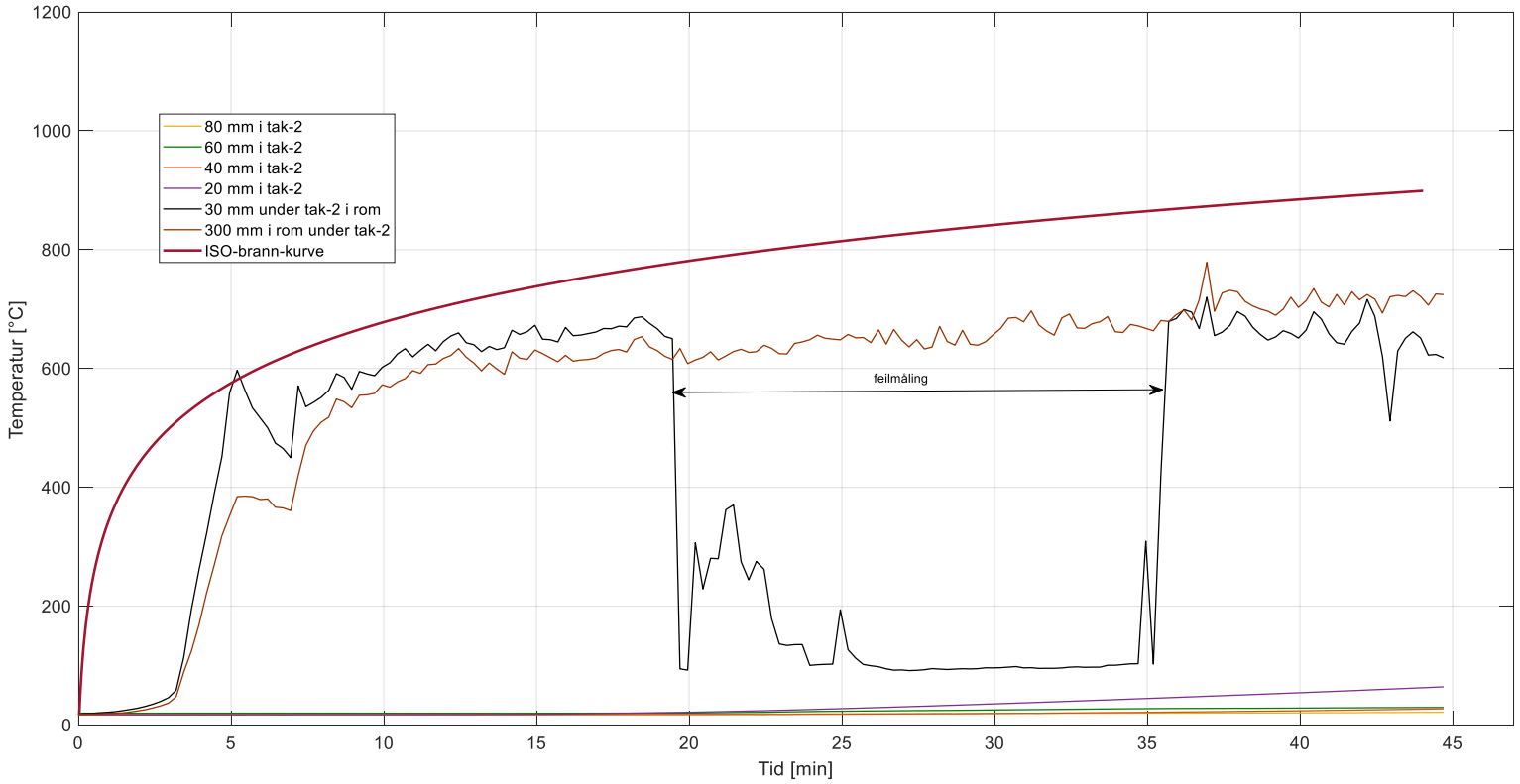
Brann 3 – 6.09.2024

Vegene uten behandling

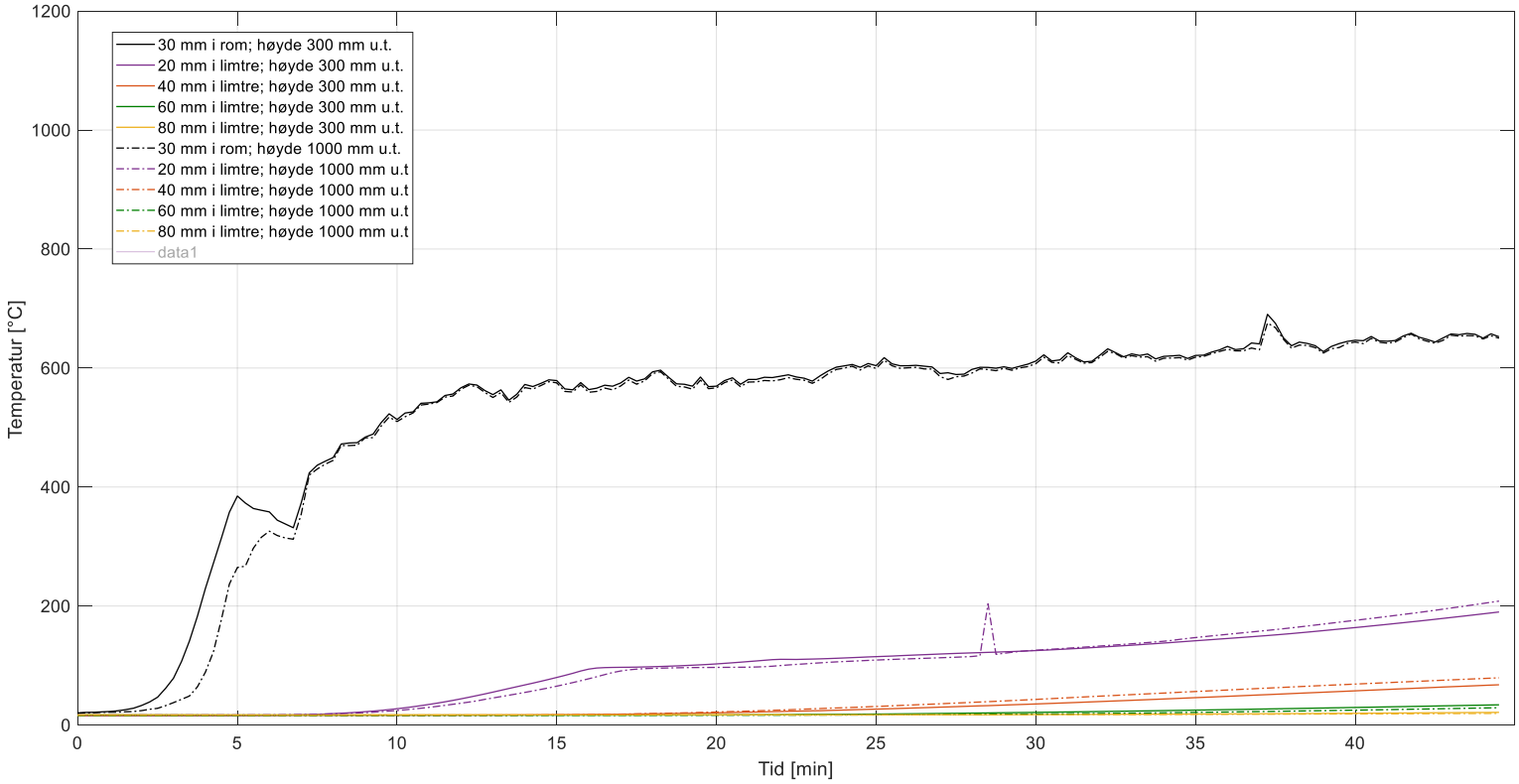
Instrumentering

Figur 1: Brann 3 rom 3

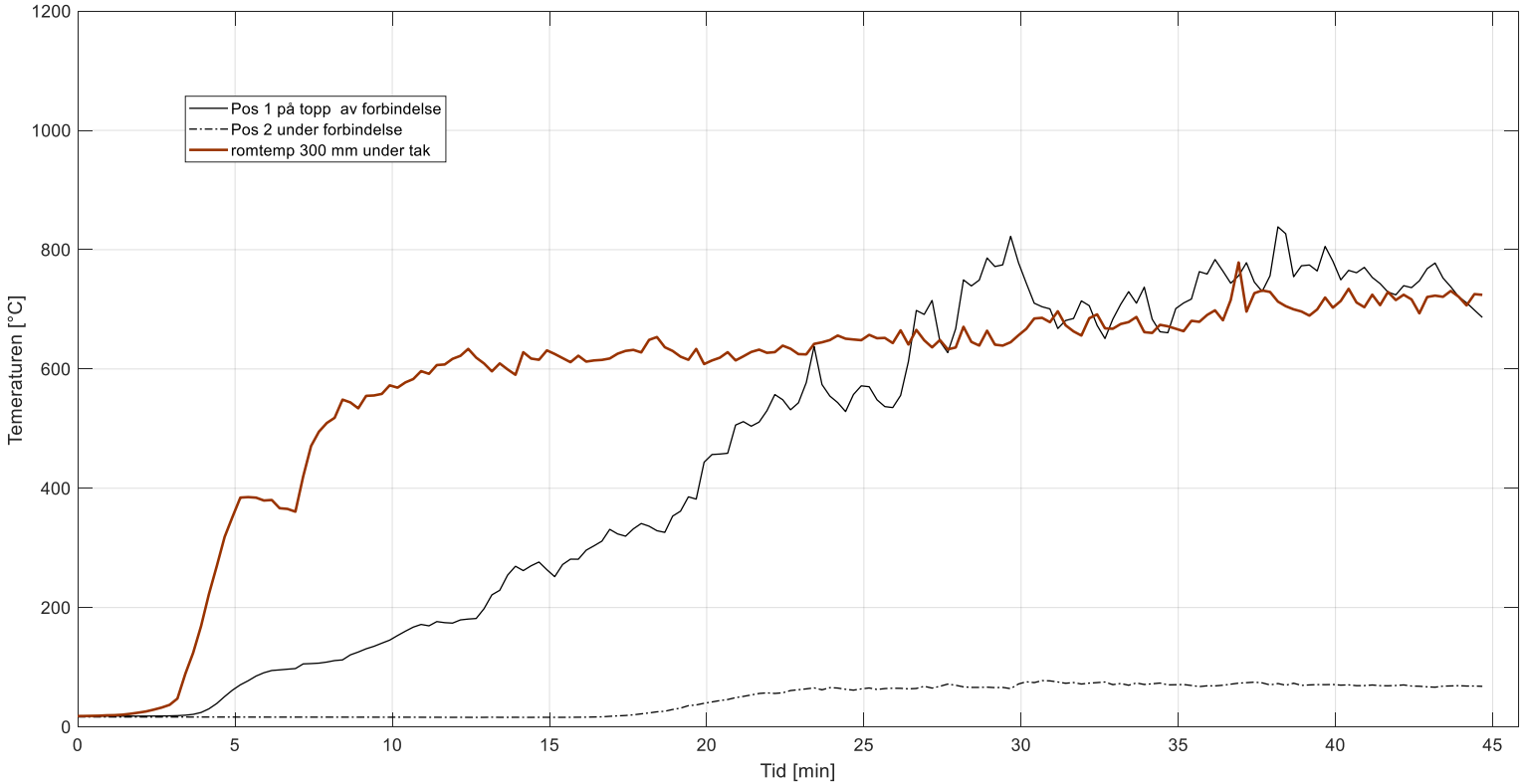




Figur 2: Brann 3-rom 3- posisjon takk 2



Figur 3: Brann 3-rom3-vegg 2 på baksiden -temperaturer 300 mm under tak og 1000 mm under tak i limtre og på overflaten i rommet



Figur 4: Brann 3- rom 3 - Forbindelser på gulv uten beskyttelse

Torpomoen Brannforsøk 5+6.09.2024

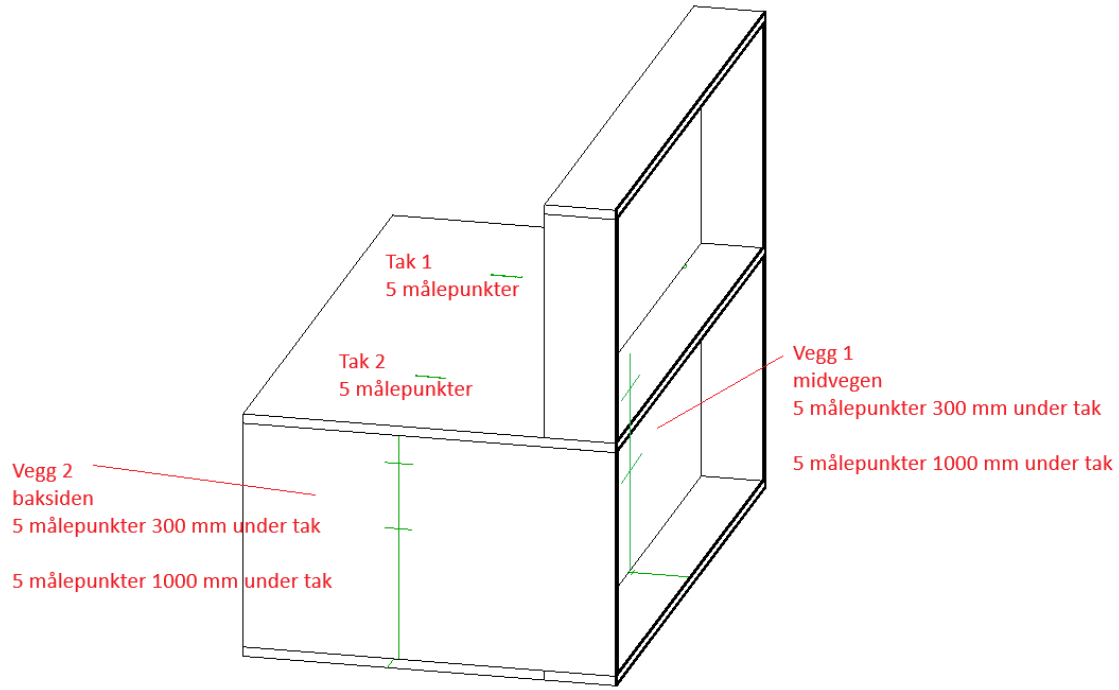
Brannforsøk ved Torpomoen 6.09.2024

Brann 2 – 6.09.2024

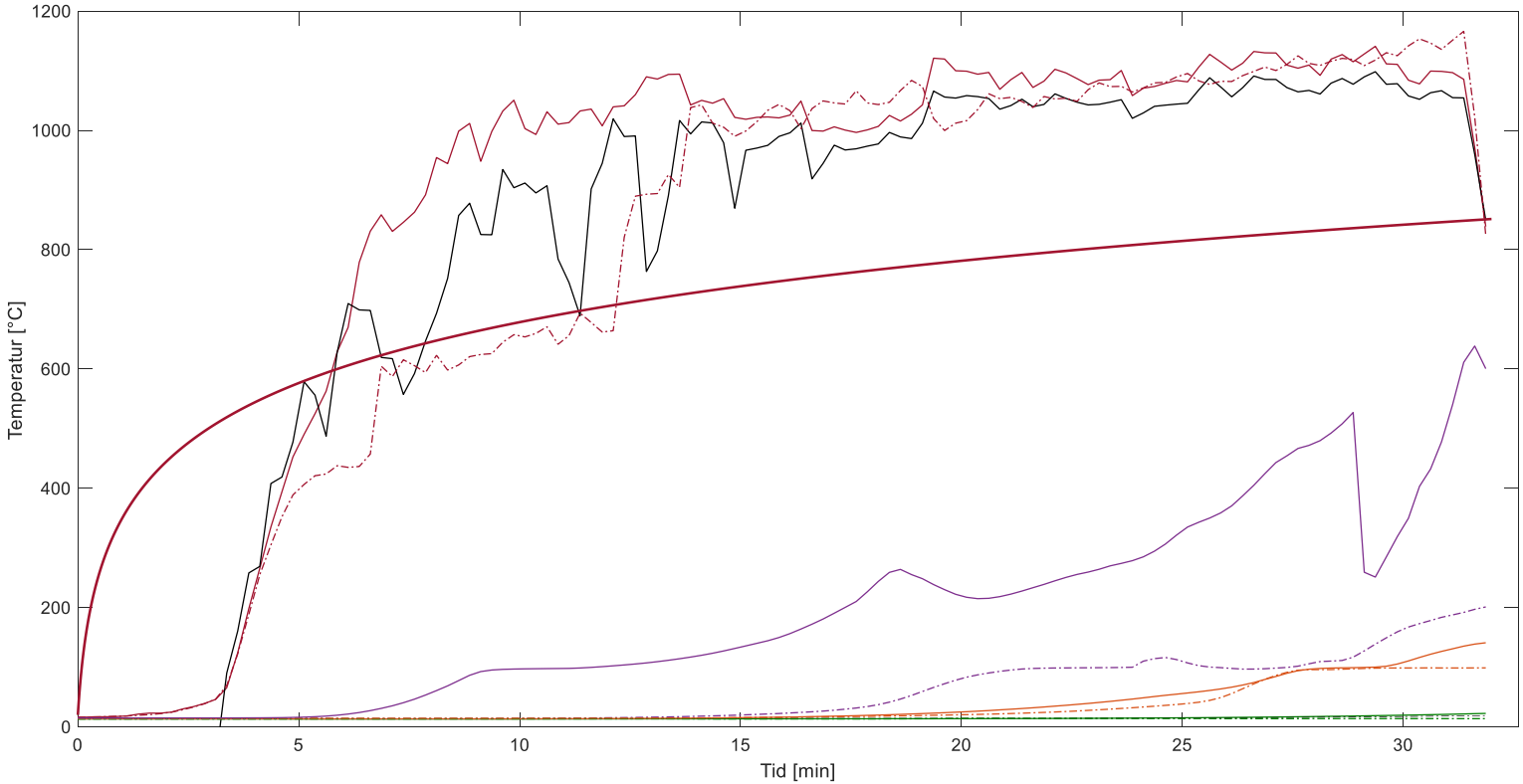
Vegene malt med brannbeskyttelse

Instrumentering

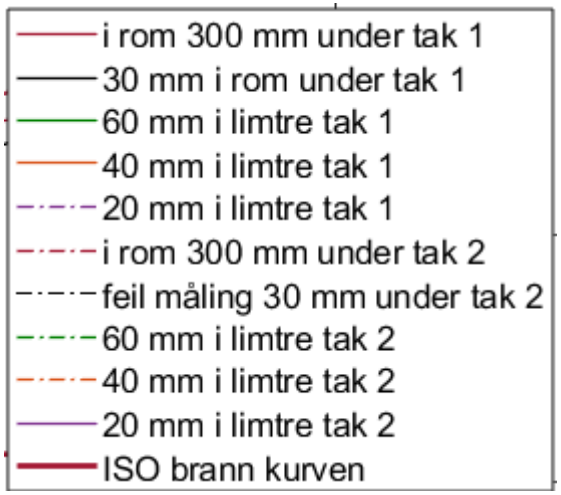
Figur 2: Brann rom 2



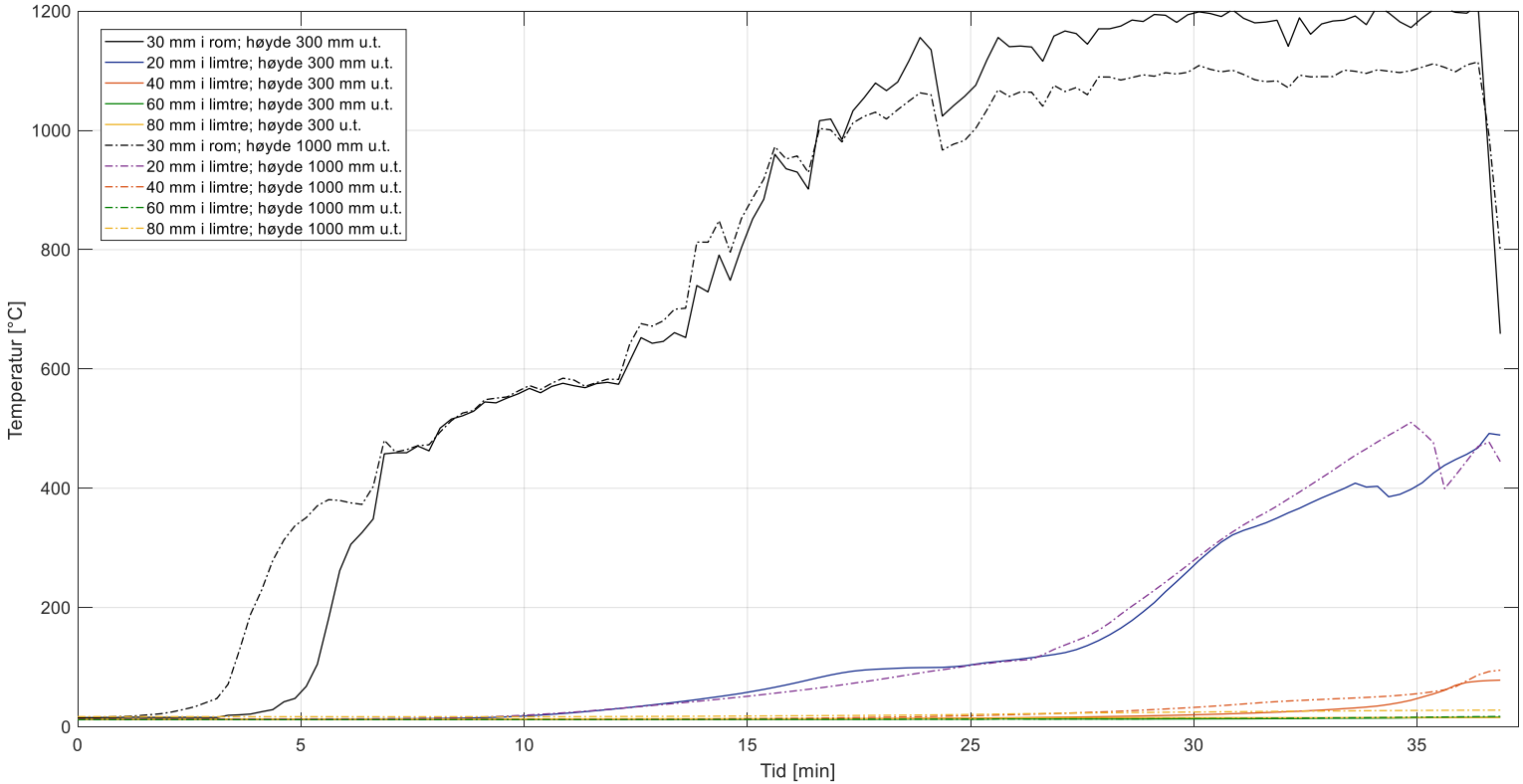
Figur 1: Instrumentering brann rom 2



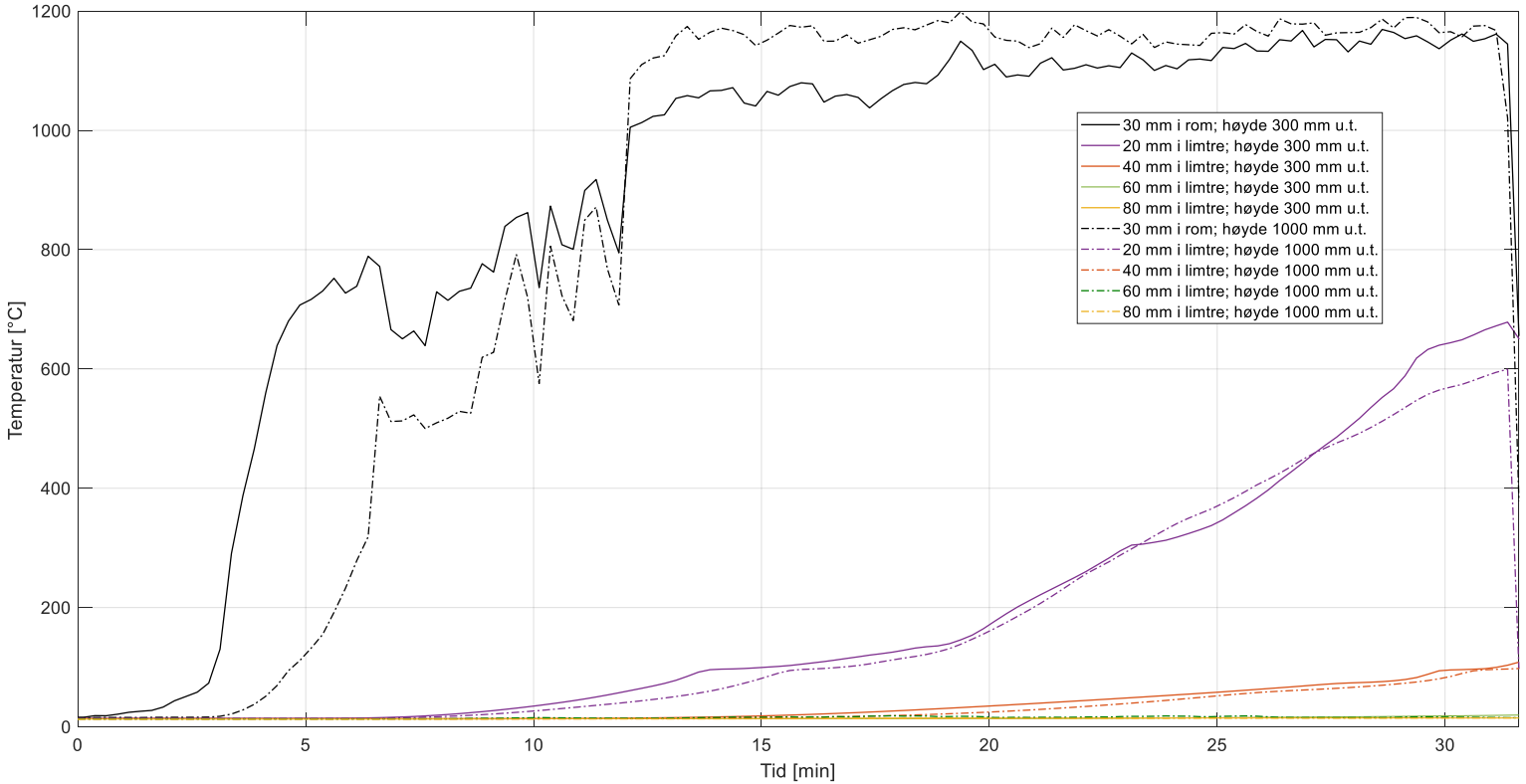
Figur 3: Brann 2- rom 2- Temperaturer i tak 1+2 og rom



Figur 4: Brann 2 tak 1 +2 og rom instrumentering



Figur 5: Brann 2-rom2-vegg 2 på baksiden -temperaturer 300 mm under tak og 1000 mm under tak i limtre og på overflaten i rommet



Figur 6: Brann 2-rom 2 vegg 1(midtvegen) - temperaturer 300 mm under tak og 100 mm under tak og på overflaten i rommet.

Splitkon KLT - fullskala branntest sept.2024

Dato: 02.03.2026
Versjon: 01

Sammendrag

Det er gjennomført branntester i 3 brannceller plassert inntil hverandre oppført med KLT-elementer. Branncellene ble gitt ulik overflatebehandling og innkledning av innvendig i rommene da et mål for testen var å registrere hvilken innvirkning dette hadde på brannforløpet.

Brannvesenet i Hallingdal stilte øvingsplassen på Torpomoen til disposisjon for branntestene, og bidro med mannskap til slokkeinnsats og kontroll underveis.

Resultater og observasjoner er presentert slik det ble registrert av flere observatører. Betydningen av overflatebehandling og innkledning av KLT var den viktigste observasjonen, men det ble i tillegg gjort flere tilleggsobservasjoner som også er referert i rapporten. Basert på tre testbranner er det ikke grunnlag for bastante konklusjoner, så vurderingene og resonnementene som er gjort må leses i lys av det begrensede testgrunnlaget.

Testtiden var 30 min for de to første testene og 60 min for den siste brannen. Brannene ble slokket med vann av brannvesenet og testriggen ble nedkjølt mellom hver test. KLT-elementene beholdt integriteten og hindret brannspredning mellom branncellene som var plassert vegg i vegg eller over hverandre. Som en kuriositet kan det nevnes at etter at testene var gjennomført var testriggen såpass intakt at Hallingdal brannvesen fjernet forkullet treverk og «pusset opp» branncellene slik at de kan benyttes til øvingsvirksomhet for brannvesenet.

Observasjonene og resultatene var for en stor del som forventet basert på bl.a kjent litteratur som RISE Fire Research sin rapport «Brannsikkerhet ved bruk av krysslaminert massivtre i bygninger - en litteraturstudie». Tildekking av KLT med gips hadde stor betydning for temperaturen som ble vesentlig lavere enn i de andre branncellene. Overflatebehandling med brannmaling syntes å ha begrenset innvirkning på brannutviklingen da den var virksom kun i kort tid før KLT ble involvert i brannen.
Temperaturen i branncellene ble raskt høye, spesielt etter overtenning som kom etter 7-9 minutter. Flammene ut av vindusåpningene var jevnt heftige, så forhøyet brannspredningsrisiko i fasadene er et aktuelt funn. Forkullingsdybder målt på teststykker tatt ut fra ulike steder i branncellene viste i snitt 0,6-0,7 mm/min som forventet.

Deltakere/medvirkende:
Splitkon: Knut-Arne Johansen, Robert Röhlig m. fl.
Hallingdal brannvesen: Jon Bjella m.fl.
Høgskolen på Vestlandet: - navn
Sweco (Oslo): Leif Tor Isaksen, Martin Hagen
Motek: - navn
Firesafe: - navn
Dynea: - navn
Fokus Rådgivning AS: Tanja Sletaker

Innhold

Sammendrag 2
Innhold 3
1 Innledning 4
1.1 Bakgrunn og mål 4
1.2 Begrensninger 4
2 Testoppsett og testbeskrivelse 4
2.1 Valg av testprogram 4
2.2 Brensel 6
2.3 Gjennomføring 6
2.4 Geometri og materialer 6
2.5 Målepunkter, registrering og instrumentering 7
3 Resultater med diskusjon 8
4 Referanser 10
5 Bilder 11
6 Vedlegg 13
6.1 Tegninger 13
6.2 Observasjoner – sammenstilt Sweco, Fokus Rådgivning 14
6.3 Instrumentering (Høgskolen Vestlandet) 15

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og mål

Splitkon ønsket å gjennomføre brannscenarier som lå så tett som mulig opp til det som ville være en reell brann i et småhus bygget med KLT-elementer. Det var allerede bygget et testbygg med 3 rom/branncelle som var benyttet til lydstester. Tanken var å møblere disse som typiske boligbranncelle. Brannene skulle få utvikle seg over en lengre tidsperiode for å se hvordan KLT-elementene inngikk i brannforløpet og hvordan de medvirket til å hindre brannpåkjenning og brannsmitte til nabobranncellen. Det var også ønske om å se hvordan ulike typer festemidler, plugger og dybler ble påvirket av og fungerte under brann, men dette er ikke referert i denne rapporten.

Brannrådgivere ble invitert til å komme med innspill til testoppsett og spesifikke egenskaper eller løsninger som kunne undersøkes under testene. Betydningen av overflateegenskaper for ubehandlet KLT, effekt av brannhemmende overflatebehandling og behov for å beskytte KLT-vegger og -himling med gips er et tema som er veldig aktuelt i byggeprosjektene. Det var derfor ønskelig å erfare hvordan ulike oppsett med dette påvirket brannutviklingen. Dette ble definert som den viktigste observasjonen mht. å underbygge mulighet for utildekket KLT og nødvendig omfang av brannbeskyttende tiltak. Plassering av brennbar isolasjon direkte på oversiden av KLT i tak, og gjerne plassert direkte over en skjøt, ville gi nyttig informasjon mht. behov for forsegling med ubrennbar isolasjon på oversiden av KLT-taket slik f.eks. TPF nr. 6 viser. Utover dette ble det registrert flere tilleggsobservasjoner som også er referert i rapporten.

Høgskolen på Vestlandet stilte med instrumentering og testutstyr for å måle temperaturpåvirkning i elementene. De har laget de grafiske presentasjonene av brannforløpene.

Hallingdal brannvesen sitt øvingsområde på Torpomoen ble benyttet til gjennomføringen. Brannvesenet så det som nyttig erfaring for deres arbeid å bistå med slokking og kontroll av branntestene.

1.2 Begrensninger

Testene fulgte ikke standardiserte testoppsett og kan ikke benyttes til dokumentasjon av løsninger. De kan benyttes som indikasjoner, til å underbygge annen dokumentasjon eller antagelser samt som utgangspunkt for fremtidige tester.

2 Testoppsett og testbeskrivelse

2.1 Valg av testprogram

Testobjektet er et bygg i KLT-elementer bestående av 3 rom hvorav det ene er plassert oppå de andre slik at det blir to etasjer. Det er i tillegg satt inn vinduer med 2-lags glass i hver av branncellene. Testobjektet var tidligere benyttet til lydtester og hadde derfor en satt geometri. For å komme nærmere opp til en faktisk boligsituasjon ble det satt inn vinduer. Siden det er 3 rom, vil det være aktuelt med 3 tester. Rekkefølgen ble valgt ut fra risikoen for å skade konstruksjonene som skulle testes i neste test. Det ble vurdert ulike forhold som kunne vært interessant å undersøke, men med en begrensning på 3 tester måtte dette avgrenses til noen rasjonelle områder.

Det ble valgt å kjøre 30 minutters test på de to første testene da 30 minutters brannmotstand (REI30) er vanlig referanse for lave byggverk til bolig, omsorgsbolig, barnehage o.lign i brannklasse 1. For den

siste testen ble det valgt 60 minutter for også å kunne studere et brannforløp tilsvarende brannmotstand i brannklasse 2 som er relevant for høyere byggverk.

2.1.1 Temperaturmonitorering

Termoelementer ble plassert i 3 høyder 3 cm inn i veggen på eksponert side for å registrere temperaturøkning underveis i brannforløpet. Der hvor det ble montert beskyttende gipsplater ble det også montert temperaturfølere mellom gips og KLT.

På kald side av KLT-element var det forventet lav og ubetydelig temperaturøkning, så her ble det ikke montert monitorerte termoelementer, men kun kontrollert manuelt.

2.1.2 Overflateegenskaper

Det var ønskelig å studere ulike overflateegenskaper i brannceller for boligformål. Dette kan være nyttig for bolig (og ev. skole), men spesielt nyttig med tanke på å vurdere mer bruk av treoverflater i risikoklasse 6 (omsorgsbolig, sykehjem, hoteller osv.). Det er etterspørsel etter dette, men i dag begrenses dette av ytelseskravene i VTEK17 som angir overflateegenskaper B-s1,d0 for risikoklasse 6.

De tre branncellene ble derfor utført som følger:
Branncelle 1: Himling og 3 av veggene ble kledd med 13 mm gips, Gyproc normalgips. Én langvegg ble beholdt med ubehandlet KLT.
Branncelle 2: Himling og 3 vegger ble malt med brannhemmende maling (Firesafe, B-s1,d0). Alle overflater med brannimpregnert KLT. Én langvegg ble beholdt med ubehandlet KLT.
Branncelle 3: Alle overflater var ubehandlet KLT

2.1.3 Lim

For undersøke hvordan KLT-elementer med MUF-lim (melamin) og PU-lim (polyurtan) ble påvirket av brannen, ble det montert frittstående veggelementer med disse limtypene inne i branncellene. Elementene forøvrig var utført med MUF-lim.

2.1.4 Elementskjøter og vinduer

For å studere om det er problematisk eller akseptabelt å benytte brennbar isolasjon på KLT ble det montert EPS på taket over en elementskjøt. Ellers så var det generelt av interesse å observere om det er problemer med røykspredning via elementskjøter.

Det var ønske om å observere om det blir vindusbrudd ved «vanlig boligbrann», eller om dagens vinduer hinder glassbrudd. Vinduene som ble plukket ut fra avfallsstasjonen og montert var 2 lags isolerglass.

Alle skjøter var utført som buttskjøter. Som del av den opprinnelige lyd-testen var det montert Sylomer i etasjeskiller mellom testrommene. Mellom tak og vegg ble det lagt en grusfylt Stripe.

2.1.5 Fuktighet i treet

Elementene produseres normalt med 12 % fuktighet. Etter en tids beboelse vil elementene normalt inneholde 6-10 % fuktighet. Elementene i testbygget har vært benyttet tidligere, tatt ned og satt opp igjen og vært utsatt for vær og vind. Ved teststart ble det målt 14-17 % fuktighet i treet.
Startbrannen hadde relativt rask brannutvikling med høy temperatur, så fuktigheten i treet er vurdert å ha liten betydning for resultatene her.

2.2 Brensel

For å få mest mulig sammenlignbare resultater må testoppsettet være så likt som mulig:

- Samme møblering. IKEA-møbler er ofte benyttet i branntester med få overraskelser, men trekrybber og/eller europaller vil også sikre sammenlignbare resultater. Det ble valgt trekrybbe. Mobil brannenergi utgjorde samlet 5250 kJ (300 kg, 17,5 kJ/kg) som er representativt for brannenergi i en liten leilighet. Verdien ble valgt da dette omregnet tilsvarer brannenergi på 550 MJ/m^2 (Gulvareal) som er vanlig for bolig. Denne brannenergien benyttes også i de aller fleste studiene og forsøkene som er gjort i verden så ved å velge denne får man et godt sammenligningsgrunnlag.
- Samme tennkilde i alle tester. Det ble det benyttet trelekter ble stablet 3x10 i høyden med kar med 2 liter sprit under.

2.3 Gjennomføring

Basert på erfaringer fra lignende tester ble følgende avtalt for praktisk gjennomføring:

- Døren må være åpen under testen for å sikre at brannen ikke dør ut av seg selv
- Man må være forberedt på å knuse vinduer underveis for å sikre sammenlignbare resultater i testene (at vinduene knuser omtrentlig på samme tid og gir samme ventilasjonsforhold i testene).
- Det må gjøres tiltak for å unngå brannspredning fra en branncelle til en annen via dør- og vinduåpninger. Gips er tilstrekkelig utvendig.
- I tillegg til instrumentering for monitorering av temperaturer, ble det satt opp kameraer som filmet hele forløpet. Det ble også manuelt registrert kritiske tidspunkter for ulike hendelser og overganger som antennelse av vegger og himling, overtenning, brann ut av dør, glassbrudd mm.

2.4 Geometri og materialer

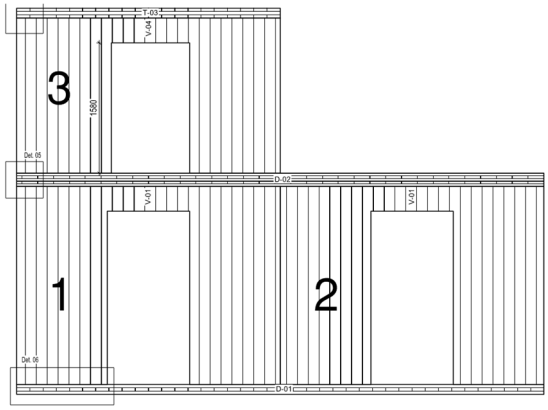
De tre rommene hadde tilnærmet samme omfang dører/vinduer. Den øverste boksen var litt lavere.

Testbygg

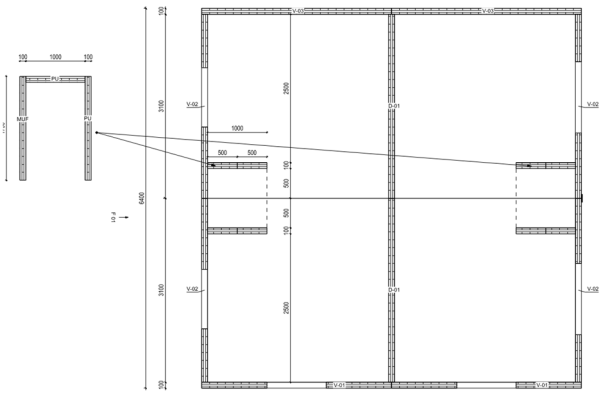
Trekrybbe

Det ble gjennomført 3 branntester, én i hvert rom. Det var avsatt tid til nedkjøling mellom hver test. I tillegg ble det montert gipsplater utvendig på det øverste rommet slik at dette ikke skulle involveres i brannene i underliggende plan via de åpne dørene. Branntest 1 ble gjennomført nede til venstre, branntest 2 nede til høyre og branntest 3 øverst.

De tre rommene var utført med ulik innvendig overflatebehandling for å registrere forskjellen i brannutviklingshastighet og tid før full overtenning. I tillegg ble det montert frittstående veggskiver som ble eksponert på begge sider. Disse var utført med ulikt limprodukt for å registrere delaminering og effekt av dette.



Oppriss

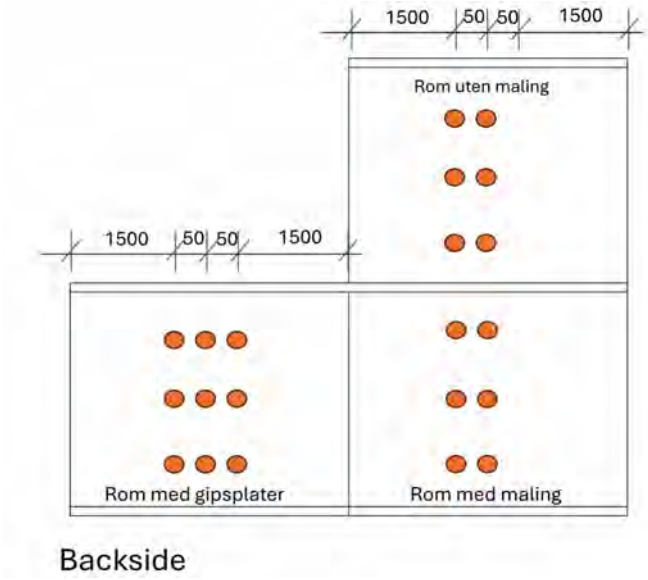


Veggelementer med MUF-lim og PU-lim

2.5 Målepunkter, registrering og instrumentering

2.5.1 Registrering underveis

Høgskolen Vestlandet sto for planlegging og gjennomføring av temperaturmålinger i treverket. Termoelementer ble plassert i 3 høyder 3 cm inn i veggen på eksponert side for å registrere temperaturøkning underveis i brannforløpet. Der hvor det ble montert beskyttende gipsplater ble det også montert temperaturfølere mellom gips og KLT. Opplegg er vist i sin helhet i vedlegg «Instrumentering». Resultater fra temperaturmålinger er vist i vedlegg «Brannforsøk ved Torpomoen 2024 Brann 1 – rom 1» og tilsvarende for rom 2 og rom 3?



Typisk oppsett av termoelementer

Visuelle observasjoner ble gjort av flere underveis i branntesten. Dette er oppsummert og sammenstilt i vedlegg «Observasjoner – sammenstilt». Det ble registrert tid frem til bl.a :

- Antennelse vegger og himling
- Overtenning
- Vindusbrudd
- Kollaps gips
- Flamme ut gjennom sylomerfuge og gjennom overganger/tilslutninger generelt.

2.5.2 Prøvetaking og registrering etter gjennomført test

Splitkon tok ut prøvestykker (sylindere) ulike steder på vegger og tak for å måle innbrenning og forkulling.

2.5.3 Løse veggelementer med MUF-lim o g PU-lim

For veggfeltene med MUF-lim og PU-lim ble det registrert delaminering og gjenstående intakte sjikt.

2.5.4 Slokkevannsbehov

Brannvesenet gjorde seg noen erfaringer mht. slokking av brann i bygning av KLT-elementer. Temperaturen ble målt til over 1000 ^{0}C oppunder taket og alle overflater inne i branncellen brant. Brannvesenet uttalte at de registrerte spesielt at det var høy intensitet og temperatur.

3 Resultater med diskusjon

3.1.1 Visuelle observasjoner

Det var lite eller ingen vind under gjennomføringen forsøkene. Det var oppholdsvær med sol og ca. 15-20 ^{0}C. Med åpen dør for god lufttilgang utviklet brannen seg raskt i alle tilfellene. Brannvesenet måtte dempe ned utvendig brann i noen tilfeller slik at det ikke smittet mellom branncellene fra utsiden. Dette for å sikre at branncellene ikke ble berørt før testen skulle gjennomføres i respektiv branncelle. Trekrybbene virket å antenne og utvikle seg noenlunde likt. For test 3, hvor branncellen hadde lavere høyde, ble krybben redusert med 2 høyder for å få tilnærmet samme høyde til taket.

3.1.2 Temperaturpåvirkning

Temperaturregistreringen viste for branntest 1 og branntest 2 at etter overtenning og etter at trevirket i KLT-elementene er involvert i brannen så ligger temperaturen ved taket godt over ISO-kurven og etter 30 minutter så har temperaturen stabilisert seg på rundt 1100 ^{0}C oppunder taket.

For branntest 3 synes det å ha spilt inn at denne branncellen var lavere enn de to andre og at ventileringen og tilluftstilførselen til brannen dermed ikke ble like effektiv. Brannen virket fetere og temperaturmålingen viste at temperaturen fulgte ISO-kurven, men at den hele veien lå litt under og stabiliserte seg på ca. 700 ^{0}C oppunder taket.

Temperaturøkningen 20 mm og 40 mm inn i treverket var knapt målbar de første 20 minuttene i alle tre testene. Unntaket var for 20 mm dybde i taket i branntest 2. Dette var testen med raskest temperaturstigning opp til over 1000 ^{0}C ved taket etter 10 minutter.

På kald side kunne man legge hånden på KLT-elementet og temperaturøkning var knapt eller ikke merkbar.

Selv om de ulike testoppsettene viste ulike temperaturkurver og svært høy temperatur over lang tid for de to branncellene med størst høyde, så ble ikke KLT-elementene skadet eller berørt annet enn i ytterste sjikt i brannrommet. Nabobranncellene ble ikke påvirket på motsatt side av KLT-elementet. Brannspredningsfaren ligger i vinduåpninger og døråpninger og flammer ut av disse. Siden temperaturen er høy og brenselstilgangen kontinuering når KLT-elementene inngår i brannen, så kan spredningsfaren til nabobrannceller eller nabobygninger være forhøyet i forhold til tilsvarende bygning med reisverksvegg med ubrennbar isolasjon. Tilførsel av luft til brannen synes å ha hatt stor påvirkning på maksimaltemperaturen, så det er flere variabler som påvirker brannforløpet.

3.1.3 Overflateegenskaper

Mht. temperaturutviklingen i rommet så påvirket ikke overflatene og kledningene denne i noen stor grad så lenge trekrybben brant friskt. Det ble likevel registrert visuelt at brannmalingen forsinket antennelse av treverket bak noe. Men dette var innenfor kun 1-3 minutters forsinkelse fra det ble synlig at malingen ble eksponert direkte for høy temperatur og flammer. Etter dette oppførte treverket seg på samme måte som ubehandlet treverk (ikke brannbeskyttet) og videre brannforløp var ikke påvirket av brannmalingen.

Gipskledningen bidro til at temperaturstigningen gikk langsommere og nådd 600 ^{0}C ca. 2 min senere enn de andre to. I tilfellet her så bidro trekrybben (mobil brannenergi) generelt mye til brannutviklingen i startfasen og til å opprettholde brannpåkjenningen langt ut forløpet. Hvor brannen starter og hva den antenner av inventar kan derfor synes å være mer utslagsgivende for brannforløpet enn overflateegenskapene på vegger og tak innvendig.

3.1.4 Forkulling

Forkullingdyde er målt med utfresing av flere prøvestykker tatt ut på ulike steder i vegg og tak.

Det ble registrert noe variasjon på forkullingsdybde, men i hovedsak mellom 0,6-0,7 mm/min. Noen prøvestykker lå litt høyere og noen litt lavere. Dette kan ha sammenheng med høy temperatur i brannrommet og plassering av ventilasjonsåpninger. Måleresultatene er samlet i en egen rapport fra Splitkon.

3.1.5 Lim

På teststykkene dekomponerte hele ytterste sjikt på elementet med PU-lim og falt av slik at frisk tre ble eksponert for brannen. På elementene med MUF-lim opprettholdt elementet alle sjikt som

forkullet og som dermed beskyttet bakenforliggende treverk mot eksponering. Det vil være avgjørende spesielt mht. bæreevne gjennom brannforløpet at tverrsnittet ikke reduseres for raskt. Bærende vegger med tosidig eksponering vil være spesielt sårbare.

I branntest 3 brant hele elementveggen med PU-lim opp. Pga. delaminering ble friskt tre eksponert raskere enn i elementet med MUF-lim.

Resultatene var som forventet.

3.1.6 Brennbar isolasjon på tak

Brennbar isolasjon som var plassert over elementskjøt i taket i brannrom 1. Denne ble ikke involvert i brannen. Temperaturøkning på kald side av KLT er bare noen få grader. Det er akseptabelt med glippe 2 mm mellom elementskjøter jf. Eurocode. Testen indikerte at brennbar isolasjon er tilstrekkelig beskyttet selv om den legges direkte på tredekket. Man bør likevel være obs på mulighet for antennelse pga. glipper som kan bli større over tid og beskytte/forsegle skjøtene mht. dette.

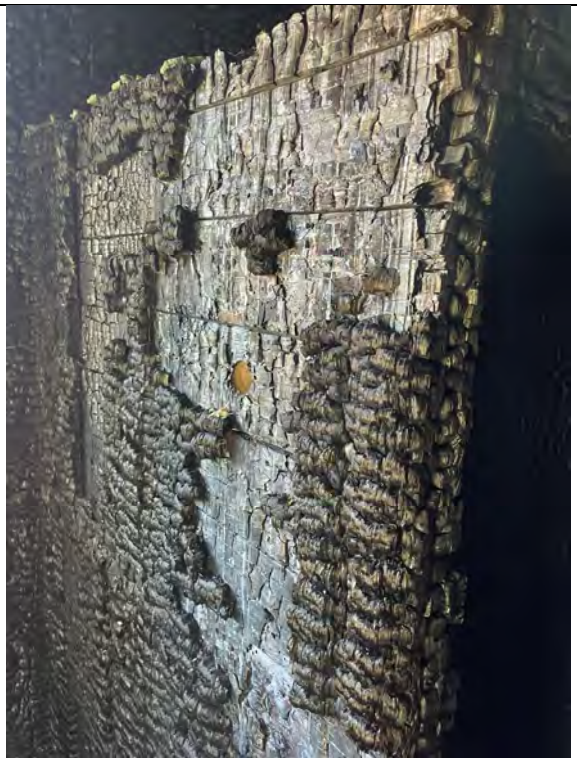
3.1.7 Elementskjøter og vinduer

Vinduene sprakk opp og knuste etter hhv. 17 min (1), 7-8 min (2) og 8 min (3). Testoppsettet med åpen dør (ca. 2 m^2) gir sannsynligvis ikke et realistisk bilde av startfasen for en boligbrann. Døren vil i de flest tilfeller være lukket slik at lufttilgangen vil være mindre gunstig for brannen. Det ble registrert ikke registrert røyklekkasje i skjøter før langt ut i brannforløpet på brann 3.

4 Referanser

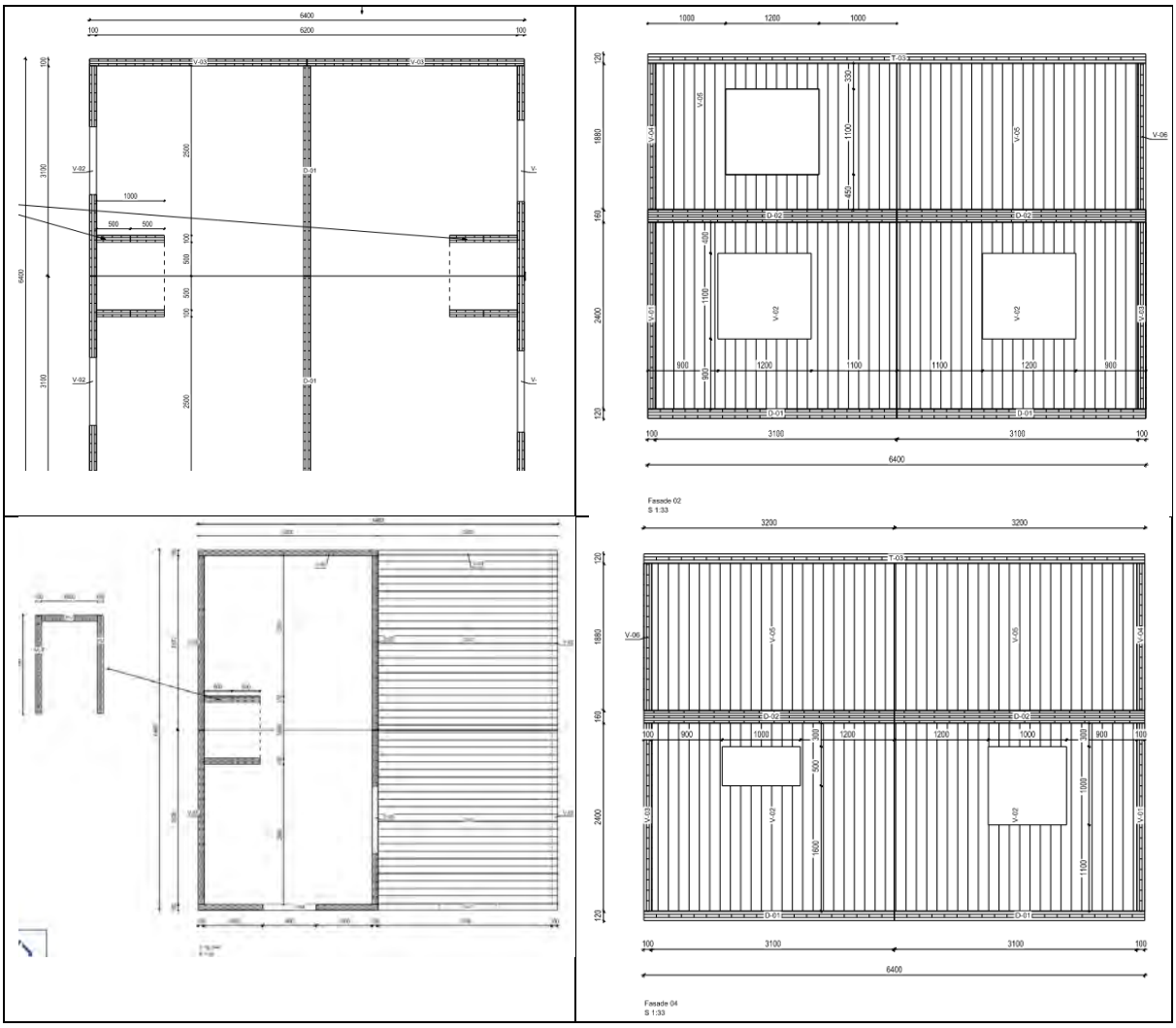
RISE Fire Research: «Brannsikkerhet ved bruk av krysslaminert massivtre i bygninger - en litteraturstudie» - 2019

5 Bilder

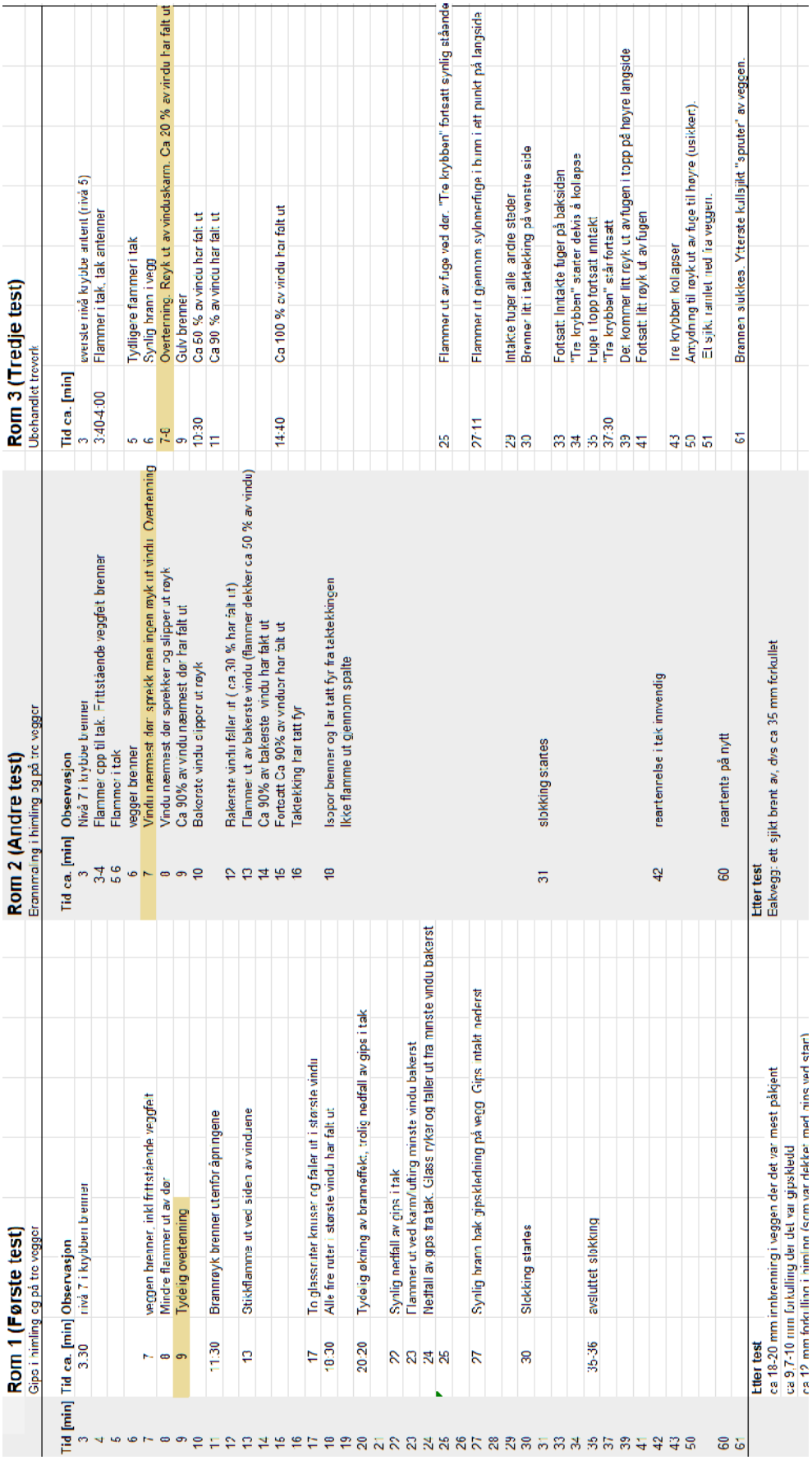


6 Vedlegg

6.1 Tegninger



6.2 Observasjoner – sammenstilt Sweco, Fokus Rådgivning



Rom 1 (Første test)
Gips i himling og på tre vegger

Tid [min]	Tid ca. [min]	Observasjon
3	3.30	nivå 7 i krybben brenner
4		
5		
6		
7	7	veggen brenner, inkl frittstående veggfelt
8	8	Mindre flammer ut av dør
9	9	Tydelig overtenning
10		
11	11:30	Brannrøyk brenner utenfor åpningene
12		
13	13	Stikkflamme ut ved siden av vinduene
14		
15		
16		
17	17	To glassruter knuser og faller ut i største vindu
18	18:30	Alle fire ruter i største vindu har falt ut
19		
20	20:20	Tydelig økning av brannseffekt, trolig nedfall av gips i tak
21		
22	22	Synlig nedfall av gips i tak
23	23	Flammer ut ved karm/utfôring minste vindu bakerst
24	24	Nedfall av gips fra tak. Glass rykar og faller ut fra minste vindu bakerst
25	25	
26		
27	27	Synlig brann bak gipskledning på vegg. Gips mtakt nederst
28		
29		
30	30	Slokking startes
31		
32		
33		
34		
35	35-36	avsluttet slokking
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
50		
60		
61		

Etter test
ca 18-20 mm innbrenning i veggen der det var mest påkjent
ca 9,7-10 mm forkulling der det var gipskledd
ca 12 mm forkulling i himling (som var dekket med gips ved start)

Rom 2 (Andre test)
Brannmaling i himling og på tre vegger

Tid [min]	Tid ca. [min]	Observasjon
3	3	Nivå 7 i krybbe brenner
4	3-4	Flammer opp til tak. Frittstående veggfelt brenner
5	5-6	Flammer i tak
6	6	vegger brenner
7	7	Vindu nærmest dør sprekk men ingen røyk ut vindu. Overtenning
8	8	Vindu nærmest dør sprekker og slipper ut røyk
9	9	Ca 90% av vindu nærmest dør har falt ut
10	10	Bakerste vindu slipper ut røyk
11		
12	12	Bakerste vindu faller ut (ca 30 % har falt ut)
13	13	Flammer ut av bakerste vindu (flammer dekker ca 50 % av vindu)
14	14	Ca 90% av bakerste vindu har falt ut
15	15	Fortsatt Ca 90% av vinduer har falt ut
16	16	Taktekking har tatt fyr
17		
18	10	Isopor brenner og har tatt fyr fra taktekkingen
19		Ikke flamme ut gjennom spalte
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30	30	slokking startes
31		
32		
33		
34		
35		
36	42	reartenrelse i tak innvendig
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
50		
60	60	reartenta på nytt
61		

Etter test
Bakvegg: ett sjikt brent av, dvs ca 35 mm forkullet

Rom 3 (Tredje test)
Ubehandlet treverk

Tid ca. [min]	
3	øverste nivå krybbe antent (nivå 5)
3:40-4:00	Flammer i tak, tak antenner
5	Tydlige flammer i tak
6	Synlig brann i vegg
7-8	Overtenning. Røyk ut av vinduskarm. Ca 20 % av vindu har falt ut
9	Gulv brenner
10:30	Ca 50 % av vindu har falt ut
11	Ca 90 % av vindu har falt ut
14:40	Ca 100 % av vindu har falt ut
25	Flammer ut av fuge ved dør. "Tre krybben" fortsatt synlig stående
27:11	Flammer ut gjennom sylinnerfuge i hjørn i ett punkt på langside
29	Intakte fuger alle andre steder
30	Brenner litt i taktekking på venstre side
33	Fortsatt: Intakte fuger på baksiden
34	"Tre krybben" starter delvis å kollapse
35	Fuge i topp fortsatt intakt
37:30	"Tre krybben" står fortsatt
39	Der kommer litt røyk ut av fugen i topp på høyre langside
41	Fortsatt litt røyk ut av fugen
43	Ire krybber kollapser
50	Antydning til røyk ut av fuge til høyre (usikker).
51	Ei sjikt i taket ned fra veggen.
61	Brannen slukkes. Ytterste kullsjikt "sprutet" av veggen.

6.3 Instrumentering (Høgskolen Vestlandet)

Brannforsøk ved Torpomoen 2024-Brann 1-rom 1 (Høgskolen Vestlandet)
Brannforsøk ved Torpomoen 2024-Brann 2-rom 2 (Høgskolen Vestlandet)
Brannforsøk ved Torpomoen 2024-Brann 3-rom 3 (Høgskolen Vestlandet)

(vedlegg bundet til pdf-fil)